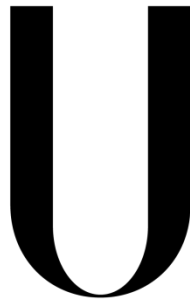


Universidade de Lisboa  
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



**LISBOA**

---

UNIVERSIDADE  
DE LISBOA

**CRIAÇÃO DE UMA GEO-APLICAÇÃO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS –  
ROTAS DE TURISMO EM LISBOA**

**Luís Miguel Cubas Gomes Borges**

Relatório de estágio orientado  
pelo Prof. Doutor Paulo Alexandre Morgado Sousa

Mestrado em SIG e Modelação Territorial Aplicados ao Ordenamento

2017

Universidade de Lisboa  
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



**CRIAÇÃO DE UMA GEO-APLICAÇÃO PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS –  
ROTAS DE TURISMO EM LISBOA**

**Luís Miguel Cubas Gomes Borges**

Relatório de estágio orientado  
pelo Prof. Doutor Paulo Alexandre Morgado Sousa

Júri:

Presidente: Professor Doutor José Manuel Henriques Simões do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa;

Vogais:

- Professor Doutor Paulo Alexandre Morgado Sousa do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa
- Professor Doutor António Manuel Saraiva Lopes do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa

2017

*“Negativity is the enemy of creativity”.*

David Lynch, *Filmmaker/Director*

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar, queria agradecer a toda a minha família que desde o início esteve ao meu lado neste percurso desafiante por me ter ajudado a atingir os meus objetivos.

Agradecer em segundo lugar a todos os meus amigos que de diversas maneiras me apoiaram nesta fase importante da minha vida. Em especial aos meus grandes amigos e colegas de faculdade: Cristina Gordo, João Nascimento, Tiago Raimundo e Pedro Franco, com quem há 5 anos partilho esta jornada de aprendizagem no ensino superior. Chegámos ao fim, cada um com o seu desafio, mas todos a conseguirem alcançar os seus objetivos. Desejo-lhes as maiores felicidades e sucesso no futuro.

Um enorme agradecimento ao professor e orientador Paulo Morgado por todo o apoio prestado e por me ter confiado este projeto ao qual tive todo o prazer de desenvolver como relatório de estágio . Por arranjar sempre disponibilidade para reunir comigo sempre que necessário, pelo esclarecimento de dúvidas, transmissão de conhecimentos e ainda pela amizade que me dedicou ao longo de todo o meu percurso no ensino superior.

E por fim, mas não por último, um grande agradecimento ao meu orientador na vertente empresarial, António Martins, por todo o apoio prestado durante o estágio na ESRI disponibilizando-se sempre a ajudar e esclarecer as dúvidas que me surgiram ao longo do desenvolvimento desta dissertação, por todos os conselhos profissionais que me ajudaram a crescer profissionalmente deixando-me melhor preparado para o mercado de trabalho. E claro, um obrigado a todos os colegas de trabalho nessa organização que também estiveram disponíveis para colaborar em momentos de maior exigência e dificuldade.

A todos o meu muito obrigado.

## **Acrónimos e Siglas**

*API – Application Programming Interface*

*LBS – Location Based Services*

*MDT – Modelo Digital do Terreno*

*PMV – Predicted Mean Vote*

*POI – Points of Interest*

*SET – Standard Effective Temperature*

*SIG – Sistemas de Informação Geográfica*

*SPSS – Statistical Package for the Social Sciences*

*Ta – Temperatura do ar*

*T d – Temperatura do ponto de orvalho*

*Tmrt – Temperatura radiativa média*

*UTCI – Universal Thermal Climate Index*

*V – Vento*

*Vp – Pressão de Vapor*

*WAP – Wireless Application Protocol*

<b>Índice geral</b>	
Agradecimentos.....	i
Acrónimos e Siglas.....	ii
Índice geral.....	iii
Índice de tabelas.....	v
Índice de figuras.....	v
Resumo.....	viii
<i>Abstract</i> .....	ix
Introdução.....	x
Enquadramento de estágio.....	xiii
<b>1. Enquadramento teórico.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Os SIG e <i>location based services</i>.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Aplicações móveis para o turismo.....</b>	<b>5</b>
<b>1.3. A influência do estado de tempo e conforto térmico no turismo.....</b>	<b>8</b>
<b>1.4. Métodos de modelação e análise espacial.....</b>	<b>12</b>
<b>1.4.1. Índices de conforto térmico.....</b>	<b>12</b>
<b>1.4.1.1. Bioclimatologia humana.....</b>	<b>12</b>
<b>1.4.1.2. <i>Universal Thermal Climate Index (UTCI)</i>.....</b>	<b>14</b>
<b>1.4.2. Análise de redes.....</b>	<b>17</b>
<b>1.4.2.1. Teoria dos grafos.....</b>	<b>17</b>
<b>1.4.2.2. Análise de redes em SIG.....</b>	<b>19</b>
<b>2. Enquadramento da área de estudo.....</b>	<b>22</b>
<b>3. Metodologia e tratamento dos dados.....</b>	<b>25</b>
<b>3.1. Modelo concetual.....</b>	<b>26</b>
<b>3.2. Recolha dos dados.....</b>	<b>28</b>
<b>3.3. Tratamento dos dados.....</b>	<b>33</b>
<b>3.3.1. Variáveis climáticas.....</b>	<b>33</b>
<b>3.3.1.1. Vento.....</b>	<b>33</b>
<b>3.3.1.2 Temperatura do ar.....</b>	<b>36</b>
<b>3.3.1.3. Humidade relativa e pressão de vapor de água.....</b>	<b>42</b>

3.3.1.4. Temperatura radiativa média.....	43
<b>4. Resultados.....</b>	<b>44</b>
4.1. Modelação e validação do <i>UTCI</i> .....	45
4.2. Criação da rede.....	52
<b>5. Componentes de uma aplicação.....</b>	<b>55</b>
5.1. Plataforma e linguagens de programação.....	56
5.2. Servidor de mapas.....	59
5.3. <i>API's e frameworks</i> .....	61
5.3.1. <i>API's</i> .....	61
5.3.2. <i>Web AppBuilder for ArcGIS</i> .....	62
<b>6. Implementação da aplicação.....</b>	<b>64</b>
6.1. Conceito da aplicação.....	65
6.2. Estrutura da aplicação.....	65
6.3. Desenvolvimento da aplicação.....	67
6.4. Configuração da aplicação.....	69
<b>7. Considerações finais e desenvolvimentos futuros.....</b>	<b>72</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>76</b>

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Pontos de interesse recolhidos para o caso de estudo.....	28
Tabela 2 – Validação dos resultados de velocidade de vento definidos com os valores de velocidade de vento observados para a estação da Portela.....	33
Tabela 3 – Modelos de vento utilizados.....	36
Tabela 4 – Variáveis Relevantes no cálculo da temperatura do ar através do método de regressão múltipla.....	37
Tabela 5 – Média horária da temperatura do ar, humidade relativa e pressão de vapor de água para os meses de junho, julho e agosto em 2015.....	42
Tabela 6 – Temperatura Radiativa Média horária para os meses de junho, julho, agosto de 2015.....	43
Tabela 7 – Sumário do desenvolvimento de aplicações (adaptado de IBM Mobile Foundation).....	56
Tabela 8 – Aplicações <i>web</i> vs híbridas vs nativas.....	58
Tabela 9 – Comparação entre o MapServer, Geoserver e ArcServer (Bauer, 2012).....	60
Tabela 10 – Esquema da tabela de atributos dos pontos de interesse.....	67

## Índice de Figuras

Figura 1 – Convergência de tecnologias que criam os <i>location based services</i> (Pontikakos, et al. 2005).....	2
Figura 2 – Integração XML de informação turística e SIG para clientes HTML e WAP (Puhretmair et al. 2001).....	6
Figura 3 – Influências do clima no setor do turismo (Scott & Lemieux, 2010).....	8
Figura 4 – Relações entre o Clima e o Turismo (Adaptado de Matzarakis, 2006).....	9
Figura 5 – O balanço energético do corpo humano.....	12
Figura 6 – Modelo do Universal Thermal Climate Index (Bröde et al, 2009).....	15
Figura 7 – Problema das pontes de Königsberg (Shekhar, 2008).....	17
Figura 8 – Grafo (G) (Morgado, 2010).....	18
Figura 9 – Exemplo de uma rede multimodal com linhas do metro e ruas (Adaptado de ESRI, 2010).....	20

Figura 10 – Representação do modelo arco-nó e respetiva tabela (Morais, 2013).....	21
Figura 11 – Área de Estudo.....	23
Figura 12 – Modelo Concetual.....	27
Figura 13 – Classificação supervisionada para Lisboa, com as respetivas classes de cobertura do solo (Mendes, 2015).....	29
Figura 14 – Modelo Digital do Terreno de Lisboa.....	30
Figura 15 – Declive (°) de Lisboa.....	31
Figura 16 – Rugosidade de Lisboa.....	31
Figura 17 – Localização da estação meteorológica da Portela e dos registadores da Zephyrus.....	32
Figura 18 – Validação da velocidade do vento a 1m/s.....	34
Figura 19 – Validação da velocidade do vento a 3m/s.....	34
Figura 20 – Validação da velocidade do vento a 6m/s.....	35
Figura 21 – Validação da velocidade do vento a 10m/s.....	35
Figura 22 – Validação dos valores da temperatura do ar na estação meteorológica de Belém.....	38
Figura 23 – Validação dos valores da temperatura do ar na estação meteorológica de Campo de Ourique.....	38
Figura 24 – Validação dos valores da temperatura do ar na estação meteorológica de Carnide.....	39
Figura 25 – Validação dos valores da temperatura do ar na estação meteorológica de Monsanto.....	39
Figura 26 – Validação dos valores da temperatura do ar na estação meteorológica do Parque das Nações.....	40
Figura 27 – Validação dos valores da temperatura do ar na estação meteorológica dos Restauradores.....	40
Figura 28 – Validação dos valores da temperatura do ar na estação meteorológica do Saldanha.....	41
Figura 29 – Validação dos valores da temperatura do ar na estação meteorológica de Vale de Alcântara.....	41
Figura 30 – Média do <i>UTCI</i> às 18:00 horas de junho.....	46

Figura 31 – Média do <i>UTCI</i> às 18:00 horas de julho.....	46
Figura 32 – Média do <i>UTCI</i> às 18:00 horas de agosto.....	46
Figura 33 – Validação dos valores do <i>UTCI</i> na estação meteorológica de Belém.....	47
Figura 34 – Validação dos valores do <i>UTCI</i> na estação meteorológica de Campo de Ourique.....	48
Figura 35 – Validação dos valores do <i>UTCI</i> na estação meteorológica de Carnide.....	48
Figura 36 – Validação dos valores do <i>UTCI</i> na estação meteorológica de Monsanto.....	49
Figura 37 – Validação dos valores do <i>UTCI</i> na estação meteorológica do Parque das Nações.....	49
Figura 38 – Validação dos valores do <i>UTCI</i> na estação meteorológica dos Restauradores.....	50
Figura 39 – Validação dos valores do <i>UTCI</i> na estação meteorológica do Saldanha.....	50
Figura 40 – Validação dos valores do <i>UTCI</i> na estação meteorológica de Vale de Alcântara.....	51
Figura 41 – Arruamentos de Lisboa com valores médios do <i>UTCI</i> às 18:00 horas de junho de 2015.....	53
Figura 42 – Arruamentos de Lisboa com valores médios do <i>UTCI</i> às 18:00 horas de Julho de 2015.....	54
Figura 43 – Arruamentos de Lisboa com valores médios do <i>UTCI</i> às 18:00 horas de Agosto de 2015.....	54
Figura 44 – Workflow do <i>Web AppBuilder</i> (Adaptado de ESRI, 2017).....	63
Figura 45 – Esquema concetual do produto final da aplicação.....	66
Figura 46 – Modelo de geoprocessamento da criação de rotas.....	67
Figura 47 – Espacialização dos Pontos de Interesse em Lisboa.....	68
Figura 48 – Janela de Visualização da Aplicação no <i>Web AppBuilder for ArcGIS</i> .....	69
Figura 49 – Geoprocessamento de Rotas.....	70
Figura 50 – Informação sobre os POI.....	70
Figura 51 – Layout dos dispositivos móveis.....	71

## **Resumo**

O presente relatório de estágio consiste no desenvolvimento do protótipo de uma geo-aplicação (*App*) para dispositivos móveis, que tem como utilizadores-alvo e seus potenciais consumidores os turistas que pretendam explorar e conhecer a cidade de Lisboa.

O objetivo principal passa por criar percursos personalizados e dinâmicos, otimizados tendo em função das consequências decorrentes das condições meteorológicas, nomeadamente o conforto termofisiológico. A aplicação é de base geográfica e como tal o utilizador ao aceder à *App* visualiza imediatamente o mapa da área em que se encontra – e que para efeito deste estudo é a cidade de Lisboa – no qual deverão estar visíveis os pontos de interesse (POI) que a cidade oferece. Estes POI estão classificados de acordo com um conjunto de categorias e.g. ar livre, cultura, comércio, etc., adaptados da plataforma de dados abertos georreferenciados – Geodados, de forma a facilitar a opção do turista.

Para tornar possível a criação de percursos personalizados, foi necessária uma recolha e modelação de diversas variáveis geográficas e climáticas correspondentes a um determinado período de tempo, neste caso junho, julho e agosto de 2015, de modo a calcular e espacializar o *Universal Thermal Climate Index (UTCI)*. Posteriormente, toda a informação foi inserida numa aplicação móvel/web através de um servidor, neste caso o *ArcGIS Server*, configurando e estruturando a mesma através da plataforma *Web AppBuilder for ArcGIS*.

**Palavras-chave:** Turismo, Índice de Conforto Térmico, Aplicação Móvel, SIG, *WebSIG*

## **Abstract**

*This internship report consists on the development of a geo-application (App) for mobile devices, for tourists that intend to explore and know more about the city of Lisbon as target users and eventually potential consumers.*

*The main goal of this application is to create customized and dynamic routes, which are optimized according to the consequences of the resulting meteorological conditions, namely the thermophysiological comfort. The application is geographically based so when the users access it, the map of the area in which they are located is immediately displayed – for the purpose of this study the area is the city of Lisbon – as well as the relevant Points of Interest (POI) that the city offers. These POIs are classified according to a set of categories e.g. outdoors, culture, shopping, etc., adapted from the geo-referenced open data platform – Geodados, in order to ease the tourist’s choice.*

*To make possible the creation of customized routes, it was necessary to collect and model the diverse geographic and climatic variables corresponding to a certain period of time, in this case June, July and August 2015, in order to calculate and spatialize the Universal Thermal Climate Index (UTCI). Subsequently, all the information is inserted into a mobile / web application through a server, in this case the ArcGIS Server, configuring and structuring it using the Web AppBuilder for ArcGIS platform.*

**Keywords:** *Tourism, Thermal Comfort Index, Mobile Application, GIS, WebGIS*

## **Introdução**

Condições atmosféricas como a radiação solar, insolação e até mesmo propagação de poluentes podem afetar o estado de saúde das pessoas diretamente, atuando sobre o corpo humano, fragilizando o organismo. Podem igualmente atuar indiretamente sobre as pessoas, ao condicionarem o seu estilo de vida, como por exemplo na redução do tempo passado ao ar livre perante tipos de tempo, e.g. chuvosos, demasiado calor e com radiações UV demasiado altas, forte nebulosidade, etc. Deste modo, quando são feitas viagens para destinos capazes de criar desconforto às pessoas, um serviço de aconselhamento climático à escala humana, ou seja, à escala do território de visita, é um auxiliar indispensável no planeamento e na preparação da viagem com vista a proteger os viajantes contra estes perigos, com especial atenção para aqueles que pertencem aos chamados grupos de risco (crianças, doentes com estado de saúde vulnerável face às condições atmosféricas do destino, e reformados). Precisamente, o conhecimento de informação geo-climática pode servir de auxílio no planeamento turístico, e na redução dos efeitos negativos do tempo e clima nos turistas e neste setor económico (Matzarakis, 2006).

Dito isto, o setor de atividade do turismo tem vindo a beneficiar com o avanço das tecnologias de informação (TI), que por sua vez vem permitir uma mais fácil propagação e partilha de informação sobre os destinos turísticos, os melhores pontos turísticos a visitar, e até mesmo o estado de tempo que vai encontrar no local de destino, sendo este um aspeto importante que este relatório de estágio pretende aprofundar.

Tendo em consideração a constante competição que existe, o aproveitamento da evolução tecnológica verificada por parte dos agentes do setor do turismo, aliada a uma cada vez maior disponibilidade e partilha de informação geográfica, pode ser vista como uma estratégia de promoção do sucesso e vantagem competitiva, uma vez que facilita não só todo o processo de organização e planeamento de todos os dados do território disponíveis, isto da parte da entidade responsável, mas também todo o processo de pesquisa e planeamento da parte dos turistas, numa lógica de interatividade.

O tempo, ou seja o tempo disponível para o turista, é um fator crucial nesta temática tendo em conta que os turistas ao visitarem um certo local têm o tempo contado, ainda que uns mais que os outros, e pretendem aproveitar o máximo possível da sua estadia e conhecer o mais possível acerca do território a visitar, das suas gentes e cultura. E no caso deste projeto, para além da redução do tempo que levam a percorrer um determinado percurso, é também tido

em conta o conforto humano. Segundo Parsons (1993), a equação de balanço do conforto humano descreve como o corpo consegue manter uma temperatura corporal perto dos 37° C em termos de geração e troca de calor com o ambiente envolvente, de modo a alcançar um equilíbrio dinâmico, como resposta às alterações constantes das condições externas. Uma gestão adequada desta informação vai permitir ao turista, não apenas uma maior resistência física e por conseguinte um maior aproveitamento do seu tempo, como igualmente o vai defender de problemas de saúde derivados do desconforto, que uma exposição descuidada a eventos térmicos (chuva, frio, calor,...) lhe poderiam causar.

Com base nesta problemática, será proposto o protótipo de uma aplicação capaz de satisfazer esta dupla necessidade dos turistas, a de chegar ao ponto de interesse o mais rápido possível, assim como percorrer o caminho que cause o menor desgaste físico e psicológico possível da pessoa. Para tal, será construído um modelo geo-climático que permita captar e analisar as variáveis enunciadas, de forma a providenciar informação acerca do conforto térmico do território, que o turista pretende visitar.

Este relatório aborda então todo o processo de desenvolvimento do protótipo dessa mesma aplicação geográfica para dispositivos móveis, desde a recolha e tratamento de dados à construção e teste da aplicação. Para tal, estruturou-se o relatório de estágio em 5 capítulos, a saber:

Um primeiro capítulo dedicado ao estado da arte é o resultado de uma aprofundada revisão de literatura da especialidade, com enfoque quer sobre os aspetos teóricos referentes aos métodos, e suas vantagens e desvantagens, quer sobre os aspetos técnicos e mais operativos, capazes de fazer um bom retrato sobre a relevância dos *location based services* e a influência destas tecnologias no turismo. Trata-se ainda neste capítulo inicial dos conceitos inerentes aos índices térmicos existentes, tais como o *PET* e o *UTCI*, e será feito ainda um aprofundamento da teoria de análise de redes, essencial para a modelação dos valores do índice térmico nas vias e ruas da cidade de Lisboa, através das quais os turistas se movimentam.

O segundo capítulo irá abordar a escolha do concelho de Lisboa como área de estudo, sendo realizado um breve enquadramento da mesma.

