

SEGUNDO CICLO DE ESTUDOS

[MESTRADO EM RISCOS, CIDADES E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO – POLÍTICAS URBANAS E
ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO]

Potencialidades e constrangimentos da rede climatológica da cidade do Porto – um contributo para a literacia climática dos portuenses

Alfredo Miguel Granja Maio Graça

2019/2020



Alfredo Miguel Granja Maio Graça

Potencialidades e constrangimentos da rede climatológica da cidade do Porto – um contributo para a literacia climática dos portuenses

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Riscos, Cidades e Ordenamento do Território, orientada pela Professora Doutora Helena Cristina Fernandes Ferreira Madureira e pela supervisora de estágio Professora Doutora Ana Maria Rodrigues Monteiro de Sousa.

Faculdade de Letras da Universidade do Porto

2019/2020

Potencialidades e constrangimentos da rede climatológica da cidade do Porto – um contributo para a literacia climática dos portuenses

Alfredo Miguel Granja Maio Graça

Dissertação realizada no âmbito do Mestrado em Riscos, Cidades e Ordenamento do Território, orientada pela Professora Doutora Helena Cristina Fernandes Ferreira Madureira e pela supervisora de estágio Professora Doutora Ana Maria Rodrigues Monteiro de Sousa.

Membros do Júri

Professor Doutor (escreva o nome do/a Professor/a)

Faculdade (nome da faculdade) - Universidade (nome da universidade)

Professor Doutor (escreva o nome do/a Professor/a)

Faculdade (nome da faculdade) - Universidade (nome da universidade)

Professor Doutor (escreva o nome do/a Professor/a)

Faculdade (nome da faculdade) - Universidade (nome da universidade)

Classificação obtida: (escreva o valor) Valores

Dedicatória (facultativo)

Sumário

Declaração de honra	3
Agradecimentos	4
Resumo.....	5
Abstract	6
Índice de Figuras	7
Índice de Tabelas.....	8
1. Introdução	9
2. Objetivos e organização do trabalho	12
3. Revisão de Literatura.....	14
4. Estudo de Caso	24
4.1 Fontes e Dados.....	24
4.2 Procedimentos metodológicos	27
4.3 Resultados	29
5. Discussão e Conclusão.....	45
Referências Bibliográficas	49

Declaração de honra

Declaro que a presente dissertação “Potencialidades e constrangimentos da rede climatológica da cidade do Porto – um contributo para a literacia climática dos portuenses” é da minha autoria e não foi utilizado previamente noutro curso ou unidade curricular, desta ou de outra instituição. As referências a outros autores (afirmações, ideias, pensamentos) respeitam escrupulosamente as regras da atribuição, e encontram-se devidamente indicadas no texto e nas referências bibliográficas, de acordo com as normas de referência. Tenho consciência de que a prática de plágio e auto-plágio constitui um ilícito académico.

[Porto, Outubro de 2020]

Alfredo Miguel Granja Maio Graça

Agradecimentos

Agradeço, em primeiro lugar, à Professora Doutora Ana Monteiro e Professora Doutora Helena Madureira por toda a sua paciência, disponibilidade e conhecimento providenciados durante o processo de estágio, bem como no desenvolvimento do relatório.

Em segundo lugar, agradeço também a todos os elementos da equipa que estiveram comigo durante o período de estágio, em particular a Paula, o Miguel e a Maria.

Finalmente, à minha mãe, à Ana e ao Rui por todo o apoio e carinho sempre.

Resumo

Durante o estágio efetuado no Instituto Geofísico da Universidade do Porto no âmbito do Mestrado em Riscos, Cidades e Ordenamento do Território colocámos a seguinte questão como ponto de partida: A rede de monitorização climática existente no Porto responde às necessidades de melhoria da literacia climática dos portuenses?

Assim, estabelecemos os seguintes objetivos: i-Compreender e avaliar, através de uma revisão de literatura, estratégias de seleção dos equipamentos mais adequados para o conhecimento dos mosaicos climáticos à escala urbana e correspondente melhoria da literacia climática. ii-Coligir e organizar os dados das séries de registos climatológicos de três bases de dados com potencial representatividade dos vários mosaicos climáticos portuenses: estação clássica Porto-Serra do Pilar (PSP-clássica), estação meteorológica automática (PSP-EMA) e rede de monitorização climática da Câmara Municipal do Porto (CMP). iii- Comparar estas bases de dados, avaliando a representatividade da série climatológica de PSP face à rede de monitorização climática da CMP. iv- Propôr medidas de melhoria da rede de monitorização climática para potenciar o conhecimento dos mosaicos climáticos à escala urbana e correspondente melhoria da literacia climática.

Para cumprir os objetivos, compilamos e analisamos a série anual, mensal e diária das três bases de dados e estabelecemos comparações entre elas. Estudamos exclusivamente o elemento climático temperatura por ser o de mais fácil perceção pela população e o que apresentava também uma série com maior número de registos. Na comparação dos registos da PSP-clássica - PSP-EMA evidenciam-se diferenças que são estatisticamente significativas, apesar de possuírem a mesma localização geográfica. Os registos de temperatura da PSP-EMA não parecem poder substituir os da PSP-clássica. Existem diferenças estatisticamente significativas entre a PSP-EMA e os sensores CMP e dentre os próprios sensores CMP. Concluímos que a rede de monitorização climática existente no Porto necessita de grandes melhorias para poder responder a um incremento da literacia climática.

Palavras-chave: rede de monitorização climática, literacia climática, espaço urbano do Porto

Abstract

During our internship at the Geophysical Institute of the University of Porto in the context of the Master's Degree in Risks, Cities and Spatial Planning we asked the following question as a starting point: Does the existing climate monitoring network in Porto respond to the needs of improving the climate literacy of its citizens?

We established the following objectives: i-Comprehend and evaluate, through a literature review, strategies for selecting the most appropriate equipment for the knowledge of climate mosaics at an urban scale and corresponding improvement of climate literacy. ii-Collect and organize the data from the series of climate records of three databases with potential representativeness of the various climate mosaics of Porto: classic station Porto-Serra do Pilar (PSP-clássica), automatic weather station (PSP-EMA) and the climate monitoring network of the City Hall of Porto (CMP). iii-Compare the databases, evaluating the representativeness of the PSP climatological series against the CMP climate monitoring network. iv- Propose measures to improve the climate monitoring network to enhance the knowledge of the climate mosaics at urban scale and corresponding improvement of climate literacy.

To meet the objectives, we compiled and analyzed the annual, monthly and daily series of the three databases and established comparisons between them. We studied only temperature as it was the easiest to perceive by the population and it also presented a series with the largest number of records. In the comparison of the records of the PSP-classic - PSP-EMA, there are statistically significant differences, despite having the same geographical location. The PSP-EMA temperature records do not seem to be able to replace those of the classic PSP. There are statistically significant differences between the PSP-EMA and the CMP sensors and among the CMP sensors themselves. We concluded that the existing climate monitoring network in Porto needs major improvements to respond to an increase in climate literacy.

Key-words: climate network, climate literacy, urban space of Porto

Índice de Figuras

FIGURA 1 - TEMPERATURA FISIOLÓGICA EQUIVALENTE (PET)	21
FIGURA 2 - PET PORTO PEDRAS RUBRAS (2002-2016)	21
FIGURA 3 - REDE OFICIAL DE ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS DA ÁREA METROPOLITANA DO PORTO.....	24
FIGURA 4 – LOCALIZAÇÃO DA REDE DE SENSORES METEOROLÓGICOS DA CÂMARA MUNICIPAL DO PORTO (MONITARSENSE)	26
FIGURA 5 - TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA MÉDIA ANUAL NO PORTO-SERRA DO PILAR (ESTAÇÃO CLÁSSICA) ENTRE 1901 E 2007	31
FIGURA 6 - TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA MÉDIA MENSAL REGISTADA NO PORTO-SERRA DO PILAR (ESTAÇÃO CLÁSSICA) ENTRE 1901 E 2007	31
FIGURA 7 – TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA MÉDIA ANUAL REGISTADA NO PORTO-SERRA DO PILAR (ESTAÇÃO AUTOMÁTICA - EMA) ENTRE 2009 E 2018	32
FIGURA 8 - TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA MÉDIA MENSAL REGISTADA NA PORTO SERRA DO PILAR (ESTAÇÃO AUTOMÁTICA – EMA) ENTRE 2009 E 2018.....	33
FIGURA 9 - TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA MÉDIA ANUAL REGISTADA NO PORTO-SERRA DO PILAR (CLÁSSICA E AUTOMÁTICA) ENTRE 1901 E 2018	34
FIGURA 10 - TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA MÉDIA ANUAL REGISTADA NOS SENSORES DA CMP ENTRE JULHO DE 2018 E ABRIL DE 2020	36

Índice de Tabelas

TABELA 1 – DATAS DE INÍCIO E FIM, NÚMERO DE REGISTOS E DE LACUNAS DE CADA BASE DE DADOS	29
TABELA 2 – TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA MÉDIA EM 12 SENSORES DA CMP	35
TABELA 3 – MÉDIA E DESVIO PADRÃO PARA A TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA REGISTRADA EM 12 SENSORES DA CMP (23/12/2019 A 21/04/2020)	37
TABELA 4 – MÉDIA E DESVIO PADRÃO PARA A TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA REGISTRADA EM 12 SENSORES DA CMP (23/12/2019 A 21/04/2020)	38
TABELA 5 – MÉDIA E DESVIO PADRÃO PARA A TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA EM 7 SENSORES DA CMP (6/12/2018 A 21/04/2020)	39
TABELA 6 – MÉDIA E DESVIO PADRÃO PARA A TEMPERATURA MÍNIMA MÉDIA EM 7 SENSORES DA CMP (6/12/2018 A 21/04/2020)	40
TABELA 7 – MÉDIAS E DESVIO PADRÃO PARA A TEMPERATURA MÁXIMA E MÍNIMA DE PSP CLÁSSICA E AUTOMÁTICA	41
TABELA 8 – MÉDIA E DESVIO PADRÃO PARA A TEMPERATURA MÍNIMA ENTRE A PSP EMA E TRÊS SENSORES CMP NO PERÍODO 01/07/2018 – 21/08/2018.....	43
TABELA 9 – MÉDIA E DESVIO PADRÃO DA TEMPERATURA MÁXIMA ENTRE PSP EMA E TRÊS SENSORES CMP NO PERÍODO 01/07/2018 – 21/08/2018	43

1. Introdução

A temática abordada neste relatório foi desenvolvida e aprofundada ao longo do estágio efetuado no Instituto Geofísico da Universidade do Porto (IGUP), sob a orientação da Professora Doutora Helena Madureira e da supervisora de estágio Professora Doutora Ana Monteiro, no âmbito do Mestrado em Riscos, Cidades e Ordenamento do Território (MRCOT) da Faculdade de Letras da Universidade do Porto (FLUP).

O estágio foi realizado no ano letivo 2019/2020, entre 15 de outubro de 2019 e 15 de abril de 2020, nas instalações do IGUP, embora fisicamente até 11 de março, e, virtualmente a partir de então, devido às restrições de uso do espaço impostas pela pandemia causada pelo vírus SARS-CoV2. O Observatório do Porto - Serra do Pilar é uma unidade de investigação pertencente à Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, onde esteve sediado, até junho de 2020, o grupo de investigação de climatologia aplicada do departamento de geografia da FLUP. Foi neste local e com o referido grupo que tivemos a oportunidade, enquanto estudante de mestrado, de desenvolver as nossas capacidades quer a nível pessoal quer a nível profissional.

Durante os seis meses de estágio, conhecemos com detalhe o parque instrumental de medição e registo climatológico que existiu, entre 1901 e 2007, na estação clássica, e a estação climatológica automática do Porto-Serra do Pilar que começou a funcionar em 2009. Este estágio permitiu-nos melhorar substantivamente a capacidade de análise crítica dos dados utilizados em climatologia, tanto no que respeita à quantidade e diversidade, como à qualidade, aperfeiçoar as competências no domínio da identificação do peso e da importância do sítio e da posição geográfica para o comportamento de cada uma das variáveis climáticas. Recordamos e aprendemos também os constrangimentos decorrentes dos diversos protocolos de medição e registo de cada uma das variáveis climáticas monitorizadas. O facto do estágio, para além de ocorrer num laboratório climático secular, ter acontecido num ambiente de projeto de investigação em climatologia, facilitou a aprendizagem de várias ferramentas de suporte à investigação, que se vieram a revelar posteriormente úteis para a elaboração deste trabalho e que estão plasmadas neste relatório de estágio (ex: Microsoft Office Excel,

SPSS, ArcGIS), assim como beneficiar do espírito de fertilização cruzada de saberes propiciado pelo ambiente formal e informal de trabalho em equipa.