No terceiro capítulo é explicada a metodologia que foi considerada apropriada ao tratamento dos dados, uma descrição de todo o processo de recolha e tratamento dos dados considerados fulcrais para a elaboração da aplicação, e ainda o respetivo processo de tratamento e validação dos mesmos. Foram recolhidos e tratados devidamente as seguintes variáveis climáticas: vento, temperatura do ar, humidade relativa, temperatura radiativa média, de forma a aplicar uma modelação do índice de conforto térmico *Universal Thermal Comfort Index (UTCI)*, assim como inúmeros pontos de interesse presentes em Lisboa e características do território, como classes de uso e ocupação do solo, declive, vias de transportes etc.. Serão utilizados *softwares* distintos, como o *WAsP Engineering* na modelação dos dados de vento, o *SPSS* para aplicação de regressão múltipla de forma verificar quais as características do território que mais afetam a espacialização da temperatura, o *Rayman* para cálculo da temperatura radiativa média, e o *ArcMap* para modelação destas variáveis.

No quarto capítulo são calculados e espacializados os valores do *UTCI* através do *software ArcMap*, sendo realizada depois uma validação desses mesmos resultados com base nos valores do índice de conforto térmico calculados no *Rayman*. A utilização do *ArcMap* será ainda essencial para a atribuição dos valores do índice de conforto térmico nas vias e ruas da cidade de Lisboa e construção da rede que irá servir de fonte de informação na aplicação móvel quando forem efetuados pedidos de criação de rotas.

Como quinto capítulo, é feita uma breve análise das componentes essenciais para o desenvolvimento de uma aplicação *web/móvel*, tais como as plataformas e linguagens de programação existentes, os servidores e as *frameworks* e *API's*.

Por fim, no sexto e último capítulo, é descrito o processo de implementação da aplicação, desde a publicação na *web* dos dados posteriormente trabalhados no *ArcMap* a partir do *ArcGIS Server*, à personalização e partilha da aplicação através da plataforma *Web App Builder for ArcGIS*.

## **Enquadramento de estágio**

O relatório de estágio foi elaborado na empresa ESRI Portugal S.A, através de um protocolo com duração de 6 meses. O acompanhamento académico foi realizado pelo Professor Doutor Paulo Morgado, e em estreita colaboração com o Professor Doutor António Lopes, enquanto que o apoio na vertente empresarial foi prestado pelo consultor técnico e de pré-vendas em SIG António Martins.

Fundada por Jack Dangermound e a sua mulher Laura Dangermound, a Environmental Systems Research Institute (ESRI) surge nos Estados Unidos da América, em Redlands na Califórnia, no ano de 1969. Tinha como objetivo principal auxiliar planeadores do território e gestores de recursos territoriais a tomar decisões ambientais mais bem informadas ao permitir organizar e analisar informação de base geográfica.

Em 1982, como resposta à necessidade de realizar análises para número de projetos cada vez maior, a ESRI lançou o primeiro produto de SIG a ser comercializado: o ARC/INFO. O ARC/INFO consistia num conjunto de ferramentas com capacidade de realizar análises e inquirições geo-espaciais, combinando características geográficas disponíveis no computador com um sistema de gestão de base de dados.

Na década de 90, a ESRI introduziu a primeira solução desktop: o *ArcView*, um pacote de *software* que oferece funcionalidades básicas de SIG, permitindo alargar o universo de utilizadores os sistemas de informação geográfica a um maior número de pessoas, uma vez que providenciava um interface e funções mais simpáticas ao utilizador, isto é menos exigentes do ponto de vista dos conhecimentos técnicos. E no fim dos anos 90 foi criada a plataforma ainda hoje conhecida como *ArcGIS*, apropriada tanto para utilizadores mais casuais como para utilizadores com níveis de desenvolvimento mais avançados.

Atualmente, a ESRI permanece no topo da indústria dos SIG, com o *ArcGIS Desktop* como principal produto comercializado, e conta com mais de 80 escritórios sediados por todo o mundo, entre os quais, quase com 30 anos de existência, a ESRI Portugal. A ESRI Portugal atua atualmente em diversas áreas, entre as quais administração local, comércio e serviços, ambiente e recursos naturais, transportes, entre outras, e tem apoiado diversas organizações na tomada de decisão, ao transformar o conhecimento do mundo conferido pelos SIG em verdadeira capacidade de poder e ação.

# **Capítulo 1**

---

## **Enquadramento teórico**

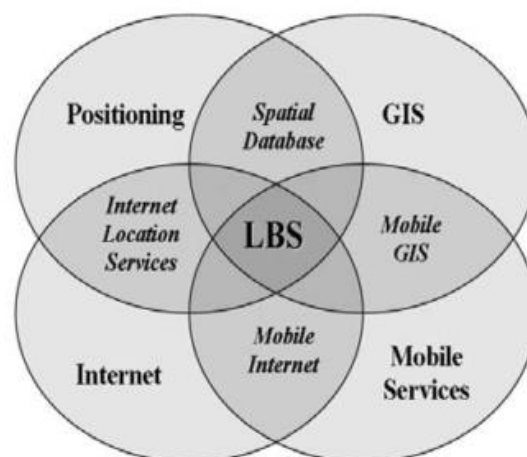
## 1. Enquadramento teórico

### 1.1. Os SIG e *location based services*

A Internet e a tecnologia wireless podem ser consideradas como a fundação dos serviços de localização para utilizadores móveis, em conjunto com os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), pois estes últimos encontram-se atualmente bem integrados com a *web* e os sistemas empresariais, além de que os *location based services* utilizam esta tecnologia para a disponibilização de serviços de valor acrescentado (Sousa, 2007). Tendo isto em conta, podemos afirmar então que os serviços de localização surgem com base na integração da internet, a tecnologia wireless e os SIG.

*Location Based Services* = f (SIG + Internet + Wireless) [Niedzwiadeck, 2002]

Tal como demonstra a Figura 1, os *LBS* podem ser definidos como a junção de várias tecnologias atuais, como comunicação móvel, tecnologias de localização, dispositivos móveis com Internet, SIG e servidores de aplicações com bases de dados espaciais, ou seja, quaisquer serviços com valor agregado onde a principal função está em obter informações que determinem a localização de dispositivos móveis e, com base nestas, oferecer serviços de acordo com o contexto de utilização e localização (Sousa, 2007).



**Figura 1** – Convergência de tecnologias que criam os Location Based Services (Pontikakos et al, 2005)

De acordo com Rao e Minakakis (2003), a estrutura de um sistema *LBS* foca-se no grau de precisão em determinar a localização ou posição de uma certa pessoa, sendo este o principal objetivo das tecnologias de geo-localização. Isto vem a favor da compreensão dos padrões de mobilidade humana, pois esta não é tarefa fácil, em grande parte porque a mobilidade está bastante limitada geograficamente à distância que uma pessoa é capaz de percorrer num dia (Gonzalez, Hidalgo & Barabasi, 2008).

Sistemas que determinam a localização do utilizador móvel podem ser de rastreamento ou posicionais. No primeiro caso, isto acontece quando uma rede de sensores determina a localização; no segundo caso, os sistemas são posicionais quando o sistema móvel determina por si só a localização (Pontikakos et al, 2005).

No que diz respeito aos SIG, os *LBS* representam mais do que apenas pontos num mapa, pois consistem em todo um sistema analítico bem desenvolvido, especializado em armazenar e manipular informação espacial, seja esta pontos, linhas ou polígonos definidos com coordenadas num certo local (Eckerson, 2012).

A informação local já está e continuará em crescimento nos tempos que se avizinham, com o *boom* dos dispositivos móveis, como os *smartphones* e *tablets* a contribuir para a integração da *location intelligence*. Ao invés de fomentar a complexidade de informação referente à paisagem, a localização tem o poder de restaurar ordem à mesma. (Moreno, 2017)

A *location intelligence* providencia uma forma de revelar as relações entre um conjunto de dados que à primeira vista podem não parecer tão óbvios ou fáceis de assinalar. Um bom exemplo é o caso dos dados de negócios, em que a *location intelligence* nos ajuda a visualizar a informação de uma maneira mais interativa, ao contrário da forma tradicional de análise, em que a informação nos é disposta em folhas de cálculos ou gráficos, dificultando a capacidade de detetar e perceber a existência relações de proximidade ou padrões que possam existir.

O número de organizações e empresas que tiram vantagens de informação baseada em localizações é cada vez maior, e a necessidade de especialistas em análise espacial avançada começa a deixar de ser um obstáculo, graças às mudanças na tecnologia nos últimos anos em *softwares* de análise e mapeamento espacial, que têm vindo a tornar-se cada vez mais fáceis de utilizar para o utilizador comum (Moreno, 2017).

Segundo Attahiru e Lattimore (2015), é conveniente para operadores de negócios, especialmente para companhias de turismo, promoverem serviços através das novas tecnologias das quais os clientes pretendem usufruir, o que lhes confere óbvias vantagens num setor cada vez mais competitivo.

Os autores afirmam ainda que a introdução de *location based services* na indústria do turismo faz com que os utilizadores sejam participantes ativos nas atividades turísticas, diminuindo por sua vez o peso dos gestores de turismo e outras partes interessadas na obtenção de opiniões e comentários dos seus mercados-alvo, tornando as atividades de planeamento turístico mais interativas e personalizadas.

## 1.2. Aplicações Móveis na área do turismo

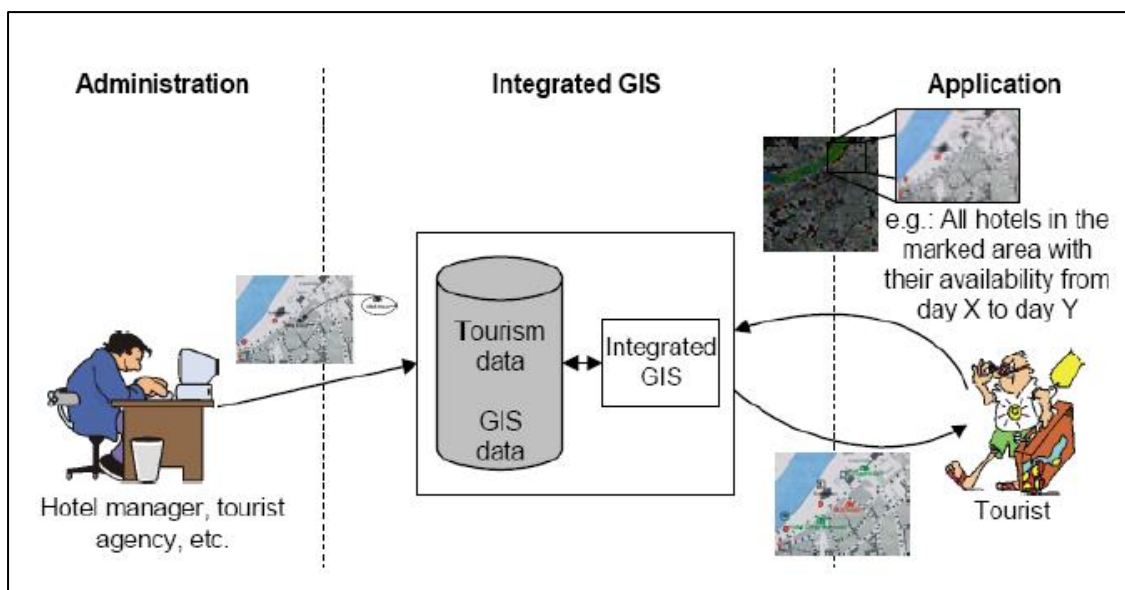
Os utilizadores de dispositivos móveis, ao deslocarem-se num espaço geográfico, têm conhecimento das suas posições, por uso da funcionalidade GPS, e acesso a todo um leque de dados e informação geográfica disponível. A necessidade de explorar estas ferramentas *online* no apoio de tomada de decisões espaciais e para gestão de movimentos e operações tem vindo a tornar-se cada vez mais relevante e até fundamental, e o principal objetivo dos SIG móveis passa por minimizar o tempo e energia de navegação e movimentação, tornando estes o mais eficiente possível, em que o utilizador acaba por não ter de realizar operações de SIG, uma vez que estas foram realizadas posteriormente e estão integradas na aplicação móvel.

De acordo com Dickinson et al. (2014) a evolução da tecnologia na área do turismo é um acontecimento que tem vindo a ganhar terreno, revolucionando o negócio neste setor. “As aplicações emergiram com funções direcionadas para diferentes elementos da experiência de viajar ao fornecer um conjunto de aplicações viradas para viagens turísticas. Com base em ferramentas contextuais aperfeiçoadas, os smartphones estão a contribuir para a evolução da sociedade no entendimento contemporâneo do tempo e relações com o lugar de uma forma significativa nos modos de viagem”.

### **Vantagens para os turistas:**

- Visualização de atrações turísticas;
- Possibilidade de ver o que está disponível na área em que pretendem viajar;
- Informação valiosa sobre os locais turísticos que podem ser inseridos nos SIG: Vídeos, Fotos, Brochuras dos produtos etc..
- Informação seletiva como planeamento de rotas, alojamento, eventos culturais, atrações especiais etc..
- Informação facilmente acedida através da internet (*Web Based GIS*) – Mapas iterativos que funcionam com base em inquirições.

Na Figura 2 está representado um exemplo da forma como a informação turística pode ser integrada nos SIG e partilhada com os turistas.



**Figura 2** - Integração XML de informação turística e SIG para clientes HTML e WAP (Puhretmair et al. 2001)

Segundo Verka Jovanovic´ (2008) o planeamento turístico refere-se ao planeamento integrado de atrações (naturais, culturais, antrópicas), serviços (alojamentos, restaurantes, lojas, informação dos visitantes, roteiros e operações de viagens, troca de dinheiro, infraestruturas de medicina, serviços de correio etc..), e equipamentos de transporte (ambos infraestruturas de materiais e serviços de transporte).

Requer-se desta forma, uma recolha e processamento de dados espaciais extensa, visto que todas as localizações e as suas inter-relações devem ser definidas e analisadas dentro de um contexto espacial. Para este propósito, os SIG conseguem descrever e identificar elementos de infraestruturas turísticas geometricamente, tematicamente e topologicamente.

Além do mais, os SIG conseguem lidar tanto com “*object data*” (como pontos de interesse, arruamentos, etc..) assim como “informação de campo” (como temperatura do ar, altitude, etc..) dos quais ambos os tipos podem ser representados quer em formato matricial como vetorial (Wei, 2012).

Ao viajarem, se os turistas tiverem um mapa turístico compreensível, ou seja fácil de ler no que à simbologia e quantidade de informação respeita, vão conseguir obter melhores serviços de viagem e consequentemente experiências mais bem-sucedidas. O mapa tradicional turístico em papel, devido às limitações de espaço, dificulta a disponibilização de informação mais detalhada e tem muito “ruído” no que a informação respeita. Nos mapas digitais, em que a informação é carregada por critérios de escala de visualização, localização do utilizador e

decisões do utilizador na interação com o mapa, as vantagens são óbvias. Além disso, com as funcionalidades dos SIG, nomeadamente a capacidade de edição de texto e imagem, e a manutenção de dados a opção por mapas digitais e dispositivos móveis torna-se bastante conveniente. Acresce ainda, que desta forma é possível reduzir os custos dos planos e evitar o processo muitas vezes incómodo do mapeamento tradicional. Comparado com os mapas tradicionais turísticos, as vantagens do planeamento turístico com os SIG são óbvias.

Ainda sobre este assunto, Wei (2012) refere que, tendo em conta que os utilizadores (turistas e executivos do setor económico do turismo) têm requerimentos especiais no que toca à vivacidade e riqueza dos dados de informação turística, os SIG focados em viagens conseguem distinguir-se dos restantes sistemas de informação. Cabe ao sistema a capacidade de gerir gráficos espaciais, dados multimédia e os atributos dos dados, de modo a que os utilizadores consigam rápida e facilmente ter acesso aos três. Para os responsáveis da realização de políticas, os SIG devem conter também a capacidade de análise e processamento de informação turística e realizar funções de apoio à tomada de decisões.

### 1.3. A influência do estado de tempo no turismo

O setor do turismo é uma das indústrias globais que ano após ano tem-se vindo a observar um rápido crescimento, com enorme influência no desenvolvimento económico a uma escala nacional e local. O turismo não se reduz apenas à simples atividade de viajar para fins de lazer e férias, pois engloba igualmente viagens para fins educativos, saúde, religião, desporto, convenções e conferências, negócios ou até mesmo as que são feitas com a intenção de visitar amigos e familiares (Scott & Lemieux, 2010).

De acordo com a *United Nations World Tourism Organization*, o turismo pode ser considerado como a atividade de uma pessoa viajar e ficar em lugares fora do seu ambiente natural, não mais do que um ano consecutivo, para lazer, negócio e outros propósitos não relacionados com o exercício de uma atividade remunerada dentro do lugar visitado.

Quando o turismo faz uso do espaço geográfico, assim o faz porque existem certos elementos constituintes que, dependendo na forma como são valorizados socialmente, podem ser explorados e subsequentemente incorporados num bem ou serviço de turismo. Deste modo, os elementos do espaço geográfico tornam-se recursos e formam a base de qualquer projeto de desenvolvimento de turismo. Sem analisar primeiro os mesmos, qualquer tentativa de planear atividades tornar-se-ia deficiente. Na Figura 3 é possível observar-se a forma como o clima pode influenciar o setor do turismo.

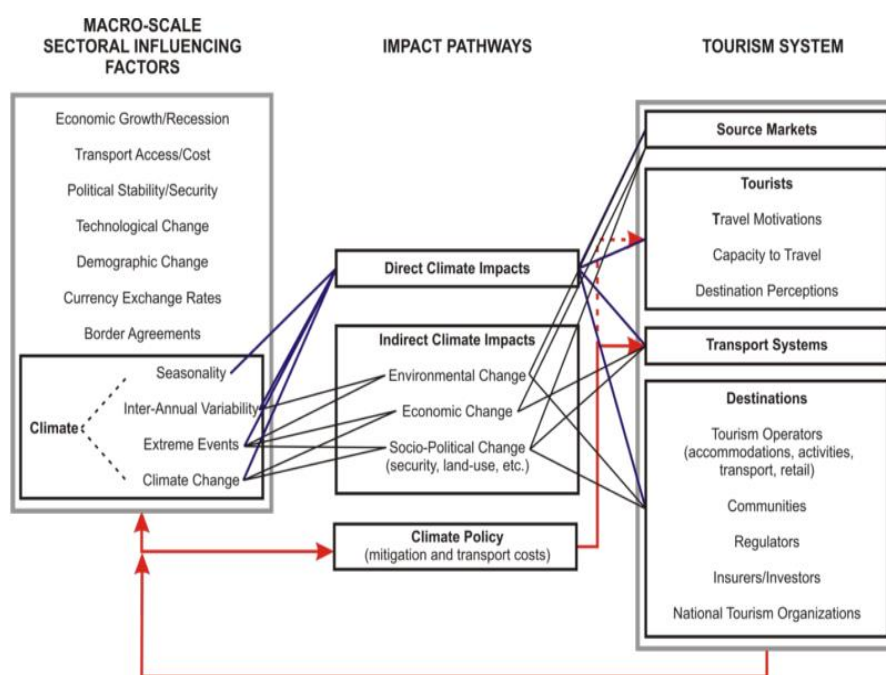
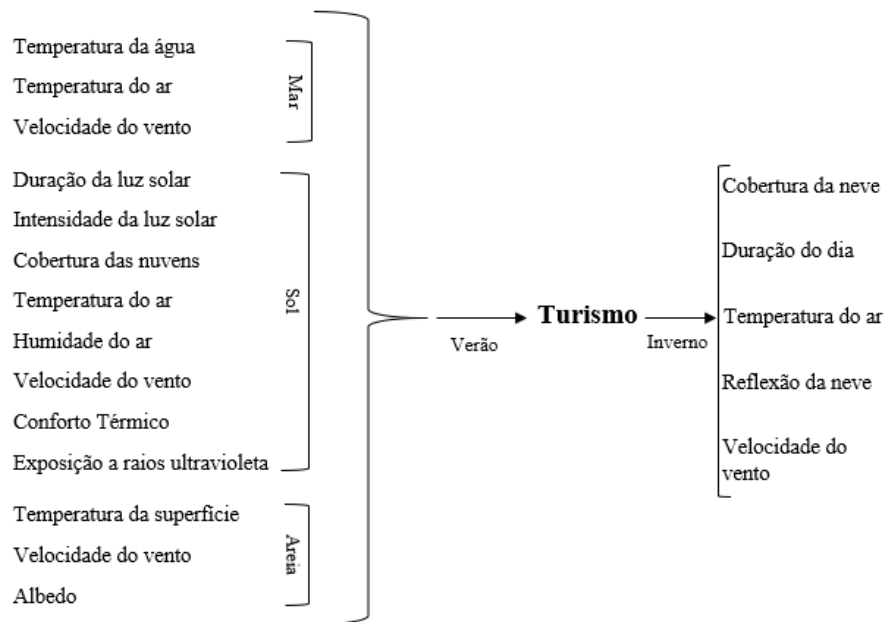


Figura 3 - Influências do Clima no setor do Turismo (Scott & Lemieux, 2010)

De acordo com Bélen Martín (2005), as pessoas estão bem cientes da influência que o clima e estado de tempo têm nas suas vidas, assim como verificam a forma como estas atividades afetam a atmosfera. Dito isto, as atividades económicas são afetadas por e influenciam o clima e o tempo (Figura 4), e atividades ao ar livre como o turismo, são um exemplo disso.



**Figura 4** - Relações entre o Clima e o Turismo (Adaptado de Matzarakis, 2006)

Problemas ligados à climatologia turística e alterações climáticas necessitam de dados de tempo e de clima a diferentes escalas, não apenas espaciais, como temporais também. Fontes de informação meteorológica e climatológica incluem serviços de tempo nacionais, serviços de tempo privados, agências ambientais e autoridades governamentais (Matzarakis, 2006).

Desta forma, o planeamento turístico deve incorporar mais do que simples descrições gerais do clima, que muitas vezes não se encontram ligadas ao Turismo. A análise requerida deve ser mais focada na climatologia de um espaço em particular e ligada às diversas facetas do turismo: a atratividade e funcionalidade do destino, a sazonalidade das atividades, a programação das atividades; a segurança dos turistas e infraestruturas em termos de riscos climáticos; o design do alojamento e construções; a mobilidade dos turistas e design dos transportes e sistemas de comunicação; o prazer, conforto, e saúde dos turistas; o nível de satisfação e influência nas futuras visitas, entre outras.

Segundo Mayer (1993), a comissão de especialistas em biometeorologia da Sociedade Meteorológica Alemã define um clima urbano ideal como o estado variável, espacial e

temporal, dentro das estruturas urbanas que contenham o mínimo de poluentes no ar possível produzidos pelo ser humano. Em adição, uma grande variação espacial de microclimas urbanos deve ser oferecida à população urbana.

Conforme Baccini et al. (2008), as cidades localizadas no sul da Europa mostram uma maior vulnerabilidade a mortes desencadeadas por temperaturas elevadas, e Burkart et al. (2013) constataram o efeito de causalidade dos níveis elevados de poluição na subida de calor num estudo acerca da relação destas duas variáveis com o aumento da mortalidade nas cidades de Lisboa e Berlim.

Nos dias de Verão, é usual assistir-se em Lisboa ventos fortes de direção Norte, denominados de Nortadas, que desempenham um papel importante na dispersão de poluentes. No entanto, como consequência da crescente expansão da cidade de Lisboa para norte nos últimos 30 anos, tem vindo a notar-se a criação de um efeito barreira determinado pela construção do edificado em altura que bloqueiam os usuais canais de ventilação provindos de norte e com consequências na gestão de problemas ambientais para o sul da cidade (Lopes e Alcoforado, 2011).

Andrade (2003) refere que é no sul de Lisboa que ocorre geralmente o efeito de ilhas de calor, e de acordo com Lopes et al. (2013), este efeito foi observado ao longo de todo o ano de análise, com maior acentuação no Verão. Entre algumas causas associadas a este padrão térmico, destacam-se algumas características geográficas, tais como a proximidade com o estuário do Tejo e o oceano.

Burkart et al. (2016) confirmam que não apenas a proximidade com corpos de água e a costa, mas também a vegetação urbana desempenha um papel relevante na mitigação do calor. O efeito que a vegetação detém no clima em espaços urbanos é geralmente considerado como benéfico, isto porque tem a capacidade de controlar a temperatura, a humidade e o vento (Dimoudi & Nikolopoulou, 2003). Diversos autores estão de acordo no que diz respeito à dimensão dos espaços verdes como fator importante no efeito de diferenças térmicas, e que devem ser tidas em consideração por parte dos planeadores urbanos. Contudo, apesar da maioria das investigações demonstrarem que os espaços verdes podem ter um papel importante na mitigação do calor, este continua a ser um fator que gera alguma discordância na amplitude desse efeito, pois como demonstraram Andrade e Vieira (2007), num estudo sobre a influência do parque da Gulbenkian na cidade de Lisboa, considerado como uma área verde de tamanho médio com 8.5 ha, revelaram que apesar de o parque ter impacto térmico significativo, não foi

possível provar a sua influência na área em redor, sendo esta muito provavelmente insignificante, ou seja o efeito mitigador existem mas é apenas apreciável no sítio onde o jardim se encontra, não se tendo verificado quaisquer efeitos consideráveis no espaço imediatamente em redor.

O impacto térmico de áreas verdes de pequenas dimensões é ainda mais duvidoso, apesar de existirem casos de estudo onde foram encontrados efeitos de arrefecimento significantes, alguns dos quais em Lisboa (Alcoforado, 1996). Isto torna então difícil estabelecer uma relação linear entre a dimensão das áreas verdes e a diferenciação térmica associada aos mesmos, devido ao facto de esta última depender bastante da estrutura da vegetação, topografia e das características das zonas edificadas (Andrade et al, 2007).

Toda esta informação vem confirmar a teoria de que a ideia de um clima urbano ideal não pode ser alcançada realisticamente. Logo, a climatologia urbana aplicada deve indicar como esta situação ideal pode ser atingida ao planear medidas e estratégias de adaptação que permitam minimizar o stress climático, chegando desta forma a um clima urbano tolerável (Mayer, 1993).

Tendo isto em conta, de modo a planear tais medidas capazes de mitigar o impacto do clima no stress térmico das pessoas, é necessário ter uma noção do funcionamento bioclimático humano e do benefício da utilização de índices que permitam avaliar de uma melhor forma o “complexo térmico”.

## 1.4. Métodos de modelação e análise espacial

### 1.4.1. Bioclimatologia humana e índices de conforto térmico

#### 1.4.1.1. Bioclimatologia humana

O presente estudo incide sobre um espaço urbano, e estes modificam as variáveis atmosféricas responsáveis pelo balanço energético do corpo humano: Temperatura do ar, temperatura radiativa média, velocidade do vento, e a humidade atmosférica, que pertencem ao que é chamado de “complexo térmico” (Andrade, 2003).

A produção metabólica de calor ( $M-W$ ) corresponde ao input básico de energia no sistema, enquanto os restantes conceitos dizem respeito a vias de transferência de calor entre o corpo humano e a atmosfera. “O controlo dos diferentes termos da equação, com o objetivo de manter a temperatura corporal constante, é a termorregulação, e segundo a generalidade dos autores, as condições térmicas mais favoráveis, correspondentes ao esforço termorregulatório mínimo, verificam-se com temperaturas entre  $20^{\circ}$  e  $25^{\circ}$  C, para um indivíduo vestido e em situação de repouso, num local com agitação de ar muito fraca, humidade atmosférica moderada e sem radiação solar direta” (Andrade, 1998). Andrade refere ainda que o vestuário pode ter uma função de modificação dos fluxos de calor entre o corpo e a atmosfera, dependendo de inúmeros fatores, como por exemplo a espessura e o tipo de material, ou o grau de cobertura e forma do vestuário. Na Figura 5 está representado o funcionamento do balanço energético do corpo humano.

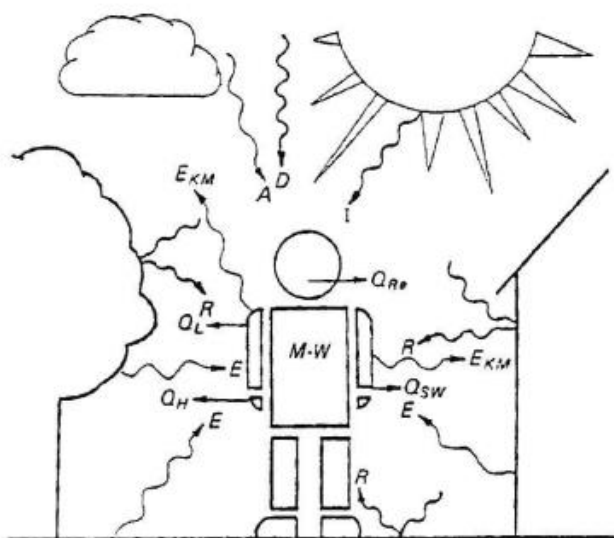


Figura 5 - O balanço energético do corpo humano (Andrade, 2003)

A equação do balanço térmico do conforto humano é a seguinte (Andrade, 2003):

- $M+W+Q^*+Q_h+Q_L+Q_{sw}+Q_{re} = 0$

Em que:

M = Taxa metabólica;

W = Energia mecânica;

Q\* = Balanço de Radiação;

Q<sub>h</sub> = Fluxo turbulento de calor sensível;

Q<sub>L</sub> = Fluxo turbulento de calor latente (essencialmente transferência de calor por convecção);

Q<sub>sw</sub> = Fluxo turbulento de calor latente (difusão do vapor de água);

Q<sub>re</sub> = Fluxo respiratório de calor sensível e latente.

O corpo humano reage às alterações do ambiente atmosférico, com a capacidade de manter a sua temperatura corporal mais ou menos constante, entre 36 e 37°, de forma a assegurar o funcionamento dos órgãos internos e do cérebro, otimizando desta forma o seu conforto, performance e saúde. No entanto, o estado de conforto de um certo indivíduo depende também de fatores exteriores às condições atmosféricas, tais como a capacidade de adaptação a um determinado ambiente, a motivação e comportamento, ou seja, fatores pessoais (Baltazar, 2010). No que diz respeito ao conforto térmico, a *American Society Of Heating, Refrigeration, and Air-conditioning Engineers (ASHRAE)* define este da seguinte forma: Estado mental que expressa a satisfação do indivíduo com o ambiente térmico envolvente.

Na sua generalidade, os modelos do balanço energético do corpo humano assumem condições estacionárias em que os indivíduos permanecem por um período de tempo prolongado num ambiente térmico inalterado (VDI, 1998). “A obtenção de um resultado nulo no balanço energético pressupõe condições estáveis. Em situações de variação do ambiente atmosférico, é possível a ocorrência de resultados “não nulos” do balanço energético (implicando variações da temperatura corporal) o que só pode ser suportado por curtos períodos de tempo. São, portanto, necessários ajustamentos nos fluxos energéticos para repor o equilíbrio térmico” (Andrade 2003).

O processo de modelação do balanço térmico humano conta já com mais de 70 anos, e a maior parte da pesquisa experimental foi alcançada na área da medicina ocupacional e militar, e espaços de clima interior artificial criados pelo homem (Blazejczyk et al., 2010). No decorrer dos anos têm sido realizados vários estudos sobre o conforto térmico, o que tem levado a um desenvolvimento de diversos modelos de enorme complexidade, permitindo por sua vez chegar a índices de fácil utilização, que expressam a influência das variáveis atmosféricas e pessoais mais relevantes para o conforto térmico (Andrade, 1998).

O autor diz-nos ainda que a principal dificuldade da análise das interações entre a atmosfera e os seres humanos, reside no fato de os diferentes elementos climáticos não atuarem separadamente, mas de forma combinada, e a tentativa de expressar a ação das condições atmosféricas sobre o conforto térmico, através de um índice, tem sido um dos objetivos principais da Bioclimatologia humana.

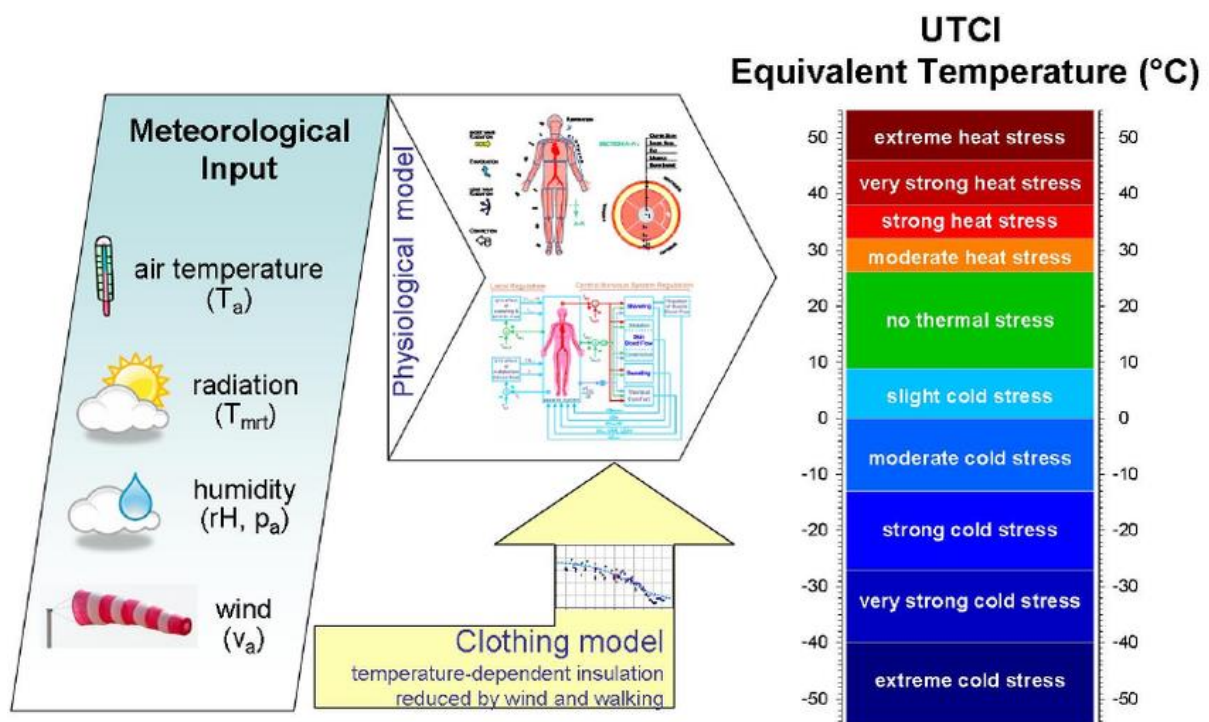
De acordo com Parsons (1993), o principal objetivo da bioclimatologia humana passa por produzir índices que expressam a combinação da influência dos fatores térmicos complexos no corpo humano. No entanto, apesar da existência de vários modelos na atualidade, estes geralmente ou não são aceites ou a sua validade está restrita a um certo limite de condições ambientais. (Blazejczyk et al, 2010).

Tendo em conta que os turistas procuram geralmente destinos com determinadas condições atmosféricas, o uso de índices térmicos pode ser algo bastante útil (Matzarakis e Alcoforado, 2007). Isto porque os índices bioclimáticos, ao utilizarem uma combinação de vários parâmetros atmosféricos, permitem uma melhor avaliação do efeito do clima sobre a sensação e conforto térmico, como o caso do índice de Temperatura Fisiológica Equivalente (PET), desenvolvido por Mayer e Höppe (1987), que considera todos os elementos do complexo térmico, tendo igualmente em conta o vestuário e atividades constantes.

#### ***1.4.1.2. Universal Thermal Climate Index (UTCI)***

Com origem de desenvolvimento no ano de 1999, o *UTCI* é definido como a temperatura do ar (t) da condição de referência causando a mesma resposta de modelo (Blazejczyk et al, 2010). De acordo com o Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), tem em consideração as trocas de fluxos de calor bem como a termorregulação do indivíduo e reflete uma maior preocupação na modelação do balanço energético, pois considera os efeitos térmicos em todo o corpo, sendo independente das características do indivíduo, considerando como referência a atividade de uma pessoa com uma velocidade de 4 km/h.

“O *UTCI* foi desenvolvido seguindo o conceito de temperatura equivalente. Isto envolve a definição de um ambiente de referência com 50% de humidade relativa (mas com pressão de vapor a não ultrapassar os 20 hPa), com ar calmo e temperatura radiante equivalente à temperatura do ar, ao qual as outras condições climáticas são comparadas. Condições fisiológicas equivalentes baseiam-se na equivalência da resposta fisiológica dinâmica prevista pelo modelo para a o ambiente de referência e atual” (Matzarakis et al., 2014). O *UTCI* segue os conceitos de índices térmicos como o *PET* ao combinar o vento, radiação, humidade e temperatura do ar, como é possível verificar-se na Figura 6.



**Figura 6** – Modelo do Universal Thermal Climate Index (Bröde et al, 2009)

De acordo ainda com este estudo realizado por Matzarakis, Muthers e Rutz (2014), concluiu-se que o *PET* e o *UTCI* são geralmente comparáveis. Contudo, uma comparação direta entre as classes do *PET* e do *UTCI*, isto devido à definição de “no thermal stress” no *UTCI* (+9 até +26 $^{\circ}C$ ). Os autores concluem ainda que para condições quentes, tanto o *UTCI* como o *PET* podem ser usados indiferentemente, apesar do *UTCI* ser melhor face a ambientes quentes e húmidos.

O *UTCI* foi desenvolvido de modo a preencher os seguintes requisitos (Blazejczyk et al, 2010):

- Significante termo fisiologicamente em todo o âmbito de troca de calor;
- Válido em todos os climas, estações e escalas;
- Útil em aplicações chave na biometeorologia humana (e.g previsões diárias, avisos, mapas bioclimáticos regionais e globais, estudos epidemiológicos, e pesquisas de impactos climáticos)
- Independente das características das pessoas (idade, género, atividades específicas e roupa etc.)
- Representar um índice em escala da temperatura.

Segundo Blazejczyk et al, (2014) o *UTCI* pode ser calculado de duas diferentes formas. O primeiro método, conhecido por *Fiala's multi-node human physiology and thermal Comfort model* (FPC) baseia-se na resolução do modelo de balanço térmico, no qual o organismo humano é separado em dois sistemas interativos de termorregulação: o sistema ativo controlador e o sistema passivo controlador. A segunda forma por sua vez é representada com base num modelo de regressão, e consiste, como o próprio nome indica, numa função de regressão para cálculos rápidos do *UTCI*, em que não surge a necessidade de repetir a execução do modelo fisiológico atual, ao utilizar um método de cálculo que considera e valida todas as condições relevantes.