Inicialmente, foi estabelecida como uma etapa fundamental deste estágio conhecer as características da base de dados e completar a digitação da série da estação clássica do Porto Serra do Pilar (PSP clássica), relativa à série temporal 1901-2007, preenchendo os dois anos que estavam ainda em falta: 2006 e 2007. Historicamente, esta estação climatológica foi, de facto, uma das primeiras estações meteorológicas de Portugal, datada de 1849, altura em que estava ao serviço da Escola Médico-Cirúrgica do Porto. No entanto, foi somente no ano de 1901 que passou a ser integrada nos serviços meteorológicos do país, momento em que reuniu as condições necessárias para uma monitorização estandardizada, constante e praticamente ininterrupta, como por exemplo, os primeiros registos fidedignos de temperatura máxima e mínima que se estendem até ao ano de 2007. De facto, no que à temperatura diz respeito, o total de lacunas da série clássica não ultrapassa os 1,5 % (Monteiro & Carvalho, 2013).

A digitação incluiu dados relativos a 6 elementos climáticos: temperatura máxima, temperatura mínima, vento – velocidade média, rúmos – velocidade média, vento – velocidade máxima, rúmos – velocidade máxima, evaporação, insolação relativa, humidade, precipitação 1 hora, precipitação 10 minutos e precipitação 24 horas, ficando deste modo a base completa até ao fim de 2007.

Esta etapa, aparentemente muito prática e repetitiva, foi crucial para revisitarmos os fundamentos e os conceitos teóricos básicos aprendidos em climatologia. Levou-nos a procurar, folhear e contactar diretamente com as folhas de registo originais, perceber a diversidade de procedimentos associada ao registo de cada uma das variáveis e a procurar saber os motivos pelos quais é necessário ter para cada elemento climático vários instrumentos de medição e registo.

Para este relatório de estágio seleccionámos como elemento climático de interesse a temperatura. Esta escolha deveu-se ao facto de ser provavelmente a variável climática em que pode ser menos difícil melhorar a literacia climática da população, na medida

em que a temperatura e as suas variações são percebidas com maior facilidade pelo cidadão comum.

Decidimos também coligir e analisar criticamente os registos de temperatura, entre 2009 e 2018, da outra estação climatológica existente no Porto-Serra do Pilar, a estação meteorológica automática (EMA). Esta estação, com características completamente diferentes da anterior, foi instalada para procurar suprir a inativação da estação clássica secular em 2007.

Por último, recolhemos, organizamos e analisamos os registos de temperatura de uma rede de monitorização climática instalada pela Câmara Municipal do Porto (CMP) em 2018.

A reunião destas três bases de dados, com características tão diversas ao nível da extensão temporal, dos instrumentos de medição, dos procedimentos de medição e registo, e do seu *sítio* e *posição* geográfica, conduziu a uma reflexão sobre as causas dos retratos climatológicos possíveis para um mesmo território. E, naturalmente, a procurar compreender se a existência deste acervo de registos climatológicos, tão longo e tão diverso, era adequado para tornar os portuenses mais preparados para conviver com a variabilidade do sistema climático local e regional.

Foi portanto durante a realização das tarefas planeadas para este estágio, quando confrontados com a necessidade de tomar decisões e fazer escolhas perante um leque tão diversificado de fontes, que decidimos que a nossa questão central neste trabalho teria de estar relacionada com a importância da análise crítica das fontes, o papel determinante do conhecimento detalhado das características e localização dos instrumentos de medição e dos protocolos de recolha e tratamento dos dados para o conhecimento, em concreto, do clima de uma área.

2. Objetivos e organização do trabalho

O nosso objetivo primário neste trabalho foi sempre de índole marcadamente social já que a promoção da literacia climática tem sido um desafio a que, enquanto geógrafo, nos temos procurado dedicar, designadamente participando na divulgação social da ciência (www.tempo.pt). E, no nosso percurso de aprendizagem para dar resposta a este desígnio, temo-nos confrontado recorrentemente com trabalhos de investigação, fundamental e aplicada, que relevam a importância de avaliar a representatividade da rede climatológica existente para descrever os mosaicos climáticos vivenciados no Porto (Monteiro et al., 2018). Isto, porque as ameaças desencadeadas pelo sistema climático têm continuado a encontrar alvos muito vulneráveis e, por isso têm provocado perdas e danos cada vez mais graves.

Decidimos então que a temática central deste trabalho enquadrar-se-ia num dos reptos mais importantes com que estamos desafiados na atualidade porque a iliteracia climática da população é um dos maiores constrangimentos para a implementação de medidas de adaptação às alterações climáticas.

Assim, a questão de partida que procuramos responder neste trabalho foi: A rede de monitorização climatológica existente no Porto responde às necessidades de melhoria da literacia climática dos portuenses?

De forma a responder a esta questão de partida, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- i. Compreender e avaliar, através de uma revisão de literatura, estratégias de seleção dos equipamentos mais adequados para o conhecimento dos mosaicos climáticos à escala urbana e correspondente melhoria da literacia climática. Adicionalmente, a revisão da literatura incidiu sobre a temática dos riscos climáticos, em particular os relacionados com a temperatura, pelo que incluiu os termos e conceitos relacionados com: *risk*, *hazard*, e diferenças entre um e outro, vulnerabilidade e perigosidade, onda de calor e vaga de frio, ilha de calor urbano, conforto bioclimático e a sua perceção por parte

do ser humano, uma vez que estes termos e conceitos devem pertencer a uma rede climatológica cujo intuito seja o de fomentar a literacia climática. Nesta revisão foi feita a pesquisa em termos gerais, e depois em particular para o concelho do Porto.

- ii. Coligir e organizar os dados das séries de registos climatológicos de três bases de dados com potencial representatividade dos vários mosaicos climáticos portuenses: estação clássica Porto-Serra do Pilar (PSP-clássica), estação meteorológica automática Porto-Serra do Pilar (PSP-EMA) e rede de monitorização climatológica criada pela Câmara Municipal do Porto (CMP).
- iii. Comparar as diferentes bases de dados, avaliando a representatividade da série climatológica de Porto Serra do Pilar para a identificação dos vários mosaicos climáticos portuenses tendo em conta os registos da rede de monitorização climatológica da CMP. Para este efeito, tentamos analisar e comparar os dados da temperatura mínima e máxima registados pelas três estações climatológicas.
- iv. Propôr medidas de melhoria da rede de monitorização climatológica de modo a potenciar o conhecimento dos mosaicos climáticos à escala urbana e correspondente melhoria da literacia climática.

3. Revisão de Literatura

A promoção da literacia climática no seio de um grupo diferenciado de pessoas com múltiplos padrões culturais e socioeconómicos implica, na climatologia como em qualquer outra área do saber, a criação de competências individuais e coletivas para transformar a “informação” em “conhecimento”. Para isso, é necessário que cada indivíduo consiga estabelecer uma forte empatia com a comunicação do conhecimento científico específico. É necessário que perceba o que está a vivenciar e que seja capaz de utilizar o que “percebe” para escolher como deve reagir.

Como afirmam Azevedo e Marques (2017) “A colaboração entre a ciência e a sociedade é frequentemente solicitada se surgir incerteza ou se são enfrentadas mudanças fundamentais do ambiente natural ou social. Situações tais como a introdução de uma nova tecnologia ou as alterações climáticas são casos paradigmáticos”.

A incorporação de conhecimento científico na sociedade é urgente e importante em diversas matérias. Todavia, o processo de construção de cidadanias autónomas, menos vulneráveis e, por isso mesmo, melhor adaptadas a ameaças designadamente climáticas, é muito difícil e complexo.

Os mesmos autores explicam aliás, que para surtir os efeitos individuais e coletivos desejados, a disseminação generalizada do conhecimento científico em qualquer domínio precisa de ativar uma série de competências individuais de capacitação que vão muito para além da educação científica. Deve incluir aprendizagens promotoras de pensamento crítico e de assunção de atitudes que, não violando os padrões culturais e éticos individuais, permitam um convívio mais harmonioso, neste caso, com o sistema climático.

Nesse sentido, estes autores propuseram um modelo que sustenta as seguintes sete ideias-chave: “i) A literacia científica é o conceito chave para esta nova abordagem integradora, inter/transdisciplinar e epistemológica, necessária para permitir a cidadania autónoma; ii) As novas interfaces entre ciência, tecnologia, sociedade, ambiente e ética são necessárias. Cada um destes domínios tem sido abordado de acordo com as culturas reconhecidas da ciência da educação e da ciência da

comunicação, mas somos responsáveis por melhorias, utilizando estratégias que promovam o diálogo entre as tradições e o pensamento crítico. Isto é necessário para uma perspectiva holística da educação/comunicação para a sustentabilidade; iii) A literacia científica deve superar definições e modelos estritamente ligados a abordagens de educação ou comunicação e incluir conhecimentos, atitudes, conteúdos, bem como questões de comunicação em modelos complexos, proporcionando o desenvolvimento de capacidades sociais e colmatando o fosso crescente entre muitas áreas de investigação e o público; iv) Uma visão holística do conhecimento sobre o ambiente e as interações ambiente/ humanos é necessária. Complexidade e teoria de sistemas devem ser incorporadas para uma integração de conhecimentos de diferentes áreas académicas; v) O enfoque na transmissão e aquisição de algo - conhecimento, competências, disposições - deve ser complementada por uma ênfase nas práticas culturais, práticas políticas, práticas profissionais, entre outras. Diferentes grupos têm diferentes perspetivas e valores sobre o que deve ser preservado ou alterado no ambiente, pelo que a transmissão e o compromisso devem ser equilibrados; vi) Incorporando a incerteza e o conflito. Os problemas ambientais causam conflitos entre os sistemas humanos. Este tipo de "dilema comum" de conflito entre os sistemas humanos ocorre a nível micro e macro. Assim, a literacia climática requer competência para lidar adequadamente com estes problemas decorrentes de diferentes indivíduos, empresas, e interesses da sociedade. A fim de conseguirmos isso, devemos intervir em casos do mundo real para obter informação adicional valiosa, de falar diretamente, interagindo, colaborando e obtendo informação, em primeira mão, das pessoas e dos agentes humanos que estão diretamente a experimentar, a beneficiar e a interagir com o ambiente; vii) Incorporar a aprendizagem da sustentabilidade. Nos últimos 20 anos, uma forma específica de integração do conhecimento foi desenvolvida no quadro do desenvolvimento sustentável (UNESCO, 1997). Isto requer a resolução conjunta de problemas entre a ciência e a sociedade..." (Azevedo & Marques, 2017).

No caso da cidade do Porto, Monteiro et al. (2017) lembram, a propósito da elaboração do "Plano Metropolitano de Adaptação às Alterações Climáticas da AMP" as consequências graves da iliteracia climática encontrada junto dos diversos atores -

decisores políticos, técnicos de planeamento e população - para incitar qualquer ação de diminuição da exposição aos riscos climáticos existentes. E, por essa razão, este plano foi elaborado tendo sempre em conta e com igual valoração tanto o conhecimento formal como o informal: "...a identificação dos riscos climáticos foi efetuada com base no conhecimento científico disponível, mas também de acordo com o contributo dos decisores e da população. A abordagem adotada permitiu ajudar a elaborar o diagnóstico dos riscos climáticos locais percebidos e mais valorizados pelos indivíduos tanto na sua área de residência como na sua área de trabalho". Este é um exemplo do que pode ser feito para a melhoria da literacia climática – integrar uma visão partilhada que possa constituir uma primeira etapa de um processo organizado e eficaz, assimilado por toda a população. A promoção do envolvimento de todos os agentes, contribui para elevar o nível de exigência, criar e consolidar atitudes de coresponsabilização e de busca de soluções de adaptação que proporcionem melhor qualidade de vida, saúde e bem-estar em cenários climáticos diversos dos atuais...."(Monteiro, et al. 2017, p.75-76).