Tendo toda esta informação em conta, chega-se à conclusão que existe uma certa complexidade em estruturar um modelo do *UTCI*, pois vai sempre depender do caso de estudo em questão e do grau de sofisticação requerido. Por vezes, de modo a obter resultados mais práticos e úteis, é necessário simplificar, sendo possível omitir características pessoais dos indivíduos, tais como a idade, o género, atividades específicas e a roupa (Jendritzky et al., 2002). Este último método, mais simples e prático, sem todavia perder adequabilidade e aderência à realidade, foi adotado para o presente estudo.

## 1.4.2. Análise de redes

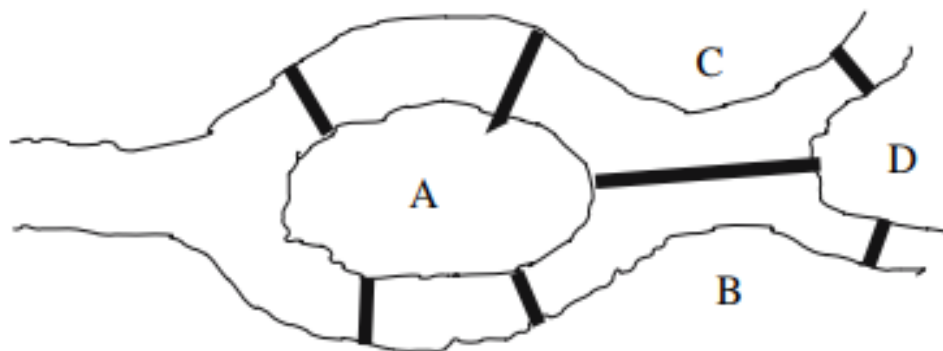
### 1.4.2.1. Teoria dos grafos

Shekhar e Xiong (2008) dizem-nos que no âmbito dos SIG, conceitos como o da Teoria dos grafos são extremamente úteis em expressar a estrutura espacial de entidades vistas como pontos, linhas, áreas e sólidos, após os detalhes geométricos destas entidades serem removidos.

A Teoria dos grafos é um sub-ramo da Matemática com grande potencial de adaptação na resolução de problemas reais, de matriz geográfica ou seja espacial, pois são muitas vezes considerados uma ferramenta essencial para a resolução de problemas reais; isto porque muitas das vezes, grande parte da algoritmia já existe e o obstáculo reside na capacidade de formular o nosso problema sob a forma de grafo (um conjunto de nós ligados por arcos) e assim perceber a teia de relações que se estabelecem, e por conseguinte a intensidade daí decorrentes, de uns nós com os outros.

Nesta temática é importante referir o matemático e físico suíço Leonhard Euler, e a solução do problema das sete pontes de Königsberg, atual cidade de Kaliningrad na Rússia por onde passa o rio Pregel, pois foi este problema que deu origem à Teoria dos grafos (Shekhar e Xiong 2008).

Tal como demonstra a Figura 7, as pontes em causa ligavam duas ilhas (A e D) entre si e as ilhas com as margens (B e C), e o problema consistia na possibilidade de sair de uma das ilhas, passando apenas uma única vez por cada uma das pontes, regressando depois novamente ao ponto de partida. Euler concluiu que não existia solução possível, uma vez que seria necessário construir mais uma ponte, pois o caminho desejado não é possível em qualquer grafo com mais de dois nós e um número ímpar de arcos.

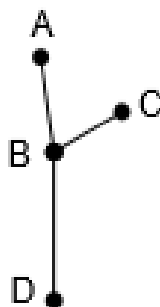


**Figura 7** – Problema das pontes de Königsberg (Shekhar e Xiong, 2008)

Com esta descoberta de Leonhard Euler em 1736 ficou a mensagem de que os grafos permitem constatar as propriedades que as redes têm escondidas nas suas estruturas e que limitavam a forma como até aí eram vistas e trabalhadas (Morgado, 2010).

Shekhar (2008) afirma que a aplicação da Teoria dos grafos estende-se a várias ciências e engenharias, como no caso da análise espacial de redes, pois o facto da Teoria dos grafos ter origem no problema das pontes de Konisgberg veio provar a conexão que existe entre os grafos e redes espaciais. Tem-se vindo a notar igualmente a aplicação da Teoria dos Grafos na geografia, na modelação de sistemas de fluxos, muitas vezes como grafos hierárquicos. Para além destas aplicações, a temática expande-se ainda num extenso aglomerado de domínios do conhecimento, desde os campos da computação gráfica, a estruturas moleculares em química, modelação de redes sociais, entre outros.

Resumidamente, como está representado na Figura 8, um grafo  $G=(N,A)$  consiste num conjunto  $N$  de nós ou vértices ligados por um conjunto  $A$  de arcos ou arestas, sendo que os nós são representados por pontos e os arcos são representados por linhas. A rede do metropolitano de lisboa pode ser considerada como um bom exemplo de um grafo, em que as estações do metro são representadas por pontos e as ligações existentes entre as estações próximas são representadas por segmentos.



**Figura 8** – Grafo (G) (Morgado,2010)

São vários os conceitos que se podem atribuir aos grafos, quanto à sua topologia, e.g. simples, gerais, nulos, desconexos, completos, em árvore, floresta, regulares, irregulares, platónicos, bipartidos, infinitos, isomórficos,... (Morgado, 2010)

Para além dos já referidos anteriormente, existem ainda alguns conceitos que não devem deixar de ser referidos e cujas definições por vezes podem ser pouco claras, tais como (Morgado, 2010):

- Acessibilidade – Possibilidade de se poder aceder a um local, ou conjunto de locais, estando fortemente dependente da conectividade.
- Caminho – Percurso no qual não existe uma repetição dos nós.
- Circuito – É um caminho que se inicia e termina no mesmo nó, não passando duas vezes pelo mesmo arco.
- Conetividade – Quando existe uma ligação entre lugares, neste caso ligação entre nós.
- Dimensão – Número total de arcos.
- Distância Topológica – consiste na distância entre os nós e é medida a partir do número de arcos que separam os respetivos.
- Rede em Árvore – Consiste numa rede sem qualquer circuito.

Ainda segundo à sua composição, os grafos podem ser considerados como planares quando as relações entre lugares podem estabelecer-se em apenas duas dimensões, isto é, encontram-se no mesmo plano e quando ocorre um cruzamento de arcos forma-se por sua vez um nó na rede (Kansky, 1963). Ou então, podem ser considerados como não planares, ocorrendo em situações em que o grafo encontra-se em dois ou mais planos (Kansky, 1963), ou seja, em mais do que duas dimensões.

Nos grafos, pode-se ainda dizer que a localização e a distância absoluta deixam de existir, isto porque estamos perante uma estrutura topológica em que a distância é medida com base nas medidas de acessibilidade, tendo como exemplo o caso do caminho mais curto.

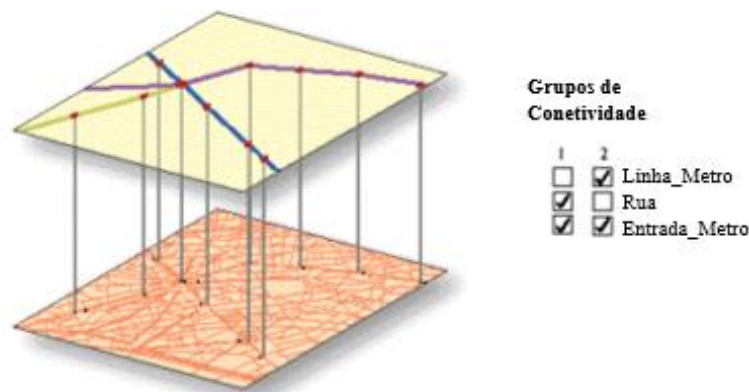
#### **1.4.2.2. Análise de redes em SIG**

“As análises de rede em SIG reside em grande parte na fundação teórica das sub-disciplinas matemáticas da teoria dos grafos e topologia” (Curtin, 2007).

Existem três tipos de elementos utilizados na construção das redes: os arcos, os nós e as regras de viragem (*turns*). Os arcos são os elementos da rede que estão ligados a outros elementos (nós) e correspondem às ligações através das quais ocorre o processo de movimentação. Os nós por sua vez, estabelecem a ligação entre os arcos e facilitam a navegação de um arco para outro. Por fim, as regras de viragem armazenam informação sobre o movimento entre dois ou mais arcos (ESRI, 2010)

Uma rede pode então ser definida como um sistema de elementos interligados, tais como neste caso pontos conectados por linhas, e a conetividade é extremamente importante uma vez que permitem a navegação pela rede. A rede incorpora um modelo de conetividade que permite

representar cenários complexos, como por exemplo redes de transporte multimodais, como é possível observar-se na Figura 9. Garantir que os arcos e os nós são formados corretamente torna-se desta forma um aspeto extremamente importante, daí a relevância na definição de regras de conectividade, devido à enorme complexidade que reside no processo de modelação da realidade.



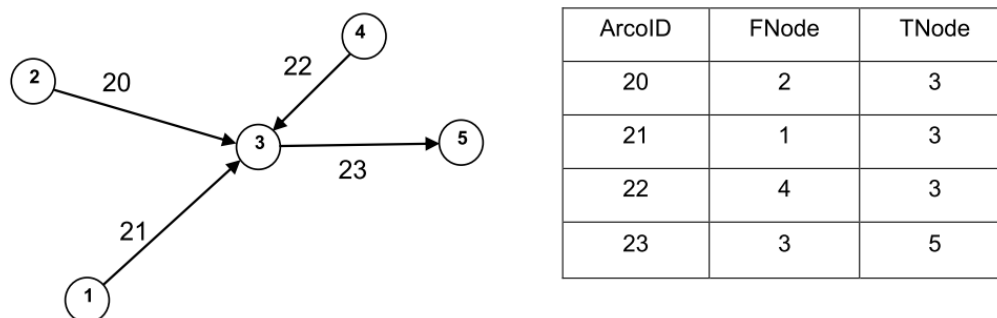
**Figura 9** – Exemplo de uma rede multimodal com linhas do metro e ruas (Adaptado de ESRI, 2010)

Um outro aspeto que também deve ser tido em consideração recai sobre os atributos da rede, correspondendo às propriedades de cada um dos elementos da rede que controla a acessibilidade sobre a mesma. Exemplos de atributos incluem: i) o tempo de viagem tendo em conta o comprimento das ruas, ii) as ruas que são restritas a determinados veículos, iii) as velocidades permitidas em cada uma das ruas, e até mesmo quais as que são de apenas um sentido.

Os atributos têm cinco propriedades básicas: nome, tipo de uso, unidades, tipo de dados, e usabilidade predefinida. Adicionalmente, têm um conjunto de tarefas que definem os valores para os elementos (ESRI, 2010).

O “tipo de uso” especifica como os atributos vão ser usados durante a análise, sendo identificado como custo, descritivos, restrição, ou hierarquia, enquanto as unidades de atributos de custo podem estar associadas a unidades de distância ou de tempo (tais como centímetros, metros, milhas, minutos, e segundos), ao invés de unidades descritivas, hierárquicas ou de restrição que têm unidades desconhecidas. Os tipos de dados podem ser booleanos, inteiros, *float*, e *double*. Por exemplo, os atributos de tipo custo não podem ser booleanos, enquanto os de restrição são sempre booleanos, e os de tipo hierárquico são sempre inteiros (ESRI, 2010).

Um outro aspeto relevante a ter em conta na construção de redes em ambiente SIG, reside na capacidade que tem de armazenamento numa base de dados relacional, o que significa que serão atribuídos identificadores (ID) a cada nó de origem e de destino, e a cada um dos arcos (Morais, 2013), tal como é possível observar-se na Figura 10.



**Figura 10** – Representação do modelo arco-nó e respetiva tabela (Morais, 2013)

Segundo Curtin (2007), as redes atualmente implementadas nas ferramentas dos SIG estão dominadas por funções de rota, sendo estas o ato de seleccionar o percurso a viajar, e é sem dúvida a operação logística mais fundamental nas análises de rede. Geralmente, o objetivo mais comum passa por minimizar o custo da rota. O custo pode ter diferentes significados, dependendo da situação, apesar de geralmente ser definido com base numa função de distância, tempo ou impedimento de atravessamento da rede.

Existem ainda diversos algoritmos extremamente eficientes em determinar o caminho mais curto entre dois pontos, tendo como mais citado o desenvolvido por Edsger Dijkstra (1959). A maior parte das funcionalidades presentes na extensão *Network Analyst* do *ArcGIS* funciona com base neste algoritmo, e esta extensão torna possível a criação de redes e realização de uma análise das mesmas, possuindo um modelo de atributos que ajuda a desenvolver modelações de impedâncias, restrições, e hierarquias, e em que o *dataset* é construído a partir de linhas, pontos e *turns*.

E é com base nesta extensão, que foi desenvolvida uma análise de redes no presente relatório de estágio, visto ser um modelo bastante utilizado na conceção de redes de transporte, ou como para o caso de estudo, redes de percursos pedonais. O processo de construção da rede em ambiente SIG será explicado mais à frente no capítulo 4.

## **Capítulo 2**

---

### **Enquadramento da área de estudo**



Localizado no sul da Europa, Portugal pertence ao grupo de países europeus com uma posição privilegiada no que diz respeito às condições climáticas, tendo recebido quase 7.7 milhões de turistas em 2012, ainda segundo a UNWTO, alcançando o sexto lugar no que diz respeito ao número de chegadas de turistas em países do sul da Europa e região mediterrânea, depois de Espanha, Itália, Turquia, Grécia e Croácia.

Segundo o relatório público mais recente de atividades de Turismo em Portugal de 2015, este foi o ano com melhor desempenho, em que as receitas neste setor de atividade atingiram um novo recorde ao crescer 9,3% para um máximo nunca antes atingido de 11.362 milhões de euros. “Alcançou-se novos máximos históricos no número de hóspedes e dormidas nos estabelecimentos hoteleiros, aldeamentos e apartamentos turísticos, o que demonstra a consolidação da atividade turística” (Turismo de Portugal, 2015).

Conforme Henriques (2003), a procura turística em Lisboa tem vindo a crescer nas últimas décadas, e tal acontecimento pode ser explicado devido às temperaturas agradáveis típicas da região que derivam de fatores geográficos como a latitude e proximidade com o Oceano Atlântico (Machete, et al., 2014). Contudo, não podemos esquecer que a conjuntura social e política do Mundo, com o terrorismo a causar insegurança em muitos países concorrentes de Portugal neste setor, tem contribuído para este crescimento a nosso favor.

No entanto, as condições climáticas na região mediterrânea não são a única explicação de atração de turistas, pois este fenómeno resulta também tendo em consideração fatores como a presença de praias, riqueza paisagística e herança cultural, entre outros.

Os estudos do impacto de mudanças climáticas podem ser categorizados como qualitativos e quantitativos. No primeiro caso, é providenciada informação sobre a vulnerabilidade e direção da mudança climática. Contudo, não providencia estimativas dessas alterações na procura. No caso dos estudos de impacto quantitativos, estes podem ser categorizados em quatro grupos distintos: i) estudos que preveem mudanças no abastecimento de serviços turísticos; ii) estudos que usam índices de clima turístico para prever a mudança da atratividade climática; iii) estudos que usam relações estatísticas entre procura e estado de tempo ou clima de forma a estimar as mudanças na procura; e por fim, modelos de simulação de fluxos de turismo (Bigano et al., 2008).

## **Capítulo 3**

---

### **Metodologia e tratamento dos dados**

### 3. Metodologia e tratamento dos dados

#### 3.1. Modelo concetual

Tendo recolhidos os dados necessários para o desenvolvimento do projeto, optou-se por utilizar o *software ArcMap 10.5 for Desktop* como plataforma de tratamento dos dados geográficos, modelação das variáveis e posterior análise espacial e desenvolvimento do mapa base. Foram ainda utilizados os *softwares WASP Engineering*<sup>1</sup> (versão 8.3) para o cálculo e simulação do vento, o *software Rayman*<sup>2</sup> para o cálculo da temperatura radiativa média e validação dos valores do *UTCI*, e também o *software SPSS*<sup>3</sup> para a elaboração da regressão linear múltipla no tratamento da variável da temperatura do ar.

Após realizadas estas tarefas de tratamento dos dados e modelação das variáveis climáticas, procedeu-se de seguida à elaboração da rede a partir de um ficheiro em formato *shapefile* com informação relativa às ruas e vias da cidade de Lisboa, de modo a inserir os atributos em análise.

Para tal foram realizados os seguintes passos:

1. Levantamento e cálculo dos atributos dos arcos da rede em ambiente SIG;
2. Definição da função de custo e fatores de custo para cada variável/característica das vias;
3. Aplicação do algoritmo do caminho de menor custo sobre a rede.

Criada a rede, de modo a publicar na *web* toda a informação geográfica trabalhada previamente, foi criado um modelo de geoprocessamento através da ferramenta *model builder* do *ArcGIS*, uma linguagem de programação visual que permite criar, editar e gerir modelos e fluxos de trabalho. Tendo isto feito recorreu-se então a um servidor, neste caso o *ArcGIS Server*, e como plataforma de desenvolvimento da aplicação foi utilizado o *Web AppBuilder for ArcGIS*.

Na Figura 12, está representado um modelo concetual de todo o processo metodológico de elaboração do projeto, e todos estes passos são mais aprofundados nos seguintes capítulos do relatório.

---

<sup>1</sup> wasp@dtu.dk

<sup>2</sup> andreas.matzarakis@meteo.uni-freiburg.de

<sup>3</sup> spssadmn@us.ibm.com

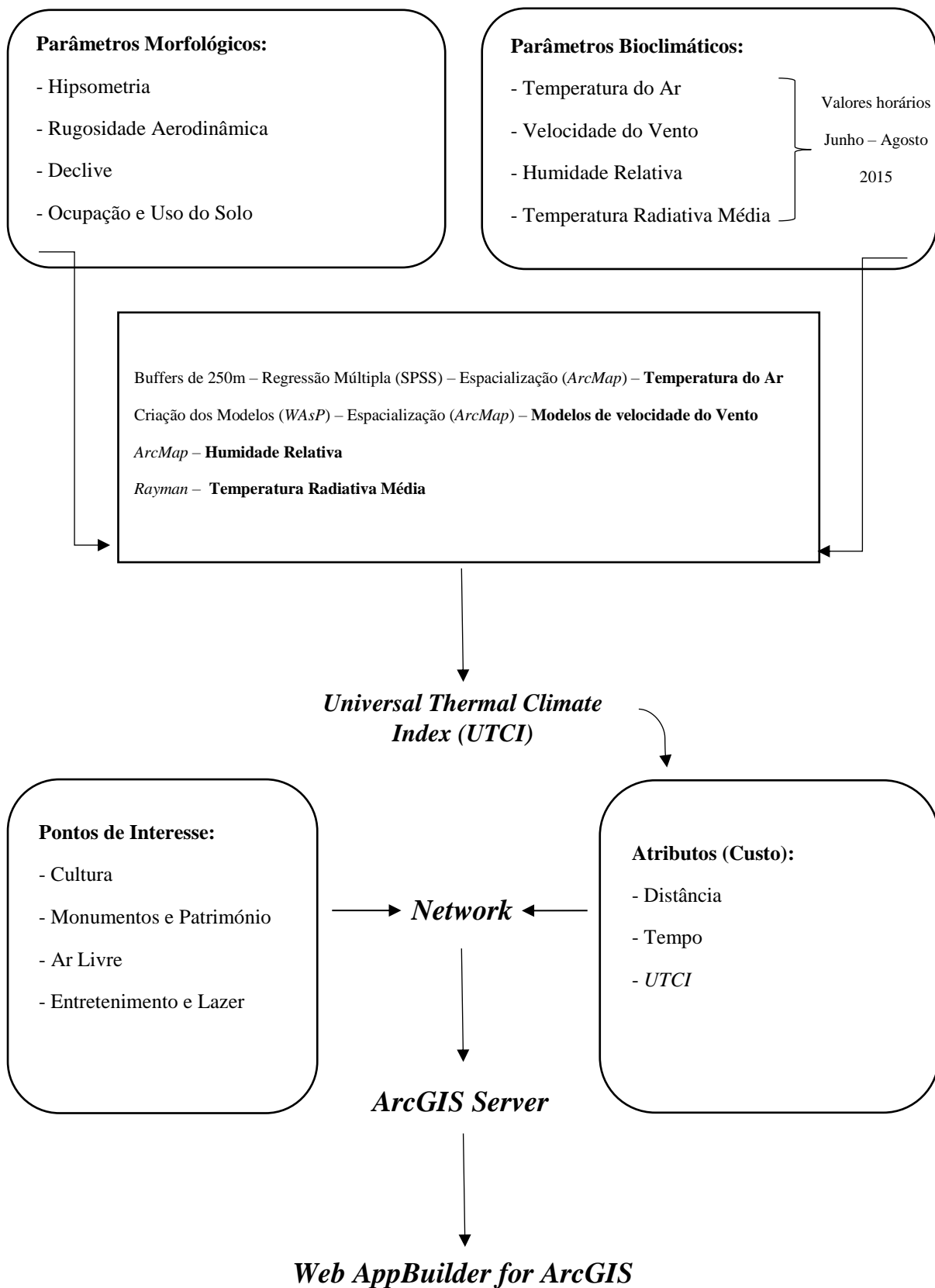


Figura 12 - Modelo Concetual

### 3.2. Recolha dos dados

Uma grande parte da informação geográfica necessária para o funcionamento da aplicação móvel corresponde aos pontos de interesse que existem no destino de turismo em causa, sendo neste caso a cidade de Lisboa. Os respetivos dados foram recolhidos através da plataforma de dados abertos georreferenciados - Geodados<sup>4</sup>, uma plataforma pertencente à câmara municipal de Lisboa e que dispõe de diversos dados geográficos sobre a cidade. Estes podem ser adquiridos sobre vários formatos, tais como *CSV*, *KML*, *Shapefile* e até mesmo como *API*.