Da bibliografia científica consultada sobre esta temática concluímos que o incremento generalizado do conhecimento em climatologia passa por garantir que existe: i) evolução no conhecimento científico de climatologia em concreto para o Porto; ii) uma ameaça climática incerta mas muito provável; iii) um risco grave de perdas e danos; iv) uma comunicação dedicada da informação para cada alvo em concreto; v) uma capacitação das pessoas diferenciada e adequada aos diversos papéis que cada uma desempenha individual e coletivamente e que tem em conta a diversidade de expectativas de qualidade de vida e bem-estar.

O interesse pelo conhecimento do clima do Porto tem despertado a curiosidade de inúmeros investigadores ao longo dos últimos séculos como ilustra Monteiro (1997), na publicação "O clima urbano do Porto: Contribuição para a definição das estratégias de planeamento e ordenamento do território".

A existência de registos contínuos de diversos elementos climáticos desde 1901 até 2007 na estação secular do Porto-Serra do Pilar, é um dos mais veementes testemunhos da importância que a sociedade atribui, há muito, a esta área do saber que motivou o

empenho político da Princesa D. Amélia na criação e inauguração em 1885 do “Posto Meteorológico e Casa Magnética da Cidade do Porto”.

O clima do Porto descrito por Daveau et al. (1994) com características dos subtipos temperado marítimo de fachada atlântica e litoral oeste, é fortemente influenciado pelo fluxo zonal de oeste, após um longo trajeto atlântico, e pela posição da superfície frontal polar. O clima caracteriza-se por verões quentes (temperaturas médias das máximas entre os 24 °C e 25 °C) e mais secos (com precipitação entre 20 e 30 mm mensais) e por invernos razoavelmente frios com temperaturas médias mínimas entre 10 °C e 11 °C e mais húmidos com precipitação entre 150 e 200 mm mensais (Amorim & Monteiro, 2011).

Os estados de tempo vividos na área portuense são determinados pela resolução momentânea que o “sistema climático” encontra face ao posicionamento relativo dos aparelhos barométricos anticiclónicos subtropicais e os ciclónicos subpolares.

A morfologia e a hidrografia portuense condicionam substantivamente o peso e a importância relativa assumida, em cada instante, pelos elementos de índole zonal e regional na área. E, a transformação do suporte biogeofísico imposta pela intervenção antrópica tem acrescentado ainda mais tonalidades ao mosaico complexo de climas locais identificados por vários investigadores em climatologia desde os finais do século passado (Monteiro et al. 2012; Góis, 2004; Balkestahl, 2014).

Monteiro et al. (2017) chamam à atenção para a importância desta diversidade climática dentro do espaço portuense no diagnóstico que efetuaram para a nova proposta de Plano Diretor Municipal do Porto.

Nesse diagnóstico, identificam as ameaças climáticas mais prováveis tendo em conta as ocorrências recentes e sublinham a pertinência de diminuir urgentemente a fragilidade crescente dos alvos, designadamente, os seres humanos.

No Porto, como na Área Metropolitana do Porto, e em todo o país, a frequência com que os riscos climáticos se transformam em catástrofes geradoras de perdas e danos avultados, mesmo perante comportamentos dos elementos climáticos que não se

afastam muito do “normal”, suscita uma atenção urgente e dedicada aos casos em concreto. Estes investigadores afirmam que “.... i) é muito provável que ocorram eventos climáticos extremos em todo o território metropolitano; ii) os efeitos de fatores como a proximidade/afastamento ao mar ou a morfologia concorrem para diferenciar espacialmente a probabilidade de alguns eventos climáticos extremos; iii) os municípios mais intensamente urbanizados são aqueles onde a ocorrência dos diferentes eventos climáticos extremos terá maior probabilidade de se transformar em catástrofes...”. Monteiro et al. (2018).

Contudo, para este efeito, os investigadores têm demonstrado repetidamente que a informação climatológica disponível parece não permitir conhecer e compreender o padrão polinucleado complexo vivido no espaço portuense.

Convém lembrar que a rede de monitorização climatológica existente na área portuense – Porto Serra do Pilar, Porto-Pedras Rubras, Porto-Boa Nova - cumpre os requisitos definidos pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA) e responde às necessidades de comparibilidade global, zonal e regional exigidas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM).

A propósito das características da rede climatológica existente, o IPMA diz: “...a rede nacional de estações meteorológicas automáticas de superfície (EMA) que se encontra em funcionamento operacional no IPMA desde junho de 2002 com 93 EMA (78 no Continente, 9 no arquipélago dos Açores e 6 no arquipélago da Madeira), as quais registam de 10 em 10 min os elementos meteorológicos principais e elaboram de forma automática mensagens em forma de código que são enviadas à escala horária para a sede do IPMA e difundidas internacionalmente. Esta rede permite obter em tempo real os dados meteorológicos indispensáveis para a previsão do estado do tempo com uma cobertura espacial adequada (cerca de 1000 km²/estação) para vigilância meteorológica à escala sinóptica e mesoscala e estudos climatológicos, incluindo utilização em disponibilidades energéticas (solar, eólica e hídrica) e no suporte em estudos micro-climáticos, servindo as EMA de referência para redes de estações climatológicas em pequenos períodos de exploração”. (IPMA, 2020).

E, como Monteiro (1997) e Matzarakis et al. (2008) recordam, em climatologia, é necessário adequar as estratégias de abordagem às características do alvo a estudar. Neste caso em concreto, a rede de monitorização climatológica existente serve, inequivocamente, a análise global, zonal e regional mas não é certo que seja suficiente para compreender o comportamento do sistema climático em espaços sub-regionais. Os meios de observação para grandes escalas (acima de 1:50000), devem ser organizados em função das características concretas dos espaços e obrigam à instalação de novos pontos de medição fixos e móveis (Monteiro, 2012; Góis, 2004; Balkesthal, 2014). E, no caso do Porto, parece que escasseia ainda a informação climatológica adequada à ordem de grandeza a que é necessário averiguar as unidades de superfície à escala cartográfica do quarteirão, do bairro ou mesmo do edifício e do espaço verde público.

Esta lacuna pode afetar profundamente a empatia entre os indivíduos e o contexto climático vivido. Havendo uma grande diferença entre a sensação de conforto bioclimático percebida individualmente e a informação climatológica divulgada, torna-se muito difícil criar/melhorar e consolidar a capacidade cognitiva para avaliar o comportamento momentâneo dos elementos climáticos. A temperatura, apesar de ser uma das variáveis climáticas mais fáceis de perceber, pode ser um bom exemplo desta dificuldade.

A este propósito, alguns autores têm vindo a sugerir que a comunicação da informação climatológica com vista a melhorar a capacitação dos seres humanos para compreender e reagir eficazmente deveria passar muito mais pela divulgação de índices de conforto bioclimático do que pela comunicação dos valores registados para cada um dos elementos climáticos (Matzarakis, 1996; Andrade, 2003; Alcoforado, 2005; Monteiro et al. 2013).

Recordemos que o ser humano é um animal homeotérmico com temperatura corporal interna constante de 37°C e que esta condição não existe permanentemente ao ar livre nem dentro dos envelopes onde se abriga, e que, por isso é importante compreender como (re)age instintivamente para sobreviver (Monteiro et al., 2013).

Depois, é oportuno lembrarmos também, que o corpo humano procura, continuamente, estar termicamente confortável, isto é próximo dos 37°C e tem, para esse efeito, um conjunto de ferramentas sensoriais que sinalizam este estado. Estes instrumentos de autorregulação térmica ativam-se assim que o hipotálamo recebe dos recetores espalhados pelo corpo – pele superficial, músculos e espinal-medula – informação de alerta. Estes sensores de calor e de frio estão espalhados, diferenciadamente, pelo corpo (cabeça – 21%; tronco – 38%; braços -13%; mãos-5%; parte superior das pernas – 15%; parte inferior das pernas – 8%). E, esta desigualdade na distribuição da monitorização instintiva é muito importante porque condiciona a velocidade de ativação dos mecanismos termorreguladores (Monteiro et al., 2013).

Viana (2013) e Lois & Labaki (2001) referem-se a este propósito, quando afirmam que: “...os organismos humanos diferem entre si, pois cada indivíduo tem uma capacidade sensitiva diferente, ou seja, uma sensação térmica ambiental diferenciada em virtude de diferenças no metabolismo, associadas a outras variáveis tais como: hábitos, trabalho, vestuário, entre outras...”.

A perceção do conforto térmico não depende, portanto, do comportamento de uma única variável climática e não é idêntica para todos os seres humanos.

Neste sentido, a Physiological Equivalent Temperature (PET) é um dos índices de conforto mais utilizados para identificar a perceção de conforto e para ilustrar soluções eficazes de comunicação de conhecimento em climatologia. Trata-se de um modelo que permite estimar a resposta termofisiológica do corpo humano (altura, peso e idade de homens e mulheres médias estabelecidos de acordo com norma ISO 8996:2004), e que tem em conta simultaneamente as variáveis climáticas (temperatura, humidade relativa, velocidade do vento e radiação solar), com informação metabólica e do perfil individual de cada ser humano (sexo, idade, peso, altura, estado de saúde, vestuário, entre outros).

A difusão da aplicação do índice PET em diversos contextos climáticos permitiu criar uma classificação dos limiares de (des)conforto bioclimático (Figura 1) que podem ser muito eficazes para a comunicação em climatologia.

PET (°C)	Sensação térmica	Nível de stress fisiológico
4	Extremamente frio	Extremo stress de frio
8	Muito frio	Muito stress de frio
13	Frio	Moderado stress de frio
18	Fresco	Ligeiro stress de frio
23	Confortável	Sem stress térmico
29	Ligeiramente quente	Ligeiro stress de calor
35	Quente	Moderado stress de calor
41	Muito quente	Muito stress de calor
	Extremamente quente	Extremo stress de calor

Retirado e adaptado de: Matzarakis & Mayer, 1996.

Figura 1 - Temperatura Fisiológica Equivalente (PET)

Para o concelho do Porto, Monteiro et al. (2017), estimaram a existência de um número muito considerável de dias desconfortáveis do ponto de vista do conforto bioclimático (Figura 2), que são efetivamente “percebidos” pelos portuenses mas que não coincidiram necessariamente com a comunicação da informação climatológica divulgada publicamente.

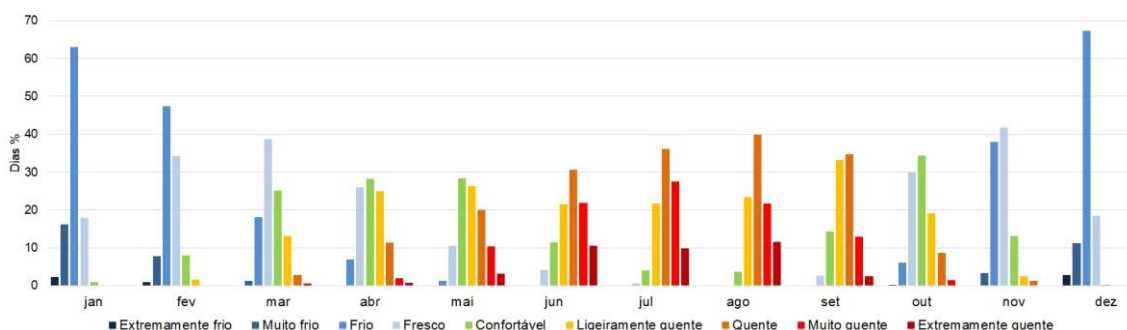


Figura 2 - PET Porto Pedras Rubras (2002-2016)

Retirado de Plano Diretor Municipal do Porto em vigor

As expectativas criadas por cada ser humano quanto ao contexto climático que viveu ou está a viver ou viverá nas próximas horas, dias ou semanas, não é fácil de perceber quando é confrontado com a divulgação de um conjunto de dados avulso sobre cada um dos elementos climáticos separadamente. E, há inúmeras decisões vulgares que tem de tomar constantemente no seu quotidiano para se sentir confortável ou, em casos extraordinários, para se proteger. Contudo, não consegue fazê-lo a partir da matéria-prima que lhe é fornecida.

Esta dificuldade contribui para aumentar a vulnerabilidade aos riscos, designadamente, os climáticos e conseqüentemente, aumentar a probabilidade de se transformarem em catástrofes.

Convém lembrar que apesar da grande controvérsia em torno do conceito de risco e da proliferação terminológica com significado, por vezes, muito diverso, podemos acompanhar, neste trabalho, Monteiro (2013, p.145) quando diz: "...dentre a panóplia de significados e termos empregues pelos especialistas nas ciências de risco, parece possível assumir que para um grande número de autores anglo-saxónicos, *risk* é a probabilidade espacial ou temporal de ocorrência de um acontecimento que poderá originar conseqüências negativas, e *hazard* traduz algo de aleatório e ocasional que não se pode prever e que afete diferentes locais, isoladamente ou em conjunto, em diversos momentos. Contudo, qualquer que seja a formatação concetual que consideremos mais ajustada e operacional é inequívoco que o perigo ou a ameaça venha de onde vier, é aleatório, ocasional, e frequentemente imprevisível, o que deixa aos seres humanos uma capacidade de controlo muito limitada...".

Sendo assim, é indiscutível que o concelho do Porto enfrenta um grande conjunto de ameaças decorrentes das manifestações de mudança climática e que "...perante situações de temperaturas extremas as conseqüências possíveis são: subida do nível do mar, erosão costeira, tempestades, intrusão salina na toalha freática, aumento da morbilidade e mortalidade, degradação da qualidade do ar, apagões energéticos, surgimento de novas patologias e incêndios florestais...." (Monteiro et al. 2017, p. 42).

Em Monteiro et al. (2017) foram definidos riscos associados a cinco eventos climáticos extremos (temperatura extrema elevada, temperatura extrema baixa, seca, precipitação intensa e ventos fortes) reconhecidos tanto pela investigação científica realizada na área de estudo como pela população. Dentre estes, os riscos de temperatura extrema foram considerados como de elevada severidade no concelho do Porto.

Tendo em conta o que acabamos de dizer, parece que não restam dúvidas sobre o interesse dos portuenses pelo clima e pelos estados de tempo há muitos séculos. Contudo, apesar desta atenção, têm persistido dificuldades na capacitação dos portuenses para compreenderem e reagirem adequadamente às impulsividades do sistema climático. As causas parecem ser várias e de natureza diversa, mas, dentre elas, propomo-nos dar o nosso contributo para avaliar se a (in)adequação da rede de monitorização climática é relevante para melhorar o conhecimento e facilitar a perceção.

4. Estudo de Caso

4.1 Fontes e Dados

A rede de monitorização climatológica disponível na área portuense (Fig. 3 e Fig. 4), inclui as seguintes estações climatológicas: i) Porto-Serra do Pilar (estação clássica); ii) Porto-Serra do Pilar (estação automática, EMA); MonitarSense (rede instalada pela Câmara Municipal do Porto), as quais passamos a descrever.

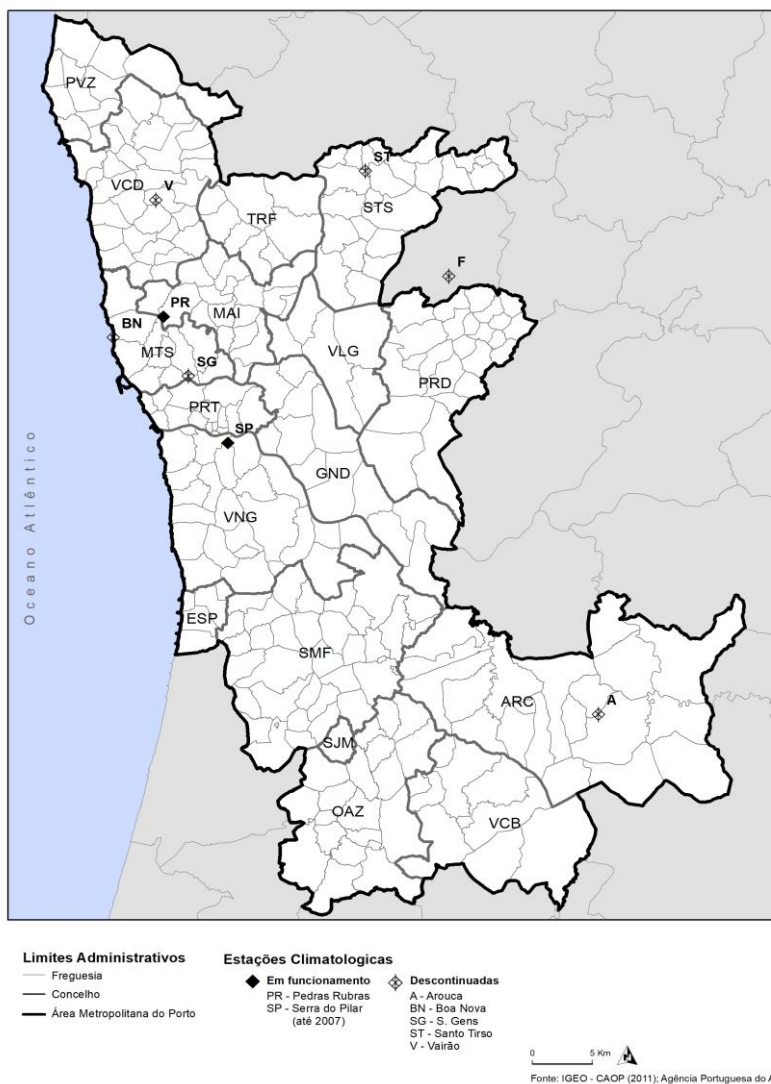


Figura 3 - Rede oficial de estações meteorológicas da Área Metropolitana do Porto

O parque instrumental de medição e registo climatológico do Porto-Serra do Pilar (PSP) está localizado na margem esquerda do Rio Douro, na cidade fronteiriça ao concelho do Porto, Vila Nova de Gaia. Está a uma distância à costa de aproximadamente 5 km e situa-se a uma altitude de 93,515 metros (Fig. 3).

A base de dados referente à estação climatológica Porto-Serra do Pilar (estação clássica) – PSP clássica - tem dados registados entre 1901 e 2007 para um leque muito diverso de variáveis. No nosso caso, observamos com atenção especial os registos de 6 elementos climáticos: temperatura máxima, temperatura mínima, vento – velocidade média, rumos – velocidade média, vento – velocidade máxima, rumos – velocidade máxima, evaporação, insolação relativa, humidade, precipitação 1 hora, precipitação 10 minutos e precipitação 24 horas. E, destes, para o nosso trabalho em concreto, seleccionámos apenas os dados de temperatura que coligimos numa base de dados de registos diários, ou seja, uma matriz de 106 colunas (anos de 1901 a 2007) por 365 linhas (todos os dias de todos os meses desse período). Até 31/12/1907, os registos incluem apenas a temperatura máxima e a temperatura mínima (7 colunas por 365 linhas - repetidas 2 vezes, uma por cada elemento climático - num total de 5110 células). Entre 01/01/1908 e 31/12/1969, os registos incluem também a precipitação 24 horas (62 colunas por 365 linhas, num total de 67890 células). Só a partir de 01/01/1970 é que existem registos para todos os restantes elementos climáticos já referidos, ou seja, 106 colunas por 365 linhas repetidas 12 vezes, uma por cada elemento climático.

A base de dados que coligimos referente à estação climatológica do Porto-Serra do Pilar (estação automática, EMA) – PSP EMA – agregou os dados registados entre 2009 e 2018 de todos os elementos climáticos disponíveis: pressão atmosférica, temperatura, humidade, vento, precipitação e radiação solar.

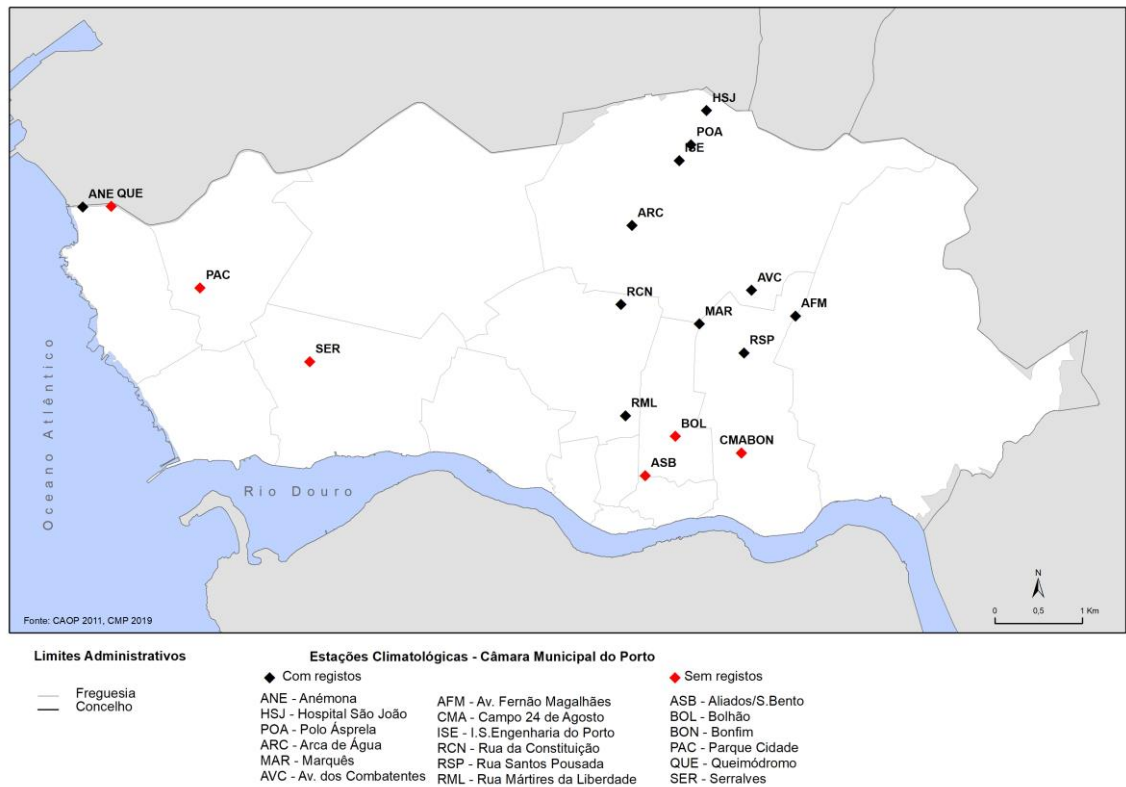


Figura 4 – Localização da rede de sensores meteorológicos da Câmara Municipal do Porto (MonitarSense)

Os sensores que compõem a rede de monitorização climática instalada pela CMP – sensores CMP/MonitarSense - são 18 (Fig. 4), e apresentam a seguinte distribuição geográfica: Aliados-S. Bento, Anémona, Arca de Água, Av. Combatentes, Av. Fernão de Magalhães, Bolhão, Bonfim, Campo 24 de Agosto, Hospital São João, ISEP, Marquês, Parque da Cidade, Pólo Ásprela, Queimódromo, Rua da Constituição, Rua de Santos Pousada, Rua dos Mártires da Liberdade e Serralves. Seis destes sensores (Av. Combatentes, ISEP, Rua da Constituição, Rua de Santos Pousada, Rua dos Mártires da Liberdade e Serralves) são estações meteorológicas ancoradas nos dados do Weatherunderground. Os restantes 12 sensores pertencem à empresa MonitarSense. No seu conjunto a base de dados contém registos entre 30 de junho de 2018 e abril de 2020. Um dos critérios ou requisitos obrigatórios para que estes sensores estabeleçam uma correta e adequada comunicação dos dados à CMP é estarem situados perto de um

Acess Point (AP) pertencente à CMP, uma vez que dependem do Wi-Fi emitido por estes AP.

O MonitarSense é uma ferramenta de fácil utilização para interagir com decisores e público em geral que permite a visualização de parâmetros medidos em tempo real, a consulta do histórico, a descarga de ficheiros editáveis para o pós-processamento de dados e a visualização da localização dos equipamentos num mapa. Além disso, permite a criação de redes públicas e privadas de monitorização e a gestão de utilizador, de equipamentos e da rede Pinho et al. (2017).

Os sensores estão montados a uma altura de aproximadamente 4 metros acima do solo, estão expostos ao sol e não se encontram em locais abrigados do vento. Os critérios de seleção da localização dos sensores meteorológicos ficaram a cargo do Departamento do Ambiente da CMP e, por norma, estão afixados em postes de iluminação ou semáforos.