É de realçar a relevância e constante crescimento da disponibilização de *Open Data* ou dados abertos, o que permite a partilha de informação com o público sem qualquer custo, e por sua vez o acesso, utilização e até mesmo modificação da mesma.

Uma vez que o tratamento e espacialização dos dados foi realizada em ambiente SIG, mais propriamente através do *ArcMap* versão 10.5, foram levantadas as *shapefiles* relevantes ao caso de estudo, tendo sido projetadas para o sistema de referência *WGS 1984 Web Mercator*.

Os pontos de interesse foram classificados com base em categorias distintas, como é possível observar na Tabela 1.

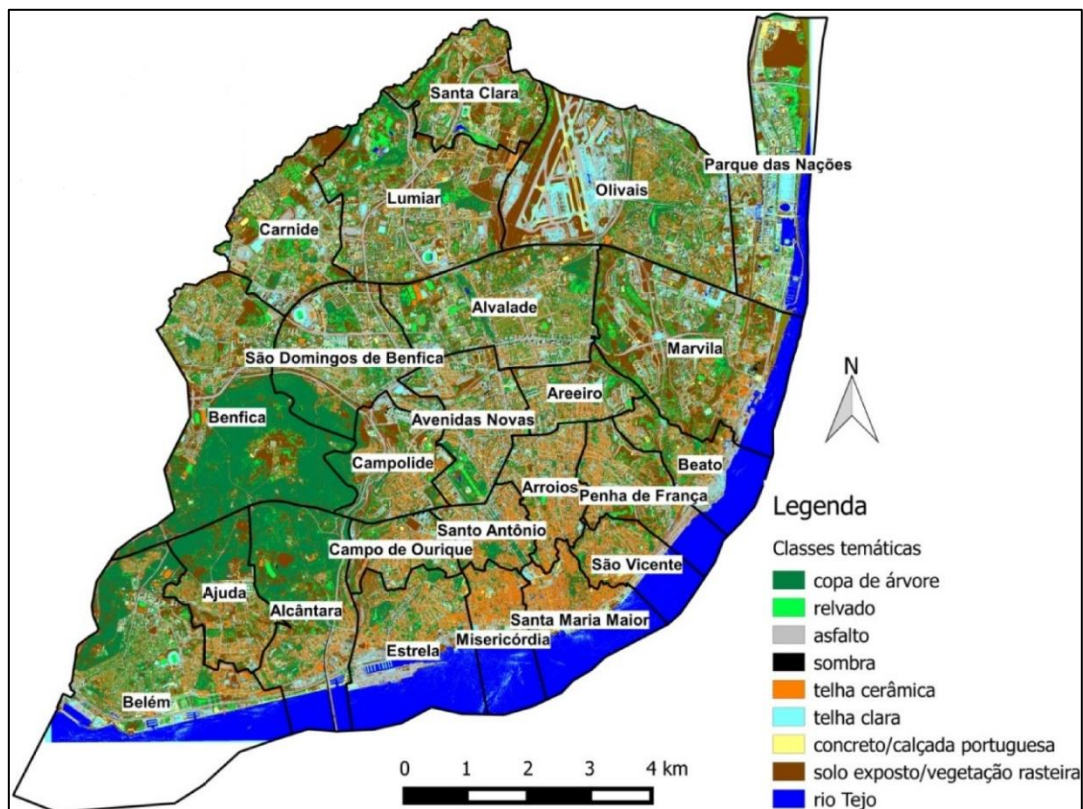
<b>Categorias</b>	<b>Tipo de Equipamento</b>	<b>Nº de Equipamentos</b>
<b>Cultura</b>	Museus	64
	Bibliotecas	194
	Galerias de Arte	76
<b>Monumentos e Património</b>	Geomonumentos	17
	Locais de Culto	29
	Monumentos	109
	Património Mundial	2
<b>Ar Livre</b>	Miradouros	18
	Parques e Jardins	147
<b>Entretenimento e Lazer</b>	Casino	1
	Cinema	12
	Música	10
	Teatro	50
<b>Comércio</b>	Grandes Superfícies Comerciais	13
	Feiras e Mercados	54

**Tabela 1** - Pontos de Interesse recolhidos para o caso de estudo

<sup>4</sup> <http://geodados.cm-lisboa.pt/>

No caso da categoria correspondente ao comércio, relativamente às grandes superfícies comerciais, foram consideradas apenas as grandes superfícies comerciais, com base no número de lojas que albergam. Foi tido em conta igualmente o centro comercial El Corte Inglés, que apesar de apresentar uma estrutura diferente dos restantes, pois não existe uma diferenciação entre lojas no interior deste estabelecimento, encontra-se no top 3 de centros comerciais da cidade no que diz respeito à Área Bruta Locável (ABL).

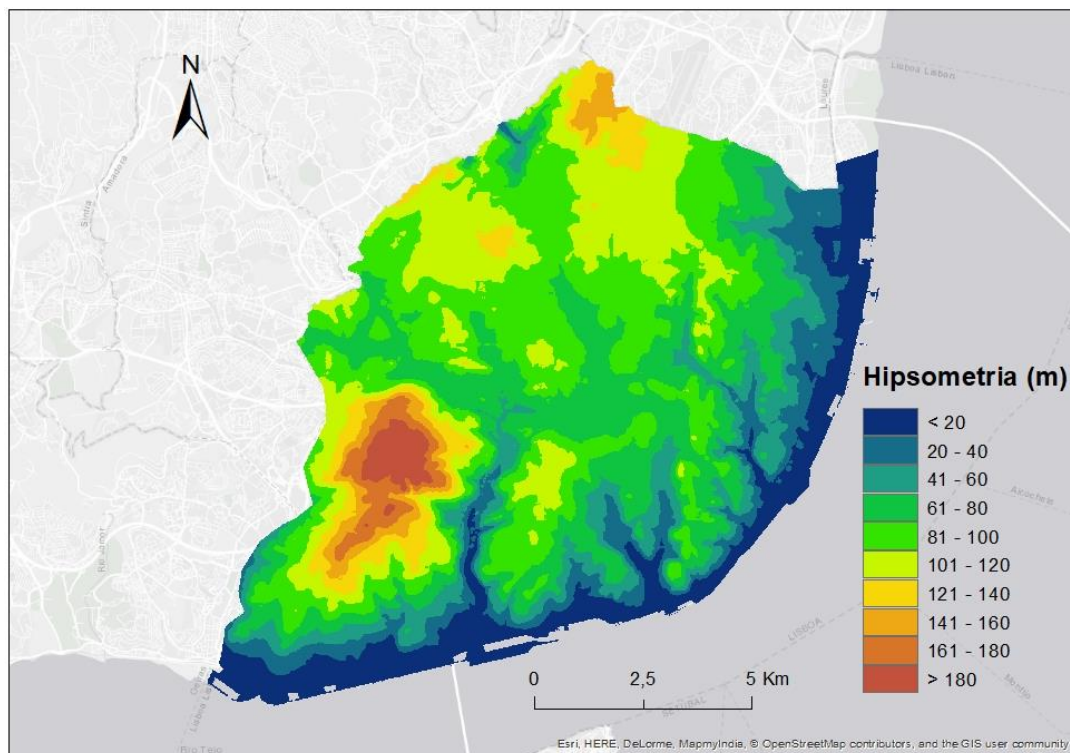
Os parques e jardins foram também considerados como áreas de interesse para os turistas e como fonte, não apenas para mapeamento dos espaços verdes, a informação de uso e ocupação do solo foi trabalhada recorrendo a um ficheiro em formato matricial (raster) bastante pormenorizado, com células de 2x2 metros, resultante do estudo de Mendes (2015), representado na Figura 13. O estudo incide sobre a quantificação da cobertura arbórea na cidade de Lisboa, classificando o uso e ocupação do solo, avaliando a importância da banda do infravermelho próximo na classificação supervisionada de imagem de satélite e na discriminação das classes de vegetação na cidade.



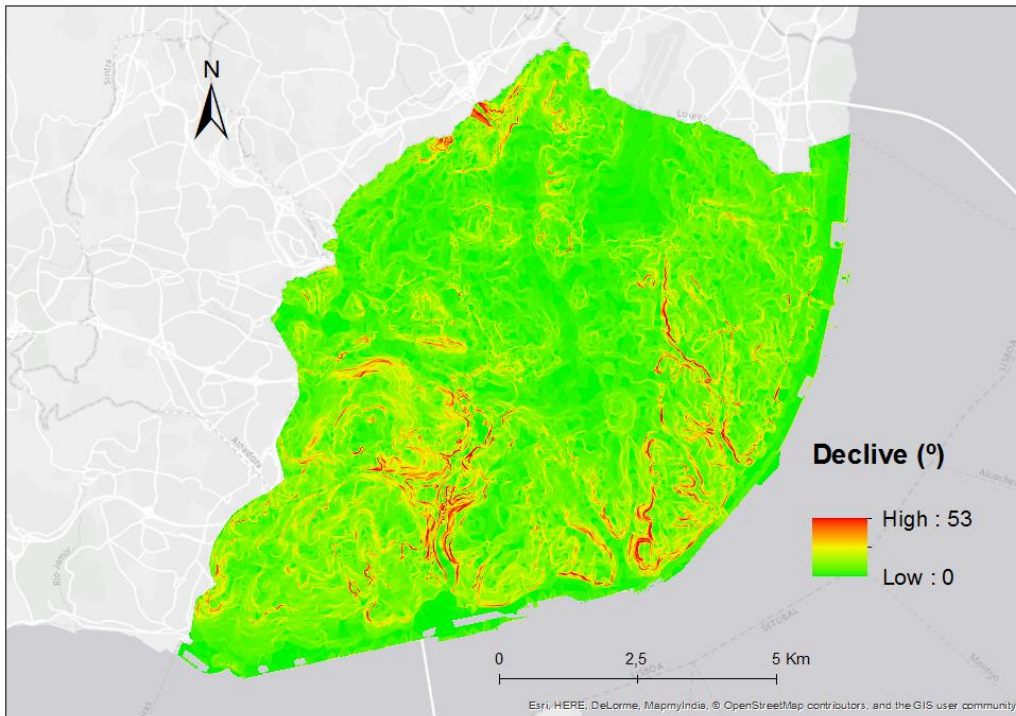
**Figura 13** - Classificação supervisionada para Lisboa, com as respetivas classes de cobertura do solo (Mendes, 2015)

Foi necessário agrupar algumas das classes: de forma a criar uma classe que diga respeito à presença de áreas verdes, composta pelas sub-classes copa de árvore, relvado e ainda solo exposto/vegetação rasteira; uma classe de edificado, composta pelas sub-classes telha cerâmica e telha clara; e ainda o asfalto e calçada.

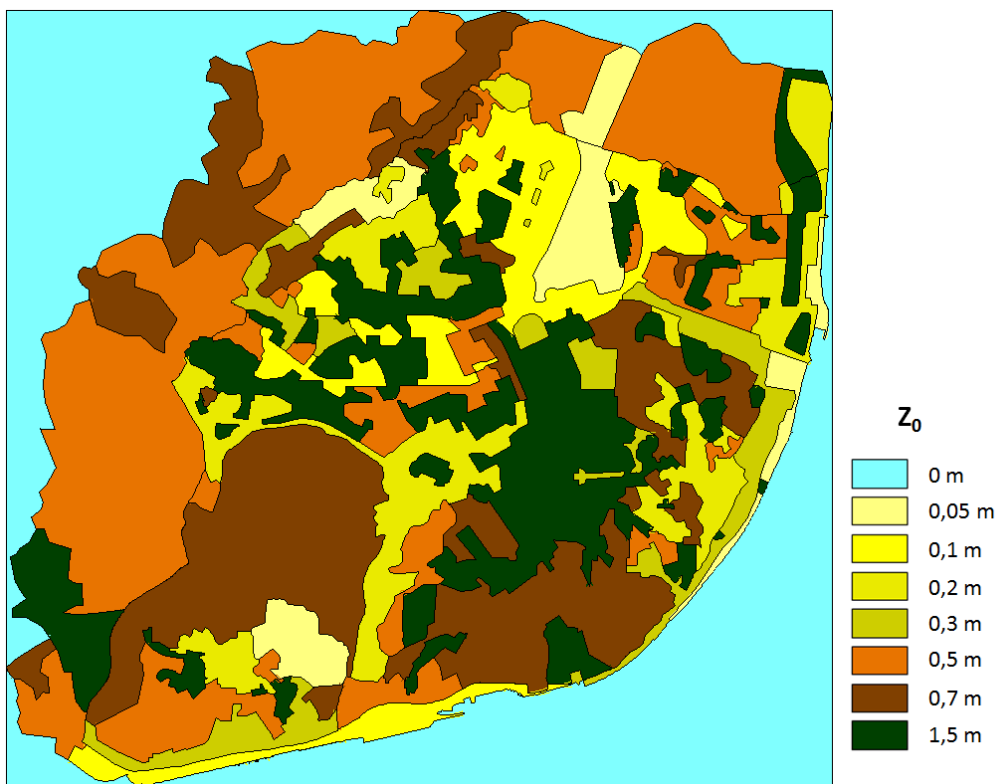
Em relação aos restantes dados utilizados, no caso daqueles que correspondem às características morfológicas do território da área de estudo, foi criado um Modelo Digital do Terreno (MDT) com base nos ficheiros criados pelo Instituto Português da Geografia, das curvas de nível e pontos de elevação a uma escala de 1:10 000 metros, visível na Figura 14. Foi necessário ainda realizar um mapa de declive, presente na Figura 15, e ainda um de rugosidade aerodinâmica, representado na Figura 16, tendo este último sido desenvolvido por Sofia Baltazar (2010) e adaptado para o presente caso de estudo.



**Figura 14** – Modelo Digital do Terreno de Lisboa



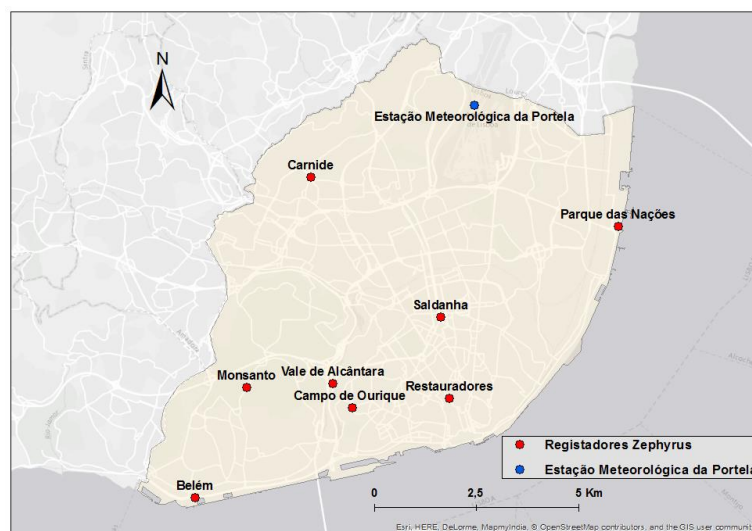
**Figura 15** – Declive (°) de Lisboa



**Figura 16** – Rugosidade de Lisboa

Quanto à informação climatológica, foram recolhidos ainda os dados climáticos necessários para calcular o *UTCI*. Para tal, foi necessário determinar um certo período de tempo de análise para o presente projeto, mais propriamente o verão de 2015 (junho, julho e agosto), durante o período diurno. A escolha do Verão como período de análise, por um lado deve-se ao facto de coincidir com a época do ano em que se verifica uma maior afluência por parte de turistas em Lisboa, enquanto por outro lado recai sobre a altura do ano em que pode existir um maior desconforto térmico nas ruas. Contudo, seria interessante realizar no futuro um estudo semelhante para a época de Inverno, com o propósito de comparar os resultados e as assimetrias que possam existir entre as duas estações do ano, assim como de estender o uso da aplicação, não estando restrita apenas à época do Verão. No que diz ainda respeito à escolha do ano de 2015 como ano de análise, esta é fundamentada devido ao facto de ser o ano mais recente com dados consistentes para a cidade de Lisboa.

Relativamente à fonte de dados de temperatura do ar, estes foram fornecidos pelo grupo de investigação em Sistemas Ambientais e Alterações Climáticas, ZEPHYRUS<sup>5</sup>, através de 8 estações meteorológicas dispersas pela cidade de Lisboa. A rede é composta por estações em Carnide, Parque das Nações, Saldanha, Restauradores, Campo de Ourique, Vale de Alcântara, Belém, Monsanto e Bairro Alto. Enquanto os dados de vento e humidade relativa, por outro lado, foram recolhidos através da estação meteorológica da Portela, situada no aeroporto Humberto Delgado. Na Figura 17 estão representadas os vários registadores do grupo Zephyrus e a estação meteorológica da Portela.



**Figura 17** - Localização da estação meteorológica da Portela e dos registadores da Zephyrus

<sup>5</sup> <http://zephyrus.ulisboa.pt>

### 3.3. Tratamento dos dados

#### 3.3.1. Variáveis climáticas

##### 3.3.1.1. Vento

Segundo Lopes e Alcoforado (2011), a velocidade do vento tem um impacto físico nas pessoas, ao dispersar poluentes e diminuindo os valores de temperatura no verão.

No caso da simulação dos dados de vento, recorreu-se a uma licença temporária do programa *WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program) Engineering*, um programa com componente forte na avaliação de recursos eólicos. Para tal, foram utilizados os dados de vento correspondentes às horas do período de tempo já analisado e referido anteriormente, de junho a agosto do ano de 2015.

Como fonte de informação, as medições de vento foram recolhidas através da estação localizada na Portela, a uma altitude aproximada de 10 metros, sendo necessário depois recalcular para 2 metros de altitude. Visto que uma simulação pelo programa *WAsP* requer informação sobre a topografia da superfície da área de estudo, para este caso foram utilizadas curvas de nível fornecidas pelo Instituto Geográfico Português, com equidistância de 10 metros, e o mapa de rugosidade já referido anteriormente, para uma altura 10 metros acima do solo, sendo esta a altura da estação de referência.

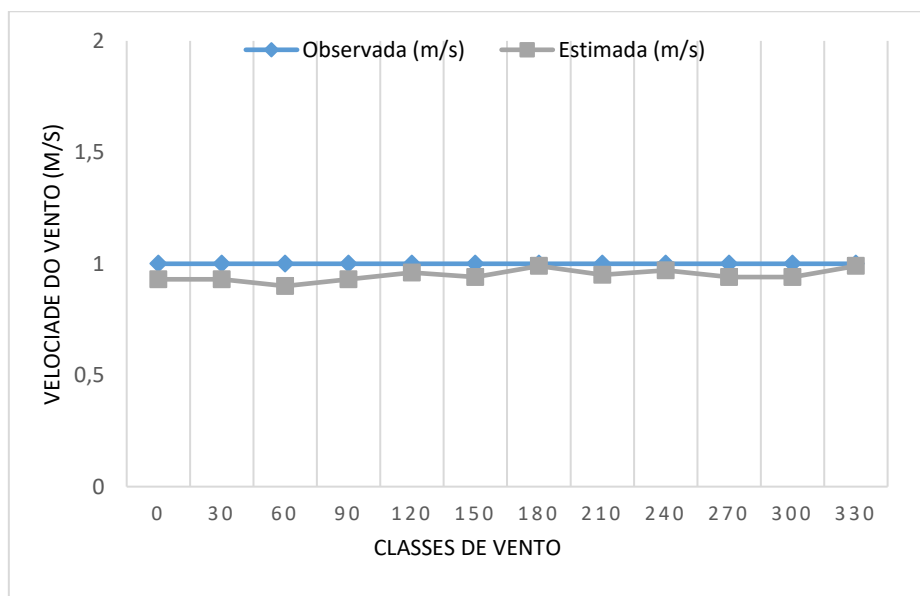
Foram desenvolvidos 12 modelos distintos, correspondentes aos pontos cardeais Norte (0°), Este (90°), Sul (180°) e Oeste (270°), com espaçamento de 30° em 30° para cada uma das quatro velocidades de vento definidas, sendo estas de 1m/s, 3m/s, 6m/s e 10m/s, obtendo um total de quarenta e oito modelos de vento tal como é possível verificar na Tabela 2.

Classe	Observado (m/s)	Estimado (m/s)	Observado (m/s)	Estimado (m/s)	Observado (m/s)	Estimado (m/s)	Observado (m/s)	Estimado (m/s)
0	1	0,93	3	2,91	6	5,94	10	10,26
30	1	0,93	3	2,81	6	5,66	10	9,72
60	1	0,90	3	2,67	6	5,42	10	9,28
90	1	0,93	3	2,89	6	5,83	10	9,90
120	1	0,96	3	2,98	6	5,98	10	10,09
150	1	0,94	3	2,86	6	5,80	10	9,90
180	1	0,99	3	2,98	6	5,96	10	10,16
210	1	0,95	3	2,93	6	5,85	10	9,83
240	1	0,97	3	3,03	6	6,03	10	10,13
270	1	0,94	3	2,86	6	5,71	10	9,78
300	1	0,94	3	2,87	6	5,78	10	9,91
330	1	0,99	3	3,03	6	6,15	10	10,49

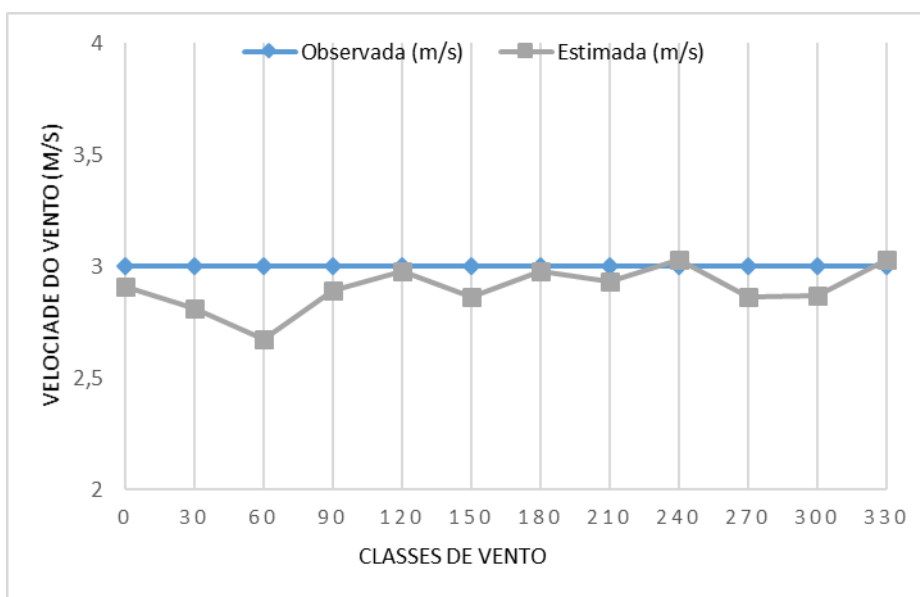
**Tabela 2** – Validação dos resultados de velocidade de vento definidos com os valores de velocidade de vento observados para a estação da Portela

Ao processar cada modelo, os valores de velocidade e direção do vento introduzidos, são os observados na estação da Portela, e são utilizados pelo *WAsP Engineering* para a estimação dos valores para o resto da cidade, em conjunto com o mapa de rugosidades e de curvas de nível, que se encontram em formato matricial, com tamanho de pixel de 25 metros.

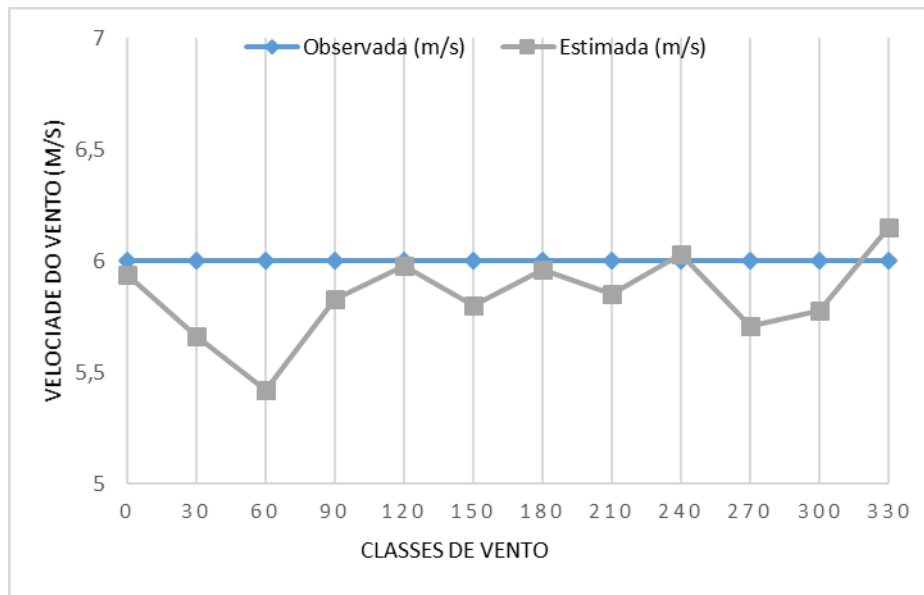
De forma a comprovar a veracidade dos resultados, procedeu-se a uma validação dos mesmos, como é possível verificar nas Figuras (18-21), onde estão presentes as 4 velocidades de vento introduzidas, de 1, 3, 6 e 10m/s respetivamente.



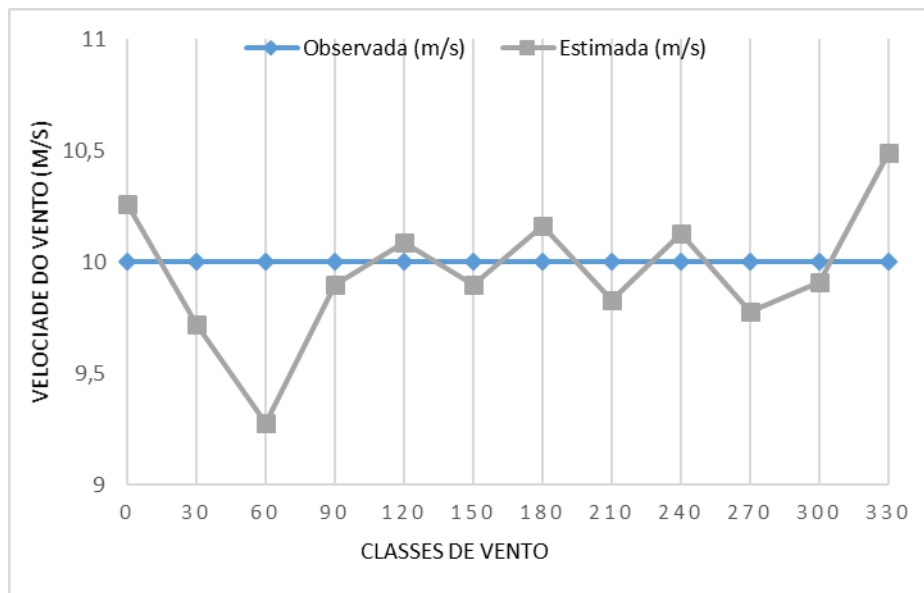
**Figura 18** – Validação da velocidade do vento a 1 m/s



**Figura 19** – Validação da velocidade do vento a 3m/s



**Figura 20** – Validação da velocidade do vento a 6 m/s



**Figura 21** – Validação da velocidade do vento a 10 m/s

Face a estes resultados, é possível constatar ligeiras alterações entre os valores estimados e os observados na estação da portela, notando-se uma diferença cada vez maior à medida que a velocidade de vento aumenta. Esta disparidade dos valores pode ser explicada devido às características de rugosidade, sendo mínimos na área do aeroporto onde se encontra a estação, como resultado da baixa rugosidade na zona, enquanto no centro de Lisboa, os decréscimos dos valores fazem-se sentir mais como consequência da maior densidade de edifícios.

Como indica a Tabela 3, de entre os vários modelos desenvolvidos foram escolhidos os que mais se adequam, ou seja, que apresentam o valor mais semelhante à velocidade de vento registada para cada um dos meses e respetivas horas.

Hora	Junho		Julho		Agosto	
	Direção (°)	Velocidade (m/s)	Direção (°)	Velocidade (m/s)	Direção (°)	Velocidade (m/s)
09:00	220	3,50	340	4,77	350	4,23
12:00	350	3,62	340	5,13	250	4,21
15:00	230	5,04	340	6,24	310	5,42
18:00	310	5,63	310	6,63	300	5,96
21:00	310	4,80	310	5,93	340	5,18

**Tabela 3** – Modelos de vento utilizados

### 3.3.1.2. Temperatura do ar

Diversos autores afirmam que as características geográficas do território podem ter influência na espacialização da temperatura do ar. Tendo isto em conta, foi realizada uma regressão linear múltipla de modo a verificar se existem relações entre os valores da temperatura do ar observados nas estações meteorológicas distribuídas pela cidade, estabelecendo estes como variável dependente, e algumas características geográficas de Lisboa como variáveis independentes, modelando a variação da temperatura do ar para toda a área de estudo.

Em primeiro lugar, optou-se por calcular a média de temperatura horária para cada um dos três meses. De seguida verificou-se quais as horas do dia em que ocorre uma maior variação dos valores, sendo 09:00, 12:00, 15:00, 18:00 e 21:00 horas do dia.

Para um raio de 250 metros em redor de cada uma das oito estações, foram calculadas as seguintes características do território (variáveis independentes): Altimetria, com base no modelo digital de terreno MDT produzido através das curvas de nível já referidas anteriormente na elaboração dos modelos de vento; distância à linha de costa calculada através da função de análise espacial “*Euclidian Distance*” presente no *ArcToolbox* do *ArcMap*; e foi calculada ainda a percentagem de espaços verdes, de presença de edifícios, de presença de asfalto e presença de calçada.

O termo *downscaling* de modelos climáticos consiste na tentativa de sobrepor informação a uma escala local sobre modelos climáticos de grande escala, e a regressão múltipla pode ser utilizada como um meio para atingir este fim. Este género de modelação possibilita o exame detalhado de áreas relativamente pequenas, com o objetivo de criar mais projeções locais

relevantes de padrões de estado de tempo a longo prazo para regiões, estados e cidades. (Cooney, 2012).

Para executar a regressão múltipla foi utilizado o programa *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)*, permitindo verificar a ordenação da importância que as variáveis possuem.

O termo regressão múltipla foi primeiramente utilizado por Pearson em 1908, e tem como propósito aprender mais sobre a relação entre diversas variáveis independentes e uma variável dependente.

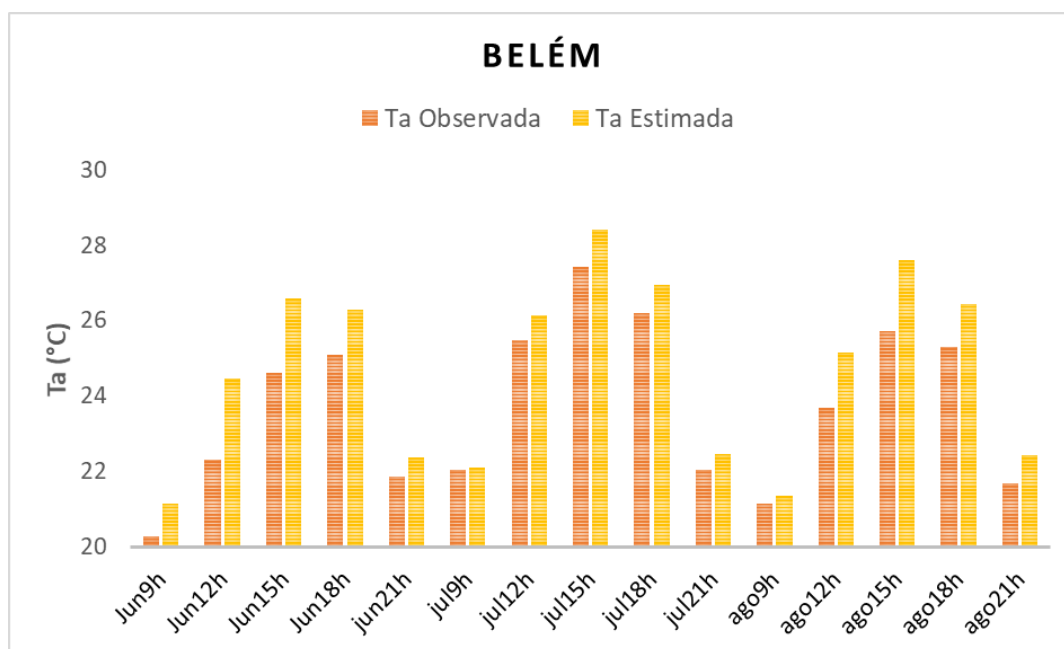
O método de regressão múltipla utilizado foi o de Stepwise, em que são selecionadas automaticamente as melhores combinações de variáveis independentes que foram correlacionadas com os valores de temperatura do ar, como indica a Tabela 4.

<b>Hora</b>	<b>Mês</b>	<b>Variáveis Relevantes</b>
09:00	Junho	Distância ao Rio / % Edifícios
12:00		% Asfalto
15:00		% Asfalto
18:00		Altitude
21:00		% Vegetação / Altitude / % Edifícios
09:00	Julho	Distância ao Rio / % Edifícios/ Altitude
12:00		Altitude / % Edifícios
15:00		Distância ao Rio / Altitude / % Edifícios
18:00		Distância ao Rio / % Vegetação
21:00		Altitude / % Edifícios / % Calçada
09:00	Agosto	Distância ao Rio / % Edifícios / Altitude
12:00		% Asfalto
15:00		Altitude
18:00		Altitude
21:00		Altitude / % Edifícios

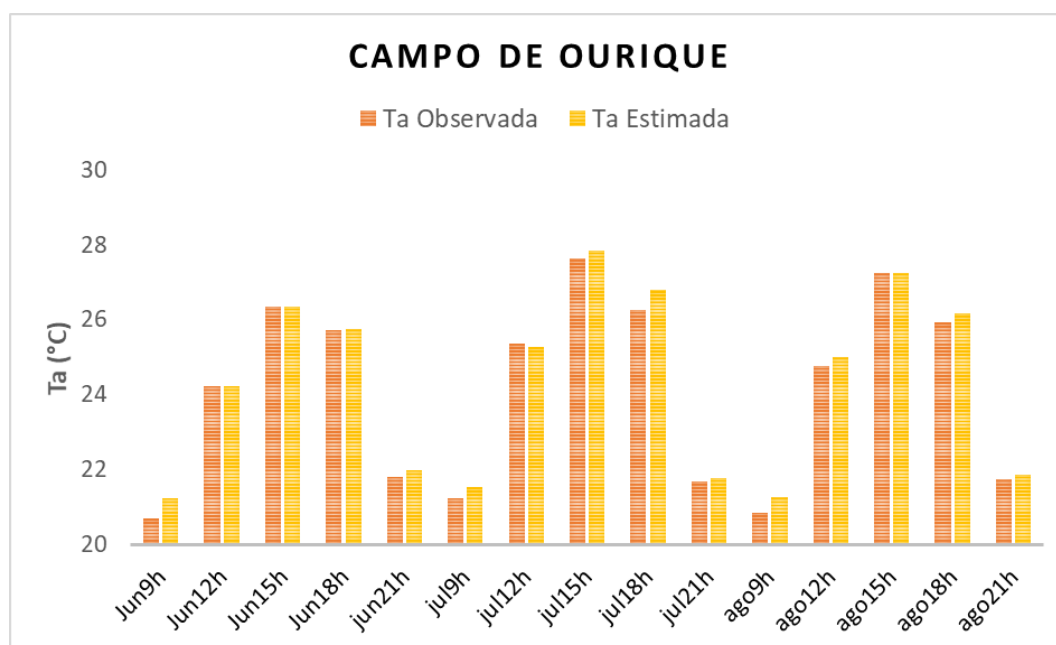
**Tabela 4** – Variáveis relevantes no cálculo da temperatura do ar através do método de regressão múltipla

Realizada a regressão múltipla, e sabendo desta forma, para o caso de estudo, quais as características do território que apresentaram uma maior relação com a temperatura do ar no período de tempo definido, a espacialização da mesma foi feita com base na equação resultante de cada uma das 5 horas para cada um dos 3 meses, pois tem em conta várias variáveis independentes e a correlação existente com a variável dependente, neste caso as que sobressaem mais do processo de regressão múltipla realizado, permitindo fazer uma melhor aproximação.