4.2 Procedimentos metodológicos

Para cumprir os nossos objetivos, compilamos e analisamos as séries anual, mensal e diária das bases de dados PSP-clássica, PSP-EMA e CMP/MonitarSense.

Começamos por analisar o número de registos, as lacunas e os períodos temporais existentes para cada uma das estações climatológicas.

De seguida, analisamos a evolução da temperatura máxima e mínima ao longo de 106 anos da estação PSP-clássica, sendo que em relação à PSP-EMA e à rede de monitorização climática dos sensores CMP, efetuamos o mesmo procedimento em relação aos anos em que existiam registos. A fim de tentar demonstrar a complexidade da rede de sensores CMP, estabelecemos comparações entre eles.

Por fim, com os dados assim obtidos, e a fim de avaliar a representatividade da série climatológica da Serra do Pilar face à rede de monitorização climatológica da CMP, estabelecemos comparações entre as três estações: PSP-clássica e PSP-EMA, e PSP-EMA

e sensores CMP. Não estabelecemos comparações entre a PSP-clássica e a rede sensores CMP, dado não existirem períodos de tempo comuns. Na comparação da PSP-EMA com os sensores CMP foram utilizados apenas os dados de 3 sensores, por serem os que tinham dados mais completos no período de tempo comum.

Na análise estatística, as variáveis utilizadas foram descritas usando a média e desvio padrão. Para testar hipóteses sobre igualdade de médias de grupos foram utilizados o teste T para amostras emparelhadas para comparação entre a PSP-clássica e a PSP-EMA, e a PSP-EMA e os sensores CMP. A análise de variância a um fator (ANOVA) foi utilizada para a comparação entre os diferentes locais de medição. Em todos os testes de hipóteses foi considerado um nível de significância de $p \leq 0,05$. A análise foi efetuada utilizando o programa de análise estatística de dados SPSS® v.26.0 (Statistical Package for the Social Sciences).

4.3 Resultados

Da análise efetuada às três bases de dados, começamos por realçar o número total de registos, o período temporal e a percentagem de lacunas para cada uma das bases (Tabela 1).

Tabela 1 – Datas de início e fim, número de registos e de lacunas de cada base de dados

ESTAÇÕES	DATA INÍCIO	DATA FIM	NÚMERO DE REGISTOS	NÚMERO DE LACUNAS
PSP - Clássica	01/01/1901	31/12/2007	235060*/77380**	9185 (3,9%)
PSP - EMA	03/02/2009	21/08/2018	7120**	2058 (28,9%)
SENSORES				
CMP			7334**	939 (12,8%)
Aliados – S. Bento	0	0	0	
Anémoma	05/12/2018	21/04/2020	822	109 (13,2%)
Arca de Água	06/12/2018	21/04/2020	832	108 (12,9%)
Av. Combatentes	23/12/2019	21/04/2020	202	21 (10,3%)
Av. Fernão de Magalhães	06/12/2018	21/04/2020	820	93 (11,3%)
Bolhão	0	0	0	
Bonfim	21/01/2020	22/01/2020	2	
Campo 24 de Agosto	29/06/2018	21/04/2020	966	185 (19,1%)
Hospital São João	30/06/2018	21/04/2020	1138	93 (8,1%)
ISEP	23/12/2019	21/04/2020	156	38 (24,3%)
Marquês	30/06/2018	21/04/2020	1022	151 (14,7%)
Parque da Cidade	0	0	0	
Pólo Asprela	05/12/2018	21/04/2020	824	91 (11%)
Queimódromo	0	0	0	
Rua da Constituição	23/12/2019	21/04/2020	274	19 (6,9%)
Rua de Santos Pousada	06/03/2020	21/04/2020	68	13 (19,1%)
Rua dos Mártires da Liberdade	23/12/2019	21/04/2020	206	18 (8,7%)
Serralves	20/04/2020	21/04/2020	2	

* Número de registos total dos 6 elementos climáticos

**Número de registos total apenas da temperatura máxima e mínima

A percentagem de lacunas verificada na base de dados da PSP-clássica para cada um dos elementos é a seguinte:

- Temperatura máxima e mínima 1,5%
- Precipitação 24 horas 9,5%.
- Precipitação 1 hora 0,82%.
- Precipitação 10 minutos 0,73%
- Insolação 2,9%.
- Evaporação 12,7%.
- Humidade 3%.
- Vento velocidade média 3%
- Vento velocidade máxima 3%
- Rumos velocidade média 0,75%
- Rumos velocidade máxima 7,2%.

No seu total a base de dados PSP-clássica apresenta 9185 lacunas (3,9%). Relativamente às bases de dados da PSP-EMA e da CMP, foram analisados exclusivamente o número de registos e de lacunas do elemento climático temperatura (máxima e mínima), tal como apresentado na Tabela 1.

O número de registos existente para cada base de dados é completamente distinto como se pode observar na Tabela 1. Dos 18 sensores da rede climatológica da CMP, em 6 deles não existem dados ou são residuais (2 registos), pelo que foram excluídos da análise.

A partir dos dados assim obtidos, passamos a apresentar a análise dos dados da temperatura máxima e mínima registados nas três estações climatológicas – Figuras 5 a 10 e Tabela 2.

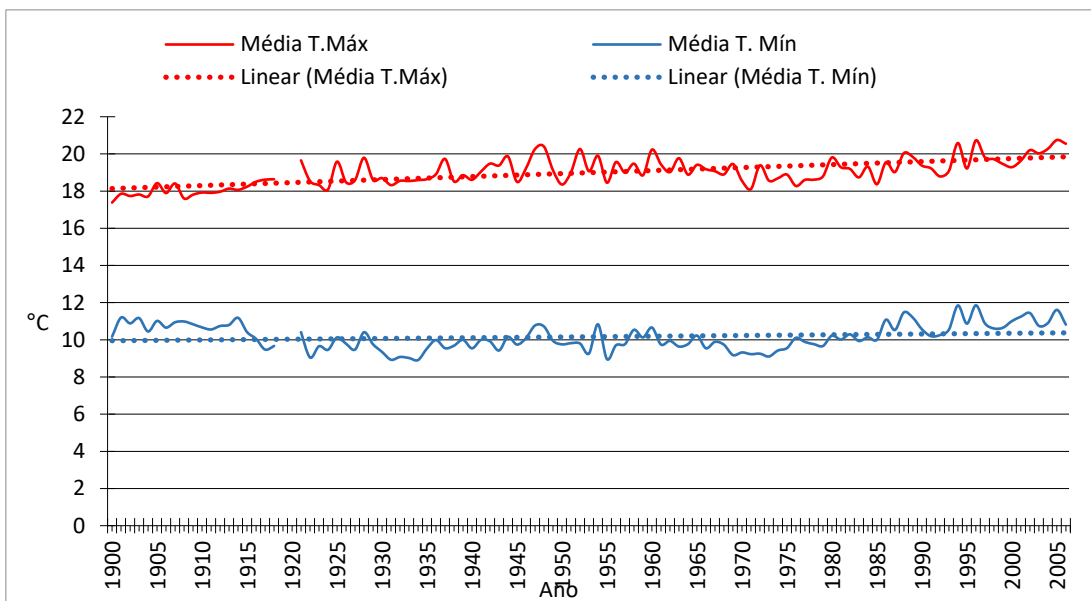


Figura 5 - Temperatura máxima e mínima média anual no Porto-Serra do Pilar (estação clássica) entre 1901 e 2007

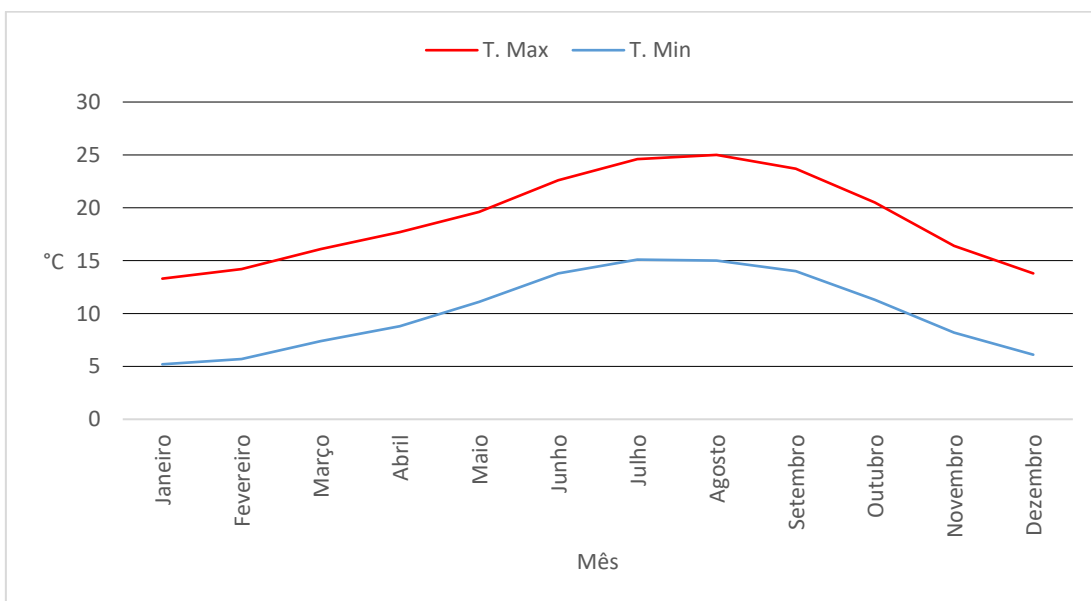


Figura 6 - Temperatura máxima e mínima média mensal registada no Porto-Serra do Pilar (estação clássica) entre 1901 e 2007

Nas figuras 5 e 6 apresentam-se as médias das temperaturas máxima e mínima anual e mensal da PSP-clássica. Na figura 5 o valor mais baixo da média da temperatura mínima registada é nos anos de 1931 e 1934 (8,91 °C). A partir do ano de 1973 há uma tendência para a subida da média da temperatura mínima, sendo que a partir de 1984 a média da temperatura mínima está sempre acima dos 10 °C. O valor mais elevado da média da temperatura máxima anual foi registado no ano de 2006 (20,8 °C) sendo que a partir de 1994, a média da temperatura máxima anual é sempre superior a 19 °C. Na figura 6, o valor mais baixo da temperatura mínima mensal registado é de 5,2 °C, correspondendo à média de todos os meses de janeiro entre 1901 e 2007, o valor de temperatura máxima mensal mais elevada é de 25 °C correspondendo à média de todos os meses de agosto para o mesmo período.

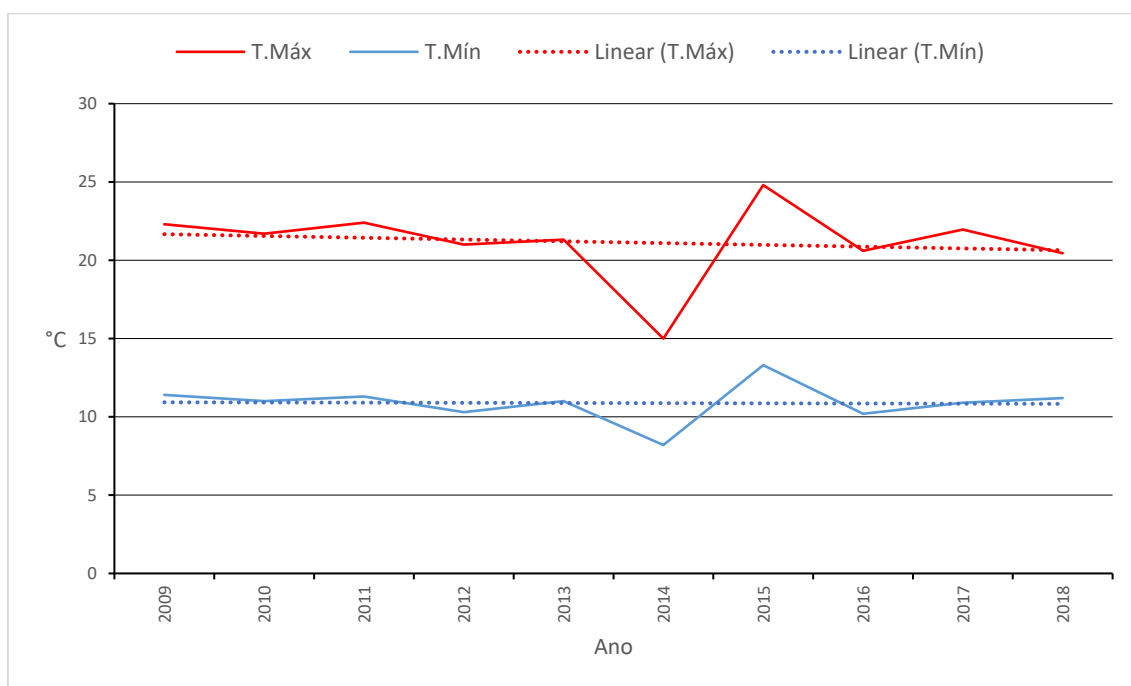


Figura 7 – Temperatura máxima e mínima média anual registada no Porto-Serra do Pilar (estação automática - EMA) entre 2009 e 2018

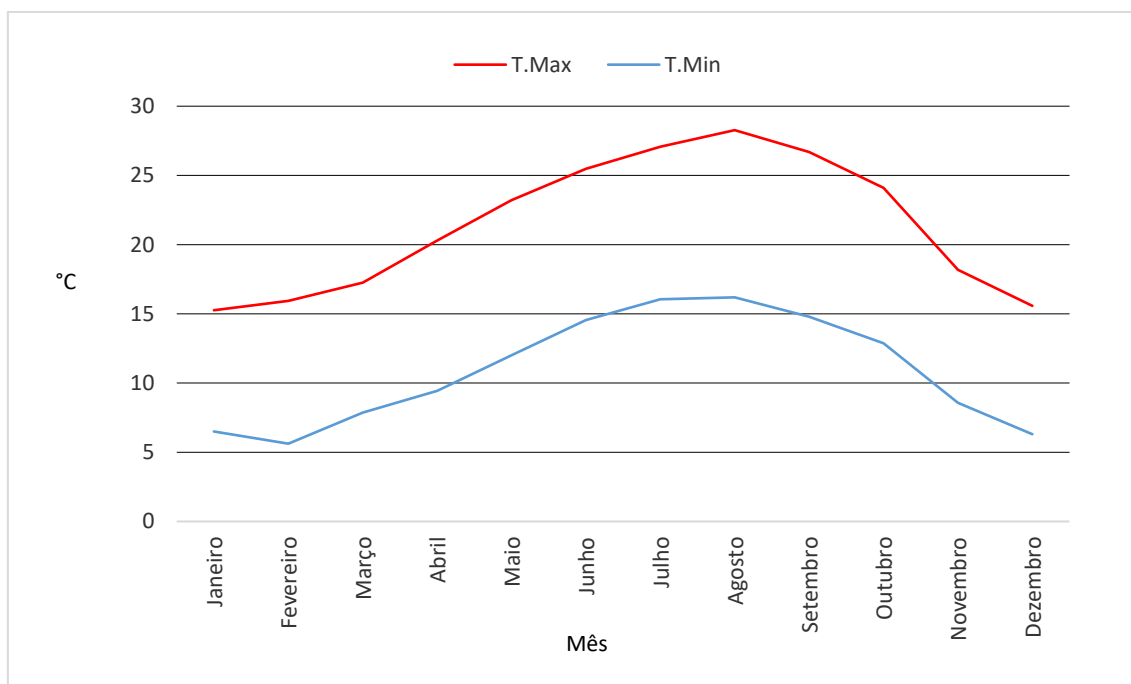


Figura 8 - Temperatura máxima e mínima média mensal registada na Porto Serra do Pilar (estação automática – EMA) entre 2009 e 2018

Relativamente aos dados da PSP-EMA representados nas figuras 7 e 8, em 2014 não existem dados completos para todo esse ano, pelo que na figura 7 se observa uma descida acentuada das médias da temperatura máxima e mínima que não corresponderão à realidade. Excluindo por isso, os valores de 2014, o valor mais baixo da média da temperatura mínima anual registada na EMA é de 10,2 °C no ano de 2016. O valor mais elevado da média da temperatura máxima anual na EMA foi de 24,80 °C no ano de 2015, sendo de salientar que entre 2009 e 2018 a média da temperatura máxima anual é sempre superior a 20 °C. O valor mais baixo da temperatura mínima mensal é de 5,6 °C, correspondendo à média de todos os meses de fevereiro para o referido período. O valor mais alto da temperatura máxima mensal registado é de 28,3 °C, correspondendo à média de todos os meses de agosto entre 2009 e 2018.

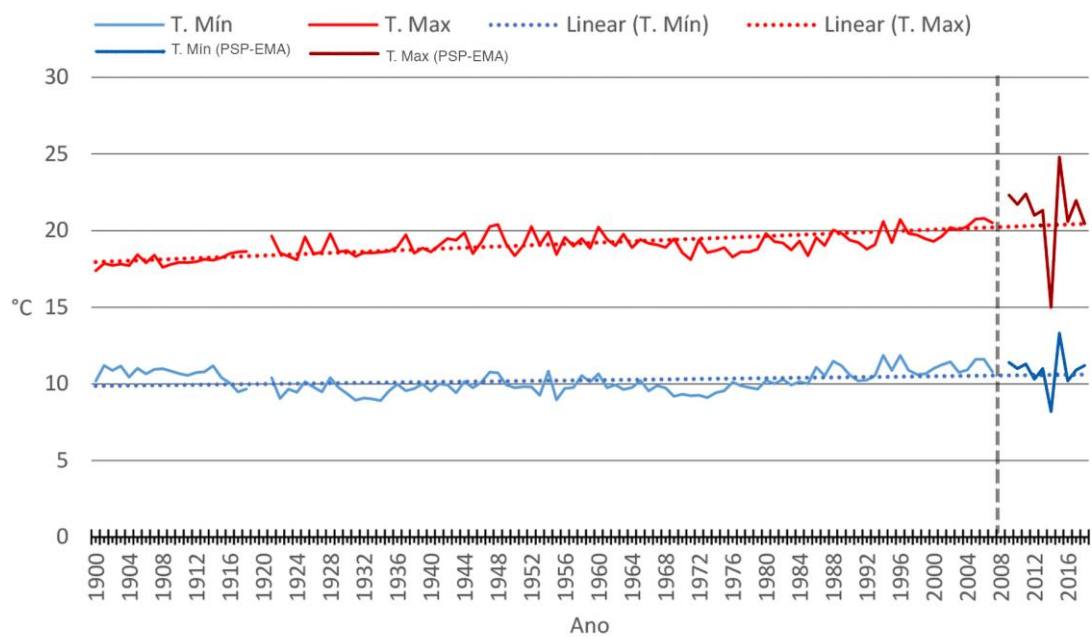


Figura 9 - Temperatura máxima e mínima média anual registada no Porto-Serra do Pilar (clássica e automática) entre 1901 e 2018

A figura 9 representa a temperatura máxima e mínima média anual registada na estação clássica e na EMA conjuntamente, sendo que se torna evidente a evolução térmica descrita nos parágrafos anteriores, ou seja uma tendência para a subida das temperaturas máxima e mínima.

A fim de se compreender os dados analisados da rede de monitorização climatológica da CMP, dado que ela é composta por vários registos incompletos e não uniformes ao longo do tempo, elaborámos a Tabela 2, onde se ilustra para cada sensor a temperatura máxima e mínima média em cada período de tempo. Na tentativa de obtermos uma leitura anual das temperaturas, tivemos de considerar os períodos de tempo de julho a dezembro de 2018, o ano de 2019 e o período de janeiro a abril de 2020.

Tabela 2 - Temperatura máxima e mínima média em 12 sensores da CMP

	Jul-Dez 2018	2019	Jan-Abr 2020
Anémoma			
T máx (°C)	-	17,5	16,2
T mín (°C)	-	12	10,9
Arca de Água			
T máx (°C)	-	17,9	16,3
T mín (°C)	-	10,9	9,8
Av. Combatentes			
T máx (°C)	-	-	15,9
T mín (°C)	-	-	9,2
Av. Fernão Magalhães			
T máx (°C)	-	18,3	16,6
T mín (°C)	-	9,9	9,5
Campo 24 Agosto			
T máx (°C)	22,8	16,4	16,8
T mín (°C)	14,8	11,4	10
Hospital São João			
T máx (°C)	22,6	18,4	16,8
T mín (°C)	14,8	11,1	10,1
ISEP			
T máx (°C)	-	-	15,7
T mín (°C)	-	-	9,2
Marquês			
T máx (°C)	21,4	17,9	16
T mín (°C)	14,6	10,9	9,6
Pólo Asprela			
T máx (°C)	-	18,1	16,5
T mín (°C)	-	8,9	9,5
Rua Constituição			
T máx (°C)	-	-	16,7
T mín (°C)	-	-	9,4
Rua Santos Pousada			
T máx (°C)	-	-	16,7
T mín (°C)	-	-	8,9

Rua Mártires Liberdade	-	-	15,9
T máx (°C)	-	-	8,8
T mín (°C)	-	-	

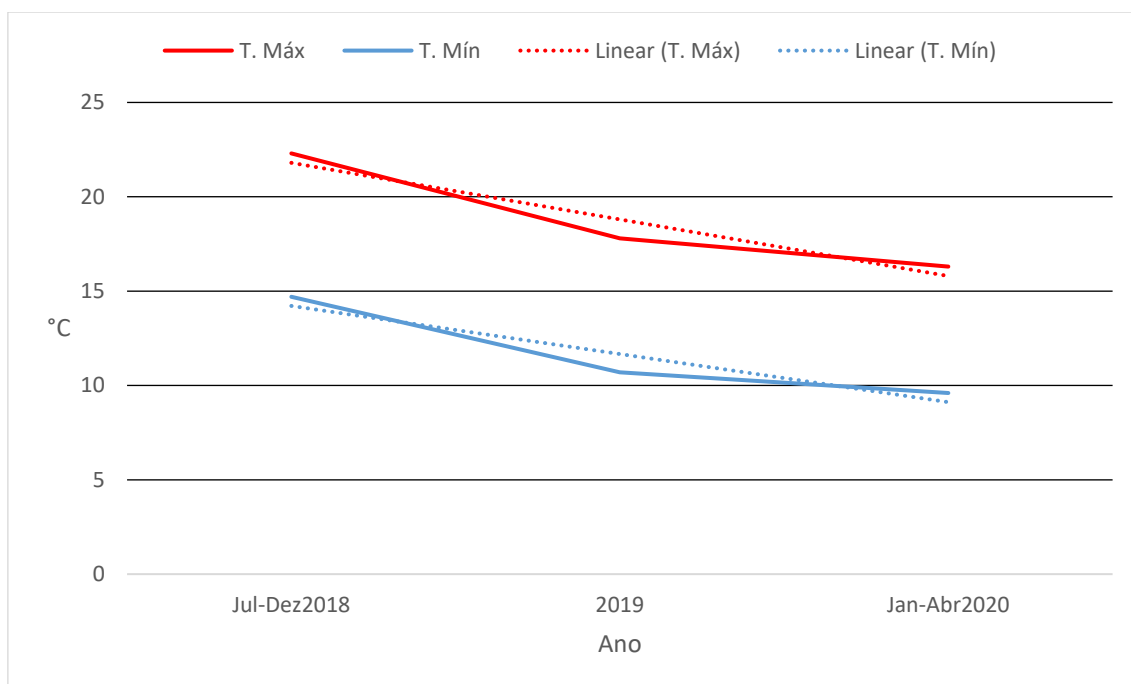


Figura 10 - Temperatura máxima e mínima média anual registada nos sensores da CMP entre julho de 2018 e abril de 2020

De igual modo, a figura 10 foi elaborada com dados que ilustram a temperatura máxima e mínima média anual medida pelos sensores da CMP no seu conjunto. Dos três períodos temporais considerados, o valor mais elevado da temperatura máxima média verificou-se no período de julho a dezembro de 2018 (22,3 °C). Este valor foi calculado a partir dos três únicos sensores que estavam em funcionamento nesse período de tempo. O valor mais baixo da temperatura mínima média verificou-se no período entre janeiro e abril de 2020 (9,6 °C) (valor calculado a partir dos 12 sensores em funcionamento nesse período).

Contudo, esta leitura não é completamente elucidativa, pelo que seleccionámos dois períodos temporais em que havia registos coincidentes, em doze e em sete sensores, respetivamente, que nos permitisse estabelecer comparações.