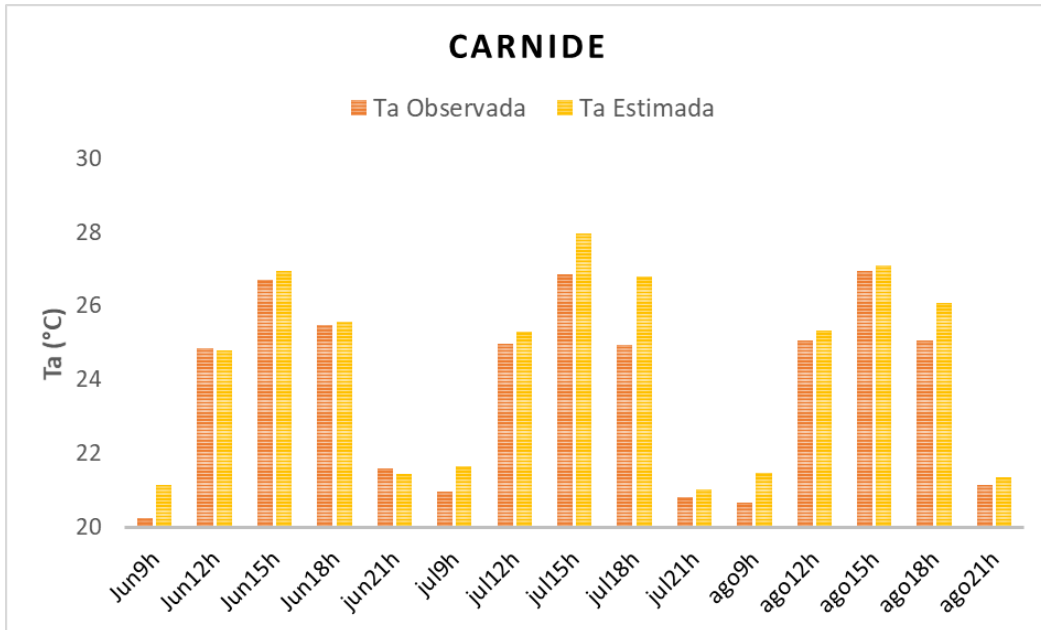
Aplicada a regressão múltipla e observando os valores da temperatura do ar espacializados na área de estudo, realizou-se uma validação dos mesmos ao comparar os valores observados nas estações com os valores estimados nos mapas. Como é possível constatar nas seguintes Figuras (22-29), não existe uma grande discrepância entre os valores observados e estimados.



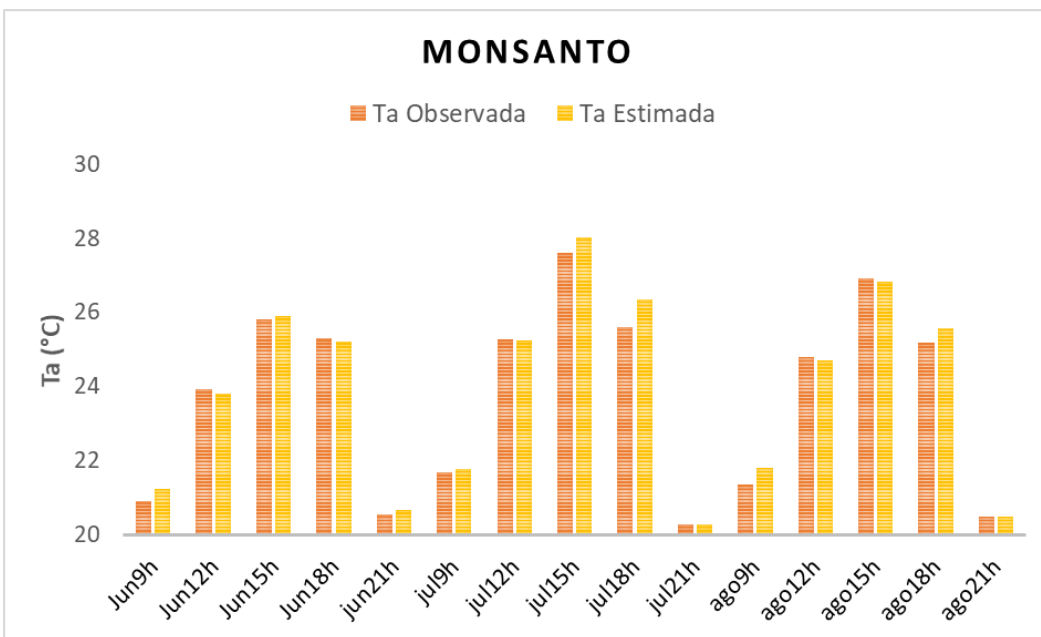
**Figura 22** – Validação dos valores da temperatura do ar na estação meteorológica de Belém



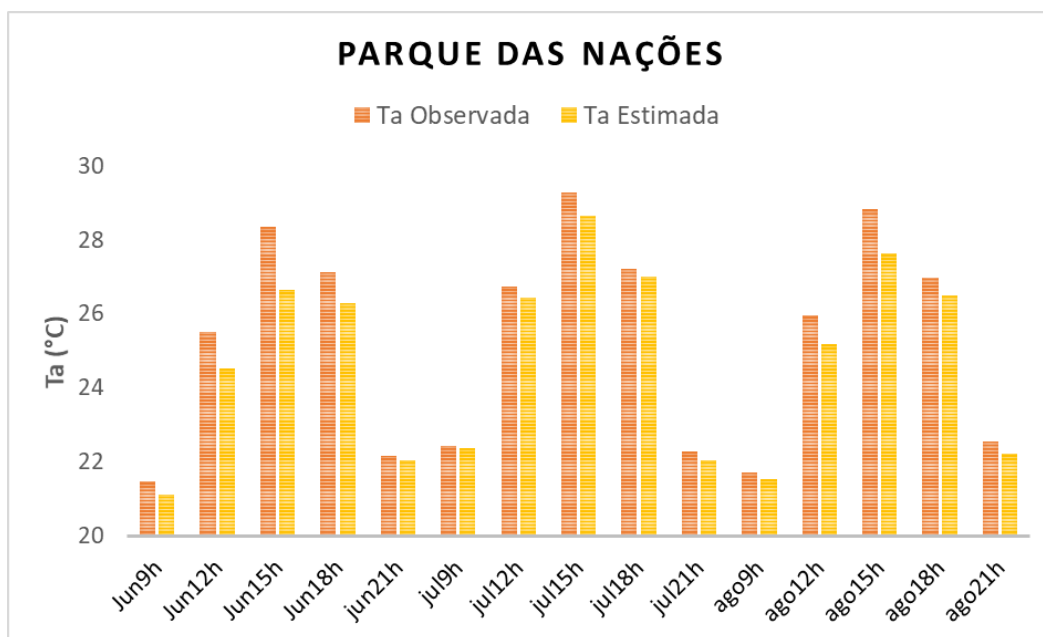
**Figura 23** – Validação dos valores da temperatura do ar na estação meteorológica de Campo de Ourique



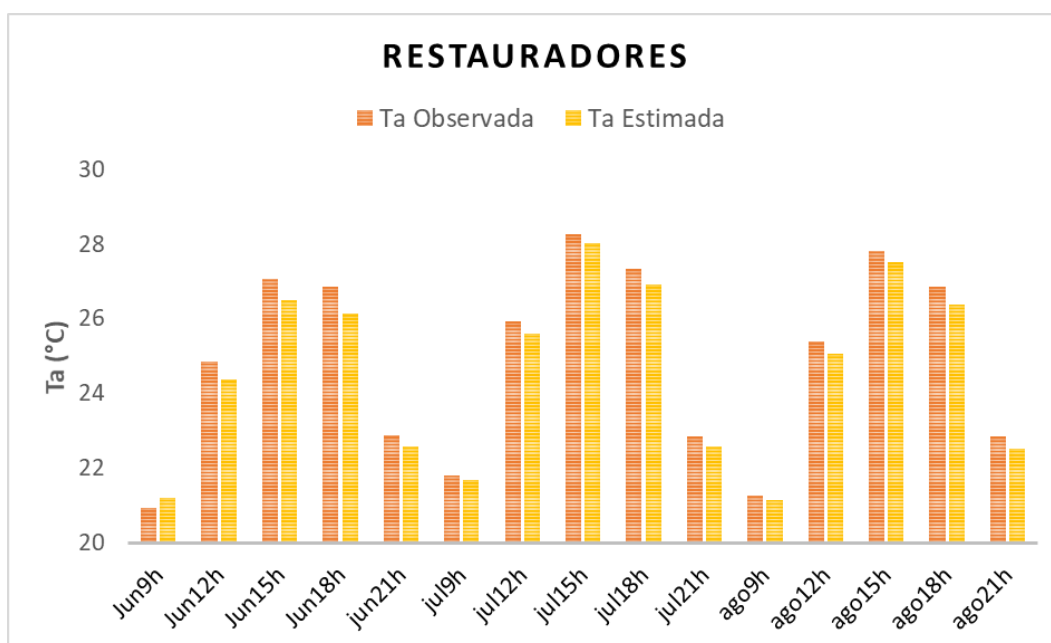
**Figura 24** – Validação dos valores da temperatura do ar na estação meteorológica de Carnide



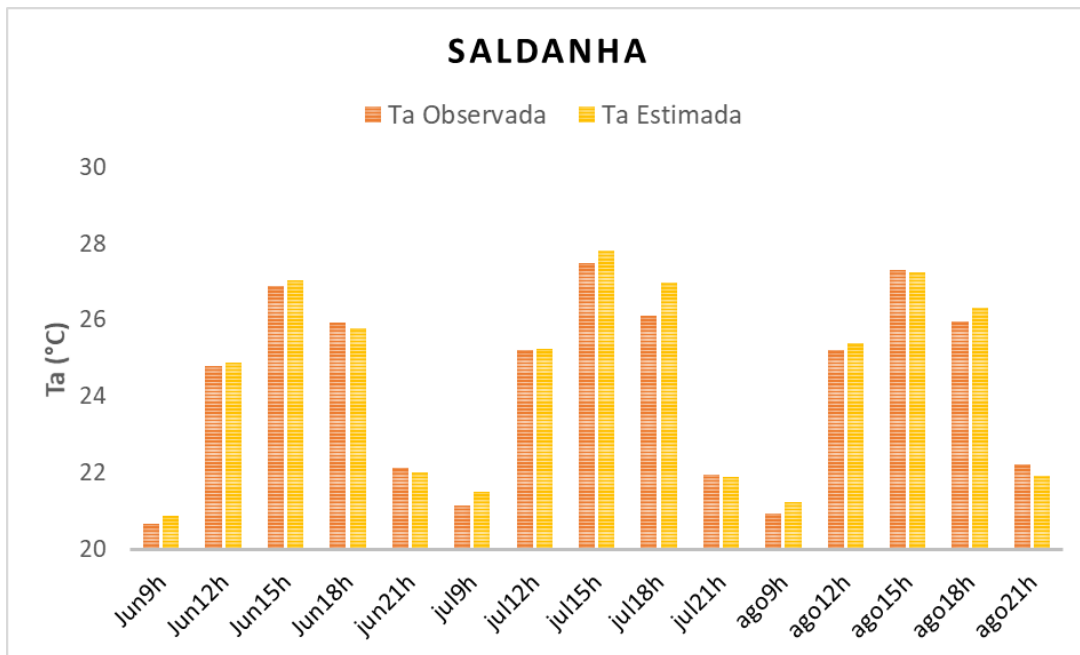
**Figura 25** – Validação dos valores da temperatura do ar na estação meteorológica de Monsanto



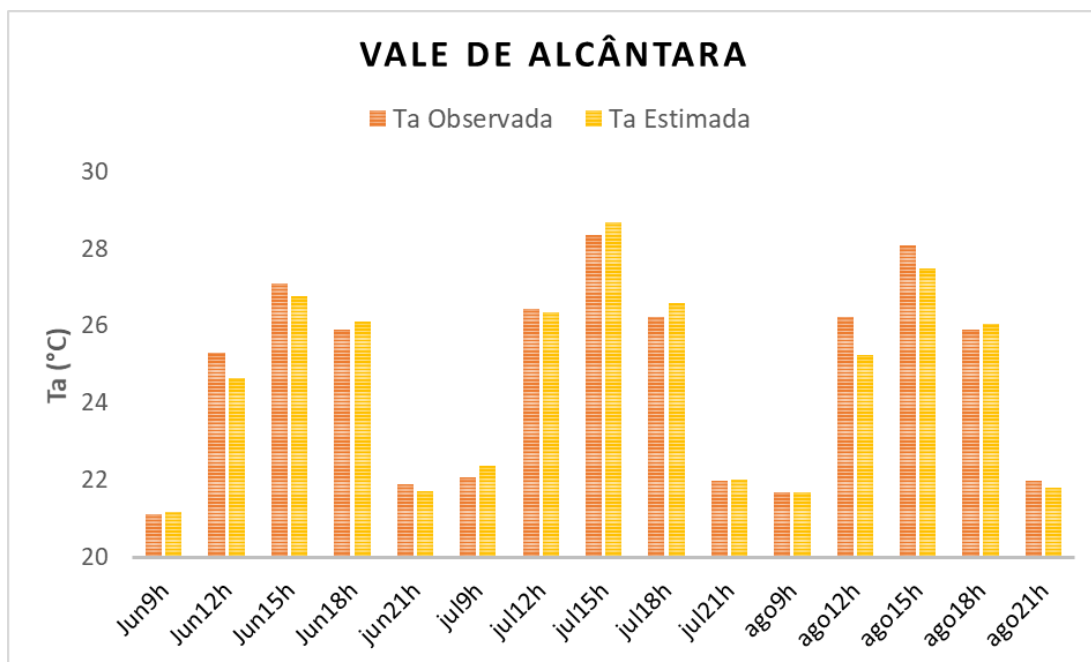
**Figura 26** – Validação dos valores da temperatura do ar na estação meteorológica do Parque das Nações



**Figura 27** – Validação dos valores da temperatura do ar na estação meteorológica dos Restauradores



**Figura 28** – Validação dos valores da temperatura do ar na estação meteorológica do Saldanha



**Figura 29** – Validação dos valores da temperatura do ar na estação meteorológica de Vale de Alcântara

### 3.3.1.3. Humidade relativa e pressão de vapor de água

Visto que a disponibilidade de informação referente à humidade relativa em Lisboa é bastante escassa, tornou-se impossível realizar uma recolha direta. Então foi necessário realizar uma conversão através dos valores da temperatura do ar e ponto de orvalho disponíveis na estação da Portela, a partir do portal online *National Centers for Environmental Information* (NCEI), um conjunto de redes de recolha de inúmeros dados atmosféricos pertencentes ao Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA).

De modo a realizar a conversão, recorreu-se à seguinte fórmula de Lawrence (2005):

- $RH = 100 - 5 (T - T_d)$

RH – Humidade Relativa

T – Temperatura

T<sub>d</sub> – Temperatura do ponto de orvalho

Como é possível observar-se na Tabela 5, foi calculada a média do valor da humidade relativa para cada uma das horas de estudo, de cada mês, e atribuiu-se o mesmo valor para toda a área de estudo, assumindo que não existem grandes assimetrias entre as diferentes zonas da cidade de Lisboa tendo como fonte de recolha a estação da Portela.

Mês	Hora	T (°C)	HR (%)	VP (hPa)
Junho	09:00	21,33	59,44	15,00
	12:00	25,44	37,04	12,00
	15:00	26,74	28,24	9,90
	18:00	24,28	37,69	11,40
	21:00	19,76	61,48	14,20
Julho	09:00	21,94	69,18	18,20
	12:00	26,08	46,95	15,80
	15:00	26,90	40,32	14,30
	18:00	24,01	55,73	16,60
	21:00	19,73	78,76	18,10
Agosto	09:00	21,68	67,11	17,40
	12:00	26,02	40,95	13,70
	15:00	27,11	33,15	11,90
	18:00	24,27	50,27	15,20
	21:00	20,27	73,66	17,50

**Tabela 5** – Média Horária da temperatura do ar, humidade relativa e pressão de vapor de água para os meses de junho, julho e agosto em 2015

Para composição dos mapas do *UTCI*, foi necessário ainda informação relativa à pressão de vapor de água, informação esta que foi fornecida através da inserção das restantes variáveis no *software Rayman*, não esquecendo que estes valores correspondem igualmente à média horária de cada um dos meses, tendo em conta com os dados inseridos no programa, que correspondem às médias horárias da temperatura do ar e humidade relativa.

#### 3.3.1.4. Temperatura radiativa média

No caso da variável da temperatura radiativa média, tal como na variável climatológica referida anteriormente, foi igualmente assumido o mesmo valor para toda a cidade. Isto devido não só à quase inexistente rede de estações de recolha de dados de radiação solar e complexidade do processo de espacialização, mas também devido à escassa bibliografia.

O cálculo dos dados de temperatura radiativa média foi feito com o auxílio do *RayMan*, um *software* que representa a radiação no corpo humano e que foi desenvolvido por Andreas Matzarakis et al. (2000) para modelação da temperatura radiativa média e índices térmicos. Utilizando a versão mais recente, *RayMan Pro*, foi necessário referir a localização alvo de estudo e as respetivas coordenadas geográficas, e inserir os valores de temperatura do ar, velocidade do vento e humidade relativa, todos estes já calculados anteriormente, de forma a chegar a um valor médio da temperatura radiativa média para cada uma das horas dos três meses. Na Tabela 6 encontram-se os valores médios observados da temperatura radiativa média.

Hora	Junho (Trm °)	Julho (Trm °)	Agosto (Trm °)
09:00	52,20	51,70	50,30
12:00	55,60	55,30	55,90
15:00	54,60	54,60	53,30
18:00	29,20	28,20	22,10
21:00	11,60	11,90	12,40

**Tabela 6** – Temperatura Radiativa Média horária para os meses de junho, julho, agosto de 2015

Apesar de o programa permitir calcular índices térmicos como o *PET*, *SET*, *PMV* e o que está a ser tido em conta para o caso de estudo, o *UTCI*, não seria a forma mais adequada de o fazer, uma vez que o objetivo passa por espacializar o índice para todo o município de Lisboa, analisando as assimetrias existentes e por sua vez verificar quais as zonas que apresentam um stress térmico mais elevado.

# **Capítulo 4**

---

## **Resultados**

## 4. Resultados

### 4.1. Modelação e validação do *UTCI*

A modelação do *UTCI* foi efetuada com recurso ao *ArcMap*, utilizando as variáveis da velocidade e direção do vento, temperatura do ar, humidade relativa e temperatura radiativa média. O *UTCI* pretende ser uma quantidade unidimensional que reflete adequadamente a reação psicológica à atual condição térmica definida como multidimensional (Bröde et al, 2009).