Quando analisados os doze sensores, no período temporal entre 23/12/2019 e 21/04/2020, não existem diferenças estatisticamente significativas no que respeita à média da temperatura máxima. Relativamente à média da temperatura mínima, existem diferenças estatisticamente significativas entre os 12 sensores, sendo que a temperatura mínima mais baixa foi registada no sensor localizado na Rua Mártires da Liberdade (8,77 °C) e o valor mais elevado da temperatura mínima foi registado no sensor localizado na Anémoma (10,84 °C) – Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Média e desvio padrão para a temperatura máxima média registada em 12 sensores da CMP (23/12/2019 a 21/04/2020)

		Temperatura_máxima			
		Média	Desvio Padrão	N	p*
Local	Anémoma	16,26	2,25	120	0.166
	Arca de Água	16,34	2,70	120	
	Avenida Combatentes	15,93	2,99	100	
	Av Fernão Magalhães	16,63	2,90	120	
	Campo 24 Agosto	16,60	3,33	116	
	Hospital S. João	16,83	2,83	120	
	ISEP	15,87	3,31	77	
	Marquês	16,12	2,58	120	
	Pólo Asprela	16,60	2,68	120	
	Rua da Constituição	16,77	2,87	101	
	Rua Santos Pousada	16,73	3,31	34	
	Rua Mártires da Liberdade	16,02	2,91	102	

*Teste ANOVA

Tabela 4 – Média e desvio padrão para a temperatura mínima média registada em 12 sensores da CMP (23/12/2019 a 21/04/2020)

		Temperatura_mínima			
		Média	Desvio Padrão	N	p*
Local	Anémoma	10,84	2,64	120	<0.001
	Arca de Água	9,78	2,93	120	
	Avenida Combatentes	9,18	3,04	99	
	Av. Fernão Magalhães	9,37	3,15	120	
	Campo 24 Agosto	9,89	2,94	116	
	Hospital S. João	10,00	3,02	120	
	ISEP	9,29	2,79	76	
	Marquês	9,65	3,00	119	
	Pólo Asprela	9,44	3,11	120	
	Rua da Constituição	9,56	2,78	99	
	Rua Santos Pousada	9,16	2,24	33	
	Rua Mártires da Liberdade	8,77	2,90	102	

*Teste ANOVA

Quando analisados os sete sensores, no período temporal de 6/12/2018 a 21/04/2020, verificamos que existem diferenças estatisticamente significativas na temperatura máxima média, sendo que o valor mais elevado foi encontrado no sensor localizado no Hospital São João (19,45 °C) e o valor mais baixo foi registado no sensor localizado na Anémoma (17,05 °C) – Tabela 5. No que diz respeito à média da temperatura mínima o valor mais baixo foi registado no sensor localizado no Pólo Asprela (9,98 °C) e o valor mais elevado foi medido no sensor localizado no Campo 24 de Agosto (12,39 °C) – Tabela 6.

Tabela 5 – Média e desvio padrão para a temperatura máxima média em 7 sensores da CMP (6/12/2018 a 21/04/2020)

		Temperatura_máxima			
		Média	Desvio Padrão	N	p*
Local	Anémona	17,05	3,05	411	<0.001
	Arca de Água	17,27	3,74	411	
	Avenida Combatentes	.	.	0	
	Av. Fernão Magalhães	17,70	3,93	410	
	Campo 24 Agosto	18,93	5,56	483	
	Hospital S. João	19,45	5,25	569	
	ISEP	.	.	0	
	Marquês	18,71	5,15	511	
	Pólo Asprela	17,55	3,73	412	
	Rua da Constituição	.	.	0	
	Rua Santos Pousada	.	.	0	
	Rua Mártires da Liberdade	.	.	0	

*Teste ANOVA

Tabela 6 – Média e desvio padrão para a temperatura mínima média em 7 sensores da CMP (6/12/2018 a 21/04/2020)

		Temperatura_mínima			p*
		Média	Desvio Padrão	N	
Local	Anémona	11,63	3,12	411	<0.001
	Arca de Água	10,55	3,42	411	
	Avenida Combatentes	.	.	0	
	Av. Fernão Magalhães	10,12	3,57	394	
	Campo 24 Agosto	12,39	4,59	483	
	Hospital S. João	12,10	4,24	569	
	ISEP	.	.	0	
	Marquês	11,95	4,37	510	
	Pólo Asprela	9,98	3,54	375	
	Rua da Constituição	.	.	0	
	Rua Santos Pousada	.	.	0	
	Rua Mártires da Liberdade	.	.	0	

*Teste ANOVA

Com o objetivo de continuar a avaliar a representatividade da série climatológica de Porto Serra do Pilar (clássica e EMA) na identificação dos vários mosaicos climáticos portuenses, face aos registos da rede de monitorização climatológica da CMP, passámos a comparar os dados da temperatura máxima e mínima média registados nas três estações climatológicas.

Comparando-se os valores registados na estação clássica com os registados na EMA, é de realçar o seguinte: o valor mais alto da temperatura mínima regista-se no mês de julho (15,1 °C) no caso da estação clássica, sendo que no caso da EMA verifica-se que o valor mais alto da temperatura mínima aumenta em 1 °C no período de uma década (2009-2018) em relação aos registos da estação clássica. Os valores observados dizem respeito aos meses de verão de julho e agosto, meses em que se registou 16,1°C e

16,2°C, respetivamente. O valor mais baixo da temperatura mínima é de 5,2 °C relativo aos meses de janeiro na estação PSP – clássica e de 5,6 °C nos meses de fevereiro para a EMA. Quanto à média da temperatura máxima, verifica-se que o valor mais alto foi registado no mês de agosto (25 °C) no caso da estação clássica. Também foi no mês de agosto que se verifica o valor mais alto para a EMA (28,3 °C), sendo de salientar o aumento em cerca de 3 °C na média da temperatura máxima. Já no que toca ao valor mais baixo da média da temperatura máxima, constata-se que em ambas as estações é o mês de janeiro o mais frio (13,3 °C e 15,3 °C).

A comparação dos valores das médias das temperaturas máximas e mínimas da estação clássica (1901-2007) com os da EMA (2009-2018), evidencia diferenças significativas, quer na média da temperatura máxima (19,01 °C vs 21,15 °C), quer na média da temperatura mínima (10,17 °C vs 10,88 °C) – Tabela 7.

Tabela 7 – Médias e desvio padrão para a temperatura máxima e mínima de PSP clássica e automática

	Anos (N)	Média	DP	<i>P</i> ¹
Tmax 2009-2018	10	21,15	2,49	<0.001
1901-2007	106	19,01	0,77	
Tmin 2009-2018	10	10,88	1,26	0.006
1901-2007	106	10,17	0,70	-

Tmax: Média da temperatura máxima anual; Tmin: Média da temperatura mínima anual;

1-Teste T para amostras emparelhadas

A comparação com os dados da rede CMP ficou muito prejudicada pela grande percentagem de lacunas existentes e pelo curto período temporal. Assim, tentamos analisar apenas para o ano de 2019, optando por seleccionar um período de 12 meses. Dada a escassez de dados, optamos por analisar a temperatura máxima para os meses mais quentes (julho e agosto) e a temperatura mínima para os meses mais frios (janeiro

e fevereiro), já que estes eram os meses que se tinham evidenciado na análise elaborada anteriormente para as estações PSP – clássica e PSP – EMA. Estes dados só foram possíveis de obter em 7 dos sensores (Anémoma, Arca de Água, Av. Fernão de Magalhães, Campo 24 de Agosto, Hospital São João, Marquês, Pólo Asprela). Dada a escassez de dados para o mês de agosto, optamos por analisar o mês de julho onde apesar de existirem também registos incompletos em todos os sensores, apresentava, contudo, mais dados. A temperatura máxima média para o mês de julho de 2019 nos sensores analisados é de 22,3 °C, claramente mais baixa do que nas estações PSP – clássica e PSP – EMA. Quanto à temperatura mínima média, verificamos que o mês mais frio é janeiro com uma média de 7 °C, ou seja cerca de 2 °C acima das estações PSP. De realçar novamente que estes dados serão pouco fiáveis já que se referem a um curto período de tempo e apresentam muitas lacunas pelo que a comparação é pouco robusta.

A fim de continuar a explorar a representatividade das estações PSP face à rede da CMP, dadas as fragilidades já descritas, tentámos encontrar um período temporal síncrono entre as bases de dados que nos permitisse eventualmente encontrar resultados mais robustos. O único período temporal síncrono encontrado foi entre a PSP – EMA e a base de dados da CMP, correspondendo ao período de 1 de julho a 21 de agosto de 2018. A análise debruçou-se sobre os dados provenientes de apenas 3 sensores (Campo 24 de Agosto, Hospital São João, Marquês), por serem os que tinham dados mais completos.

Assim, analisamos os valores médios mensais da temperatura máxima e mínima de 1 de julho a 21 de agosto de 2018. Os anos de 2019 e de 2020 foram descartados nesta análise por não ser possível estabelecer comparação em termos cronológicos com a base de dados EMA, que termina a 30 de novembro de 2018, sendo que entre 22 de agosto desse mesmo ano e 30 de novembro, a base de dados não possuía valores.

Na análise destes dados constata-se que o valor da temperatura mínima média medido a partir da EMA (17,01 °C) é inferior de forma estatisticamente significativa ($p < 0.001$) – Tabela 8.

Tabela 8 – Média e desvio padrão para a temperatura mínima entre a PSP EMA e três sensores CMP no período 01/07/2018 – 21/08/2018

	N	Média	DP	Min	Max	p^1
Campo 24 de Agosto	52	18,45	2,46	14,20	25,20	<0.001
Hospital São João	52	18,42	2,59	14,20	25,90	0.001
Marquês	44	18,60	2,57	14,20	25,90	<0.001
EMA	52	17,01	2,02	12,50	22,60	-

¹ – Valores p refletem a comparação entre os sensores CMP e EMA; Teste T para amostras emparelhadas; N – Número de medições

Quanto à média da temperatura máxima, não se registou o mesmo padrão, já que foi no sensor meteorológico do Marquês que se verificou o valor mais baixo. As diferenças observadas continuam a ser estatisticamente significativas – Tabela 9.

Tabela 9 – Média e desvio padrão da temperatura máxima entre PSP EMA e três sensores CMP no período 01/07/2018 – 21/08/2018

	N	Média	DP	Max	Min	p^1
Campo 24 de Agosto	52	26,65	4,64	38,30	21,10	<0.001
Hospital São João	52	26,68	4,50	37,70	21,80	0.005
Marquês	44	25,37	4,98	37,00	20,00	<0.001
EMA	52	27,04	4,65	38,10	21,20	-

¹ – Valores p refletem a comparação entre os sensores CMP e EMA; Teste T para amostras emparelhadas; N- número de medições

No quadro abaixo apresenta-se a síntese dos resultados obtidos:

QUADRO-SÍNTESE DOS RESULTADOS OBTIDOS

- Neste estudo optou-se por estudar exclusivamente o elemento climático temperatura por ser o de mais fácil perceção pela população em geral e o que apresentava também uma série com maior número de registos.
- A estação clássica (PSP-clássica) é a que apresenta maior número de registos por corresponder a uma série temporal de 106 anos, sendo que relativamente à temperatura máxima e mínima só tem 1,5% de lacunas.
- A série temporal de temperatura da estação clássica (PSP-clássica) permite identificar uma tendência positiva ao longo do século XX que se manteve na primeira década do século XXI.
- Os registos da estação automática (PSP-EMA) correspondem a apenas 10 anos e apresentam quase 29% de lacunas.
- Na comparação dos registos da PSP-clássica com a PSP-EMA evidenciam-se diferenças que são estatisticamente significativas, apesar de possuírem a mesma localização geográfica.
- Os registos de temperatura da estação automática (PSP-EMA) não parecem poder substituir, com precisão, os registos interrompidos em 2007 da estação clássica (PSP-clássica).
- Os registos dos sensores da rede climatológica da CMP dizem respeito a apenas 2 anos (2018-2020) e apresentam lacunas na ordem dos 13%.
- As diferenças, em valor absoluto, dos registos de temperatura das 7 estações da rede CMP, são significativas mesmo entre lugares bastante próximos (ex: temperatura mínima e máxima no Pólo da Asprela, Arca de Água e Hospital de S. João).
- A fim de avaliar a representatividade das redes PSP (clássica e automática) face à rede CMP, tentou-se estabelecer comparações entre elas. As lacunas e o curto período de tempo de registo dos sensores CMP impedem uma comparação robusta com as redes PSP. Tentando ultrapassar este obstáculo optou-se por fazer uma comparação no único período síncrono.
- Neste período só foi possível estabelecer comparações entre a PSP EMA e a rede CMP. Existem diferenças estatisticamente significativas na temperatura máxima e mínima entre a EMA e os sensores da CMP.