A equação utilizada para calcular o *UTCI* foi a seguinte (Błażejczyk1 et al., 2014):

$$\bullet \quad (0,84 * T_a) + (0,246 * T_{mr}) - (2,45 * V) + (0,204 * V_p) - 0,01$$

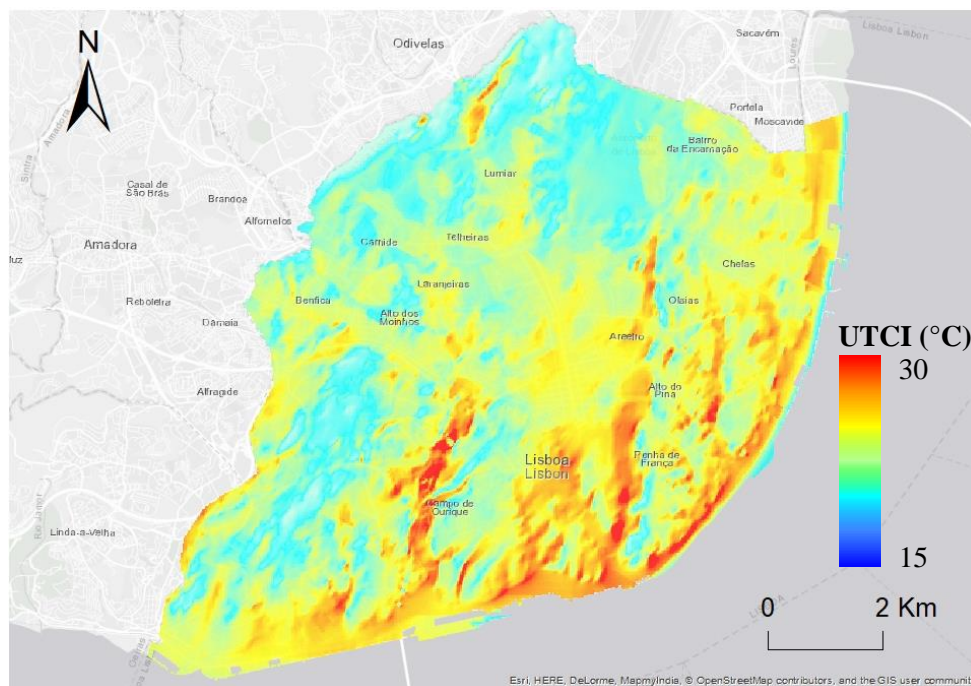
$T_a$  = Temperatura do ar

$T_{mr}$  = Temperatura radiativa média

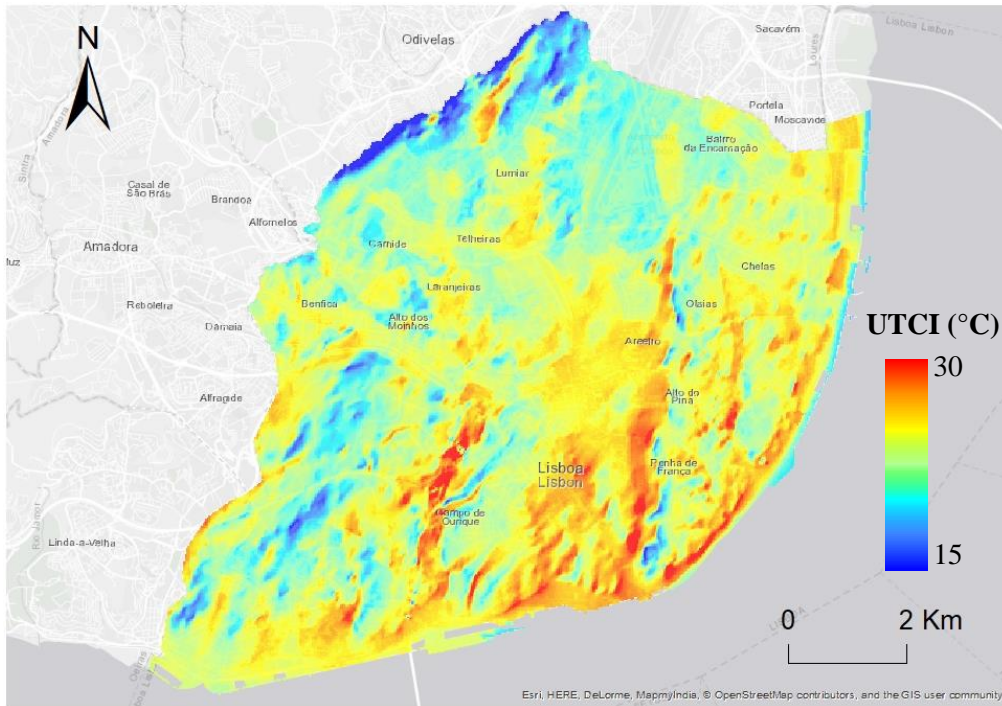
$V$  = Vento

$V_p$  = Pressão de Vapor

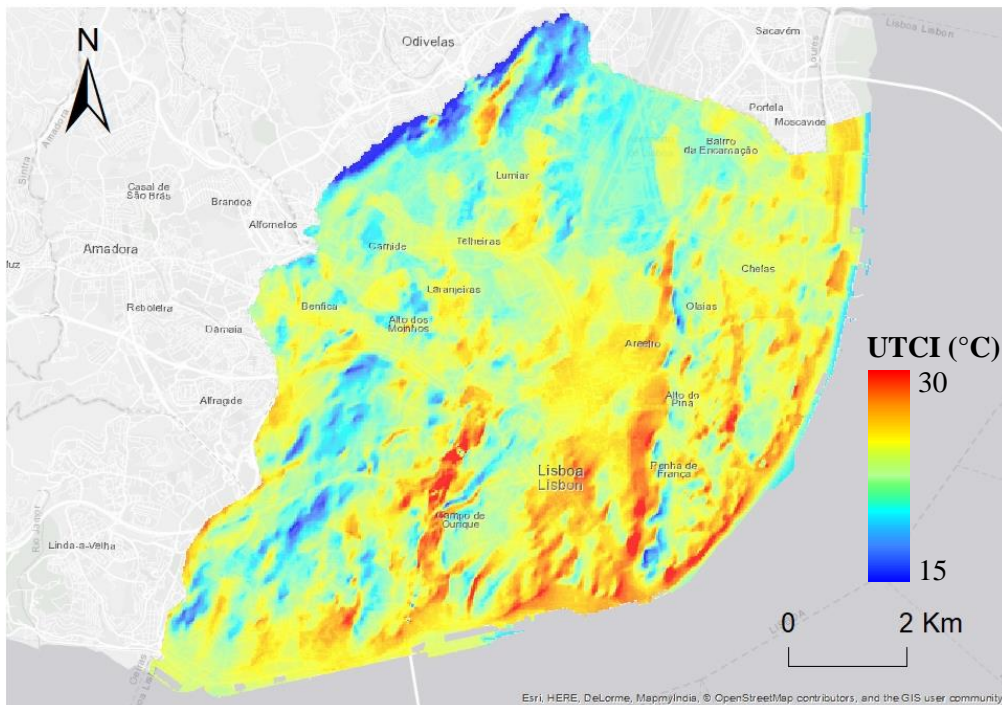
Com base nesta equação, foram então realizadas 15 modelações do *UTCI*, para cada uma das médias das 5 horas distintas de cada um dos três meses. Nas Figuras 30, 31 e 32 estão representados os resultados para as 18:00 de cada um dos meses.



**Figura 30** - Média do *UTCI* às 18:00 horas de junho



**Figura 31 - Média do *UTCI* às 18:00 horas de julho**

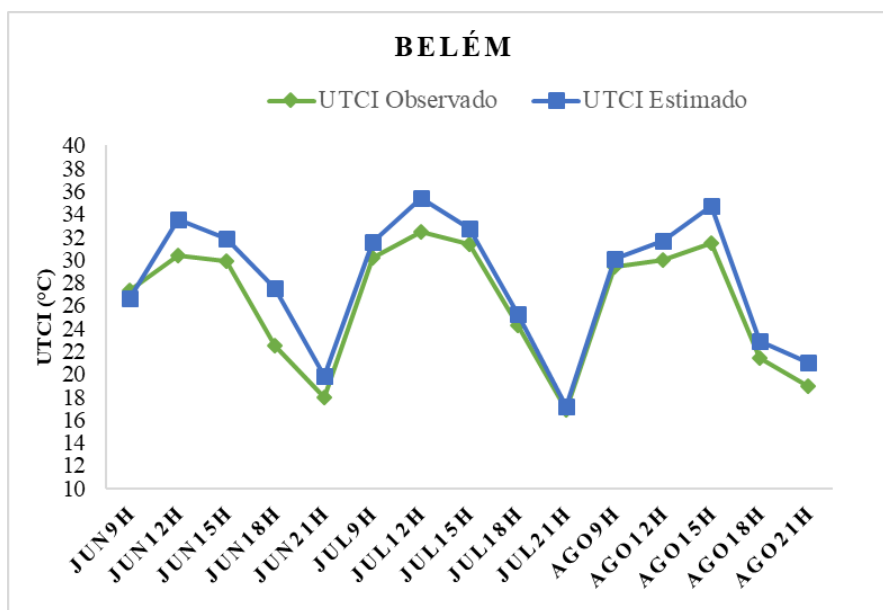


**Figura 32 - Média do *UTCI* às 18:00 horas de agosto**

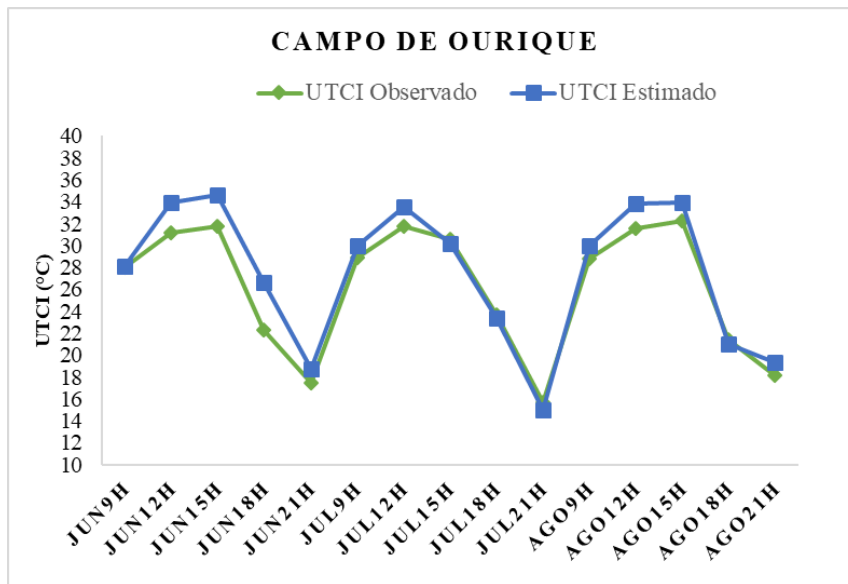
Podemos observar que no mês de junho às 18:00 horas os valores mínimos de *UTCI* estimados rondam os 20° C, enquanto nos meses de julho e agosto os valores mais baixos encontram-se perto dos 15° C. Isto pode ser justificado com base nas variáveis geográficas que entraram na equação do cálculo da temperatura do ar. Enquanto no mês de junho e agosto, a variável utilizada foi apenas a Altitude, no mês de julho foram inseridas como variáveis geográficas a proximidade com o rio e a percentagem de vegetação.

Apesar de ter sido utilizada a mesma variável no mês de junho e agosto, as diferenças de valores podem ser explicadas tendo em consideração as restantes variáveis climatológicas para além da temperatura do ar, como no caso da humidade relativa, em que foi registado um valor médio de 38% para o mês de junho e 50% para o mês de agosto. Ou até mesmo nos valores médios da temperatura radiativa média, de 29° C e 22° C respetivamente.

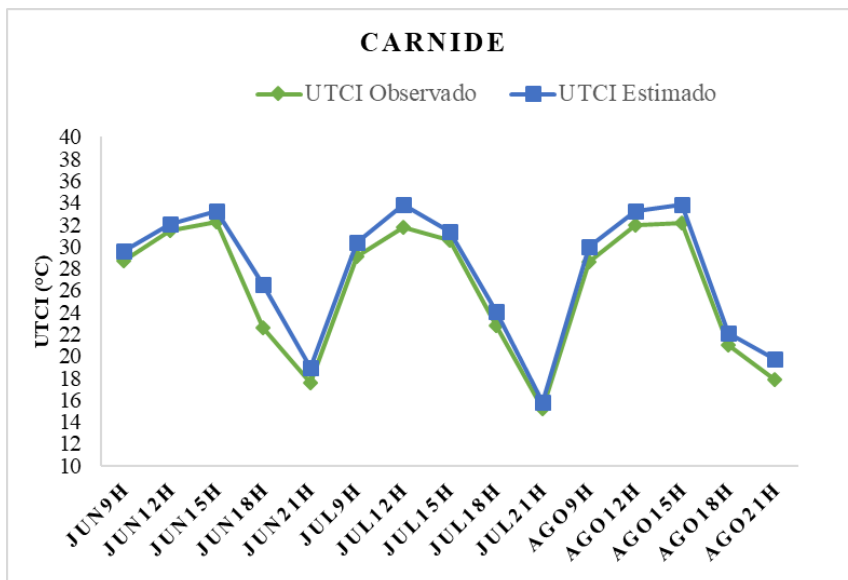
Realizadas as modelações do *UTCI*, recorreu-se ainda ao *software Rayman pro*, de modo a validar os valores estimados nos mapas para cada uma das estações meteorológicas, tal como é possível observar-se nas seguintes figuras (33-40).



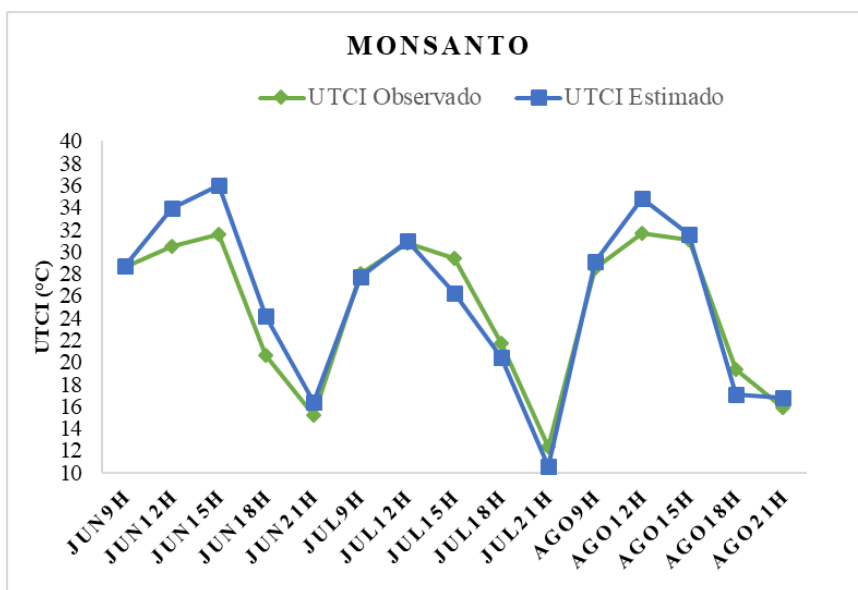
**Figura 33** - Validação dos valores do *UTCI* na estação meteorológica de Belém



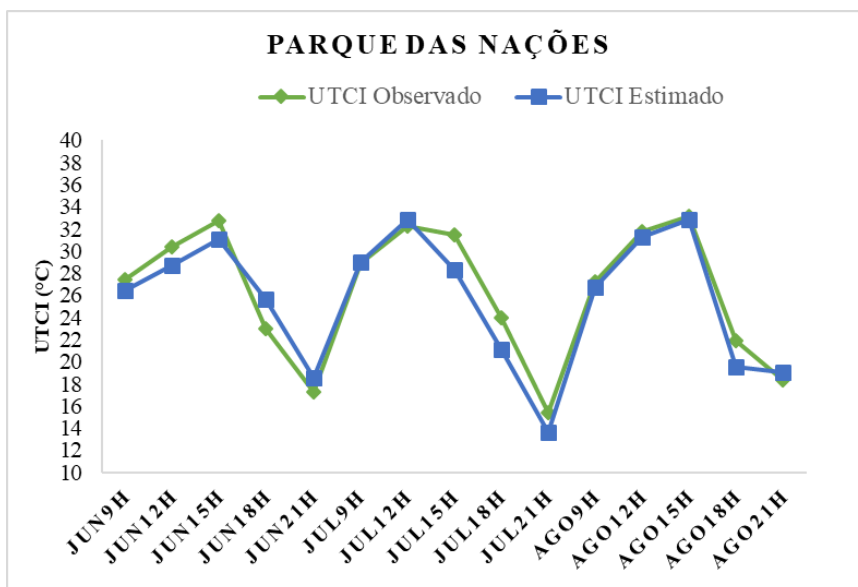
**Figura 34** - Validação dos valores do *UTCI* na estação meteorológica de Campo de Ourique



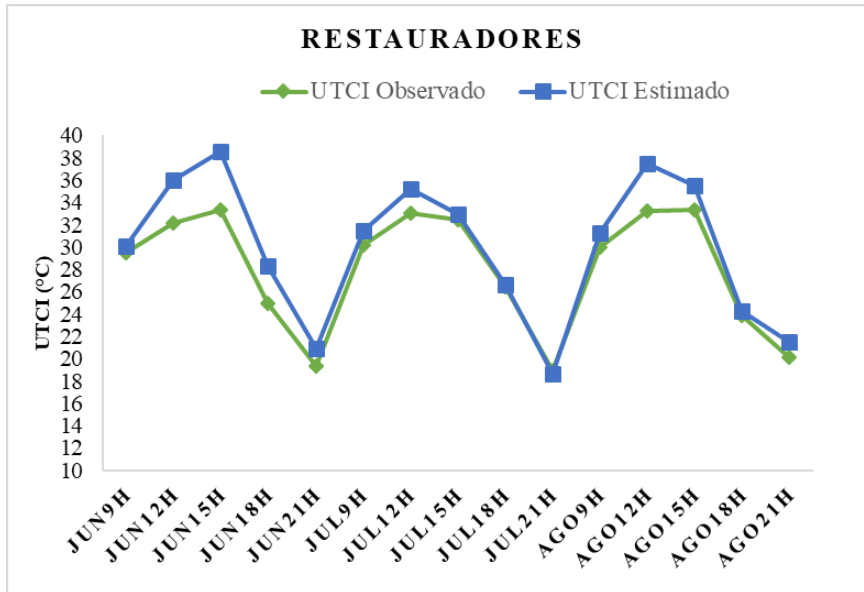
**Figura 35** - Validação dos valores do *UTCI* na estação meteorológica de Carnide



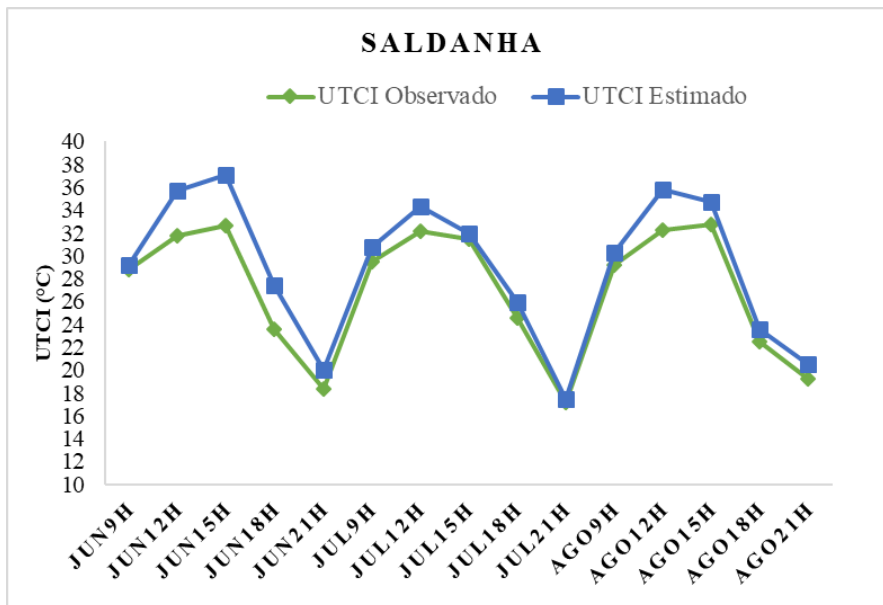
**Figura 36** - Validação dos valores do *UTCI* na estação meteorológica de Monsanto