5. Discussão e Conclusão

Da análise dos resultados apresentados importa realçar os seguintes aspetos: - há uma tendência para subida da temperatura máxima e mínima ao longo dos anos, sendo que essa subida se verifica sobretudo a partir da década de 80, e os valores mais elevados da temperatura máxima se registam a partir do início do século XXI;- existem diferenças entre os registos das temperaturas máximas e mínimas da estação clássica e da EMA, nelas verifica-se que há uma tendência para o aumento da temperatura nos últimos 10 anos de registos (os da EMA), tal como Monteiro (1997) já referira, a propósito dos registos da base de dados clássica, sobretudo no que toca aos valores registados para a temperatura mínima. Esta tendência para o aumento da temperatura mínima ocorre de forma mais marcada nos meses de verão onde se regista um aumento de cerca de 1 °C, na comparação entre os valores da estação clássica e da EMA.

As comparações efetuadas estão, no entanto, limitadas pelo facto de incluírem diferentes períodos temporais e de terem tamanhos das amostras consideravelmente distintos (106 anos vs 10 anos). Numa tentativa de contornar esta limitação comparou-se a média da temperatura mínima e máxima do período 1998-2007 com o período 2009-2018, sendo que não se verificaram diferenças estatisticamente significativas (dados não apresentados). Apesar disso, estes factos levantam a questão sobre se a PSP-EMA substitui a PSP-clássica, já que os resultados são diferentes em duas estações com a mesma localização. Podemos questionar se as diferenças encontradas serão devidas aos diferentes instrumentos e métodos de medição, ou a um real aumento da temperatura máxima e mínima.

Os valores médios da temperatura mínima e máxima, entre a EMA e os sensores da CMP, revelam que não existe correspondência no padrão térmico entre eles, sendo que as diferenças são estatisticamente significativas. Estas diferenças podem ser explicadas de acordo com o que afirmam Monteiro & Carvalho (2013): a estação clássica do “Observatório Meteorológico da Serra do Pilar, localizado na margem esquerda do Rio Douro, na cidade fronteiriça ao concelho do Porto, Vila Nova de Gaia onde a distância à

costa é aproximadamente de 5 km, embora se encontre relativamente próxima do centro da cidade do Porto, não é afetada pela densidade de construção e tráfego do Porto, uma vez que se encontra localizada na outra margem do Rio Douro a uma altitude de 93,515 metros. Os estudos de clima urbano do Porto (Monteiro, 1998; Monteiro, 2013) evidenciam as claras diferenças entre os registos climáticos urbanos e os registos do observatório meteorológico da Serra do Pilar, isolados do calor antrópico”. Os registos climáticos urbanos a que se refere Monteiro não são os sensores CMP que estão agora em análise. Todavia, a explicação dada provavelmente também se poderá aplicar. Acresce que, as razões para as diferenças observadas podem prender-se com as diferentes localizações dos sensores corresponderem a locais que efetivamente têm temperaturas diferentes provocadas pelo tecido urbano.

Além disso, ao olharmos para a distribuição dos sensores da CMP é notória a falta de sensores na metade ocidental da cidade. Esta evidência não permite obter um retrato climatológico completamente correspondente à realidade do já de si complexo mosaico portuense, porque existem porções do território portuense que não estão monitorizadas climaticamente. Por exemplo, convém também realçar que mesmo entre lugares muito próximos, os sensores aí instalados registaram diferenças substantivas, como no caso dos sensores do Pólo Asprela, Arca de Água e Hospital São João no que toca à temperatura máxima e mínima média registadas. Uma rede de monitorização dedicada à promoção da literacia climática e inserida num espaço como o Porto, assume desta forma extrema importância uma vez que apresenta um perfil diverso das redes oficiais.

Neste sentido, pode propôr-se à CMP a implementação de mais sensores na metade ocidental da cidade, para que a rede climatológica fique devidamente completa. A existência de uma rede climatológica funcionante e completa pode funcionar como um primeiro passo para a necessidade de providenciar aos cidadãos do Porto conhecimento e compreensão acerca dos processos atmosféricos e fenómenos climáticos, ou seja, providenciar à escala social, a chamada literacia climática. A implementação de uma rede climatológica, que contenha vários elementos climáticos, pode potencialmente

resultar em informação útil e valiosa no auxílio à tomada de decisões por parte dos decisores políticos. Esta realidade poderá até inserir-se, inclusive, no quadro das estratégias europeias na adaptação às alterações climáticas (Agência Europeia do Ambiente, 2019). Ao mesmo tempo, poderá favorecer a compreensão destes processos de mudança climática, contribuindo para a literacia climática da sociedade portuense.

Ao longo do trabalho efetuado verificamos vários constrangimentos que convém apontar: - os períodos temporais em comum entre as três bases de dados são praticamente inexistentes. Esse aspeto limita, logo à partida, qualquer análise e comparação que reflita de forma fiel a evolução e as tendências observadas nos valores da temperatura; - os sensores da CMP são considerados de menor fiabilidade em termos climatológicos, na comparação efetuada com as outras duas estações, consideradas de maior fiabilidade, não só pela distribuição geograficamente irregular (menor cobertura na área ocidental) da localização dos sensores, como também pelo menor período temporal de registos; - a percentagem de lacunas é baixa na estação clássica (3,9% para o total dos 6 elementos climáticos e 1,5% para os elementos climáticos temperatura mínima e temperatura máxima) e é muito elevada na EMA (28,9%) e nos sensores da CMP (12,8%), o que mais uma vez limita a análise que foi efetuada.

Assim, relativamente aos objetivos colocados inicialmente, não foi possível responder a todos eles de forma cabal. Contudo, a revisão da literatura efetuada abrangeu não só aspetos genéricos como específicos para o concelho do Porto, como também os dados coligidos e analisados das três diferentes bases de dados, de alguma forma, acrescentaram ao nosso conhecimento, identificando-se, p.ex., uma tendência para a subida da temperatura e as fragilidades já apontadas. Assim, a questão sobre se a rede de monitorização climática existente no Porto responde às necessidades de melhoria da literacia climatológica dos portuenses é respondida – como se viu, a rede climatológica existente necessita de grandes melhorias. Dentro destas melhorias pode apontar-se a necessidade de colocar os sensores da CMP distribuídos de uma forma mais regular pelo tecido urbano do concelho; aguardar mais tempo para obter uma base de dados mais completa (período de 30 anos é o mínimo necessário para avaliar o mosaico climático

de um dado território), e de alguma forma, tentar evitar que se percam registos diários para diminuir a percentagem de lacunas.

Finalmente, apesar deste estudo se ter debruçado exclusivamente sobre a temperatura, é sabido que é necessário o desenvolvimento dum sistema de monitorização do clima urbano a fim de investigar exaustivamente o conforto térmico humano ao ar livre nas áreas urbanas (Milošević et al., 2016). Para a população, provavelmente, o elemento climático de maior interesse é a temperatura. Contudo, o conceito de conforto térmico, definido como a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico, representando o entendimento de satisfação do homem com o espaço em que vive, será mais adequado. Deste modo, propõe-se que em futuros estudos se investigue também a importância do conforto térmico para a literacia climática dos portuenses.

Referências Bibliográficas

Agência Europeia do Ambiente. (2019). Disponível em:

<https://www.eea.europa.eu/pt/themes/adaptacao-as-alteracoes-climaticas/intro>

Alcoforado, M. J., Lopes, A., Andrade, H., Vasconcelos, J., & Vieira, R. (2005). Orientações Climáticas para o Planeamento e o Ordenamento em Lisboa. *CEG, Lisbon*.

Amorim, M. C. D. C. T., & Monteiro, A. (2011). As temperaturas intraurbanas: exemplos do Brasil e de Portugal. *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia*, (13).

Andrade, H. (2003). Bioclima humano e temperatura do ar em Lisboa. *Universidade de Lisboa: Lisbon, Portugal*.

Azevedo, J., & Marques, M. (2017). Climate literacy: a systematic review and model integration. *International Journal of Global Warming*, 12(3-4), 414-430.

Balkestahl, L. P. M. C. (2014). *A ilha de calor urbano e o contexto sinóptico: Topoclima urbano-domínio ou sujeição*. (Tese de Doutoramento, Faculdade de Letras da Universidade do Porto). Disponível em <https://hdl.handle.net/10216/79950>

Daveau, S., Lautensach, H., & Ribeiro, O. (1994). Geografia de Portugal. II. O ritmo climático e a paisagem. *Edições João*.

Góis, J. E. S. (2004). *Contribuição dos modelos estocásticos para o estudo da climatologia urbana*. (Tese de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto).

IPMA. (2020). Portal do Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Disponível em: <https://www.ipma.pt/pt/index.html> e

<https://www.ipma.pt/pt/educativa/observar/tempo/index.jsp?page=ema.index.xml>

ISO 8996:2004. Disponível em: <https://www.iso.org/about-us.html>

Lois, E., & Labaki, K. (2001). Conforto térmico em espaços externos: uma revisão. In.: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, VI; Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, III, 2001. São Pedro. *Anais... São Pedro: ANTAC*, 209-212.

Matzarakis, A., & Mayer, H. (1996). Another kind of environmental stress: thermal stress. *WHO newsletter*, 18(January 1996), 7-10.

Matzarakis, A. & Amelung, B. (2008a). Physiological Equivalent Temperature as Indicator for Impacts of Climate Change on Thermal Comfort of Humans. In (Vol. 30, pp. 161-172).

Matzarakis, A., Andrade, H., & Alcoforado, M. J. (2008). Thermal Bioclimatic Maps for Portugal. *Estudos sobre Cidades e Alterações Climáticas*, 37-45.

Milošević, D. D., Savić, S. M., Marković, V., Arsenović, D., & Šećerov, I. (2016). Outdoor human thermal comfort in local climate zones of Novi Sad (Serbia) during heat wave period. *Hungarian Geographical Bulletin*, 65(2), 129-137.

Monteiro, A. (1997). O clima urbano do Porto. *Contribuição para a definição das estratégias de planeamento e ordenamento do território, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian*.

Monteiro, A. (1998). O clima urbano portuense: Contributo para a gestão sustentável de um espaço urbanizado. In *Clima y ambiente urbano en ciudades ibéricas e iberoamericanas* (pp. 67-84). Parteluz.

Monteiro, A., Velho, S., & Góis, J. (2012). A importância da fragmentação das paisagens urbanas na Grande Área Metropolitana do Porto para a modelização das ilhas de calor urbano—uma abordagem metodológica. *Geografia: Revista da Faculdade de Letras da Universidade do Porto*, (1).

Monteiro, A., & Carvalho, V. (2013). Clima e Planeamento Regional. In *Climatologia urbana e regional (Questões teóricas e estudos de caso)*, 93-116.

Monteiro, A., Madureira, H., & Fonseca, L. (2017). *Plano Metropolitano de Adaptação às Alterações Climáticas - Área Metropolitana do Porto*.

Monteiro, A., Madureira, H., & Sousa, C. (2018). Perceção pública dos riscos climáticos e das medidas de adaptação na Área Metropolitana do Porto. *Desafios para afirmar a lusofonia na Geografia Física e Ambiente: atas do II Encontro Luso-Afro-Americano de Geografia Física e Ambiente*.

Monteiro; A., Madureira, H., Fonseca, F., & Velho, S. (2017). 2.a Revisão do PDM do Porto - Suporte Biofísico e Ambiente/ Clima e Ambiente Urbano: Relatório de Caracterização e Diagnóstico. Porto: Direção Municipal de Urbanismo, Câmara Municipal do Porto.

Pinho, P., Lopes, S., Rodrigues, G., & Colaço, P. (2017, April). Ubiquitous Environmental Monitoring as Decision Tool. In *Proceedings of the 6th International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems* (pp. 274-280). SCITEPRESS-Science and Technology Publications, Lda.

Viana, S. (2013). *Conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente/SP*. (Tese de Doutorado em Geografia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente).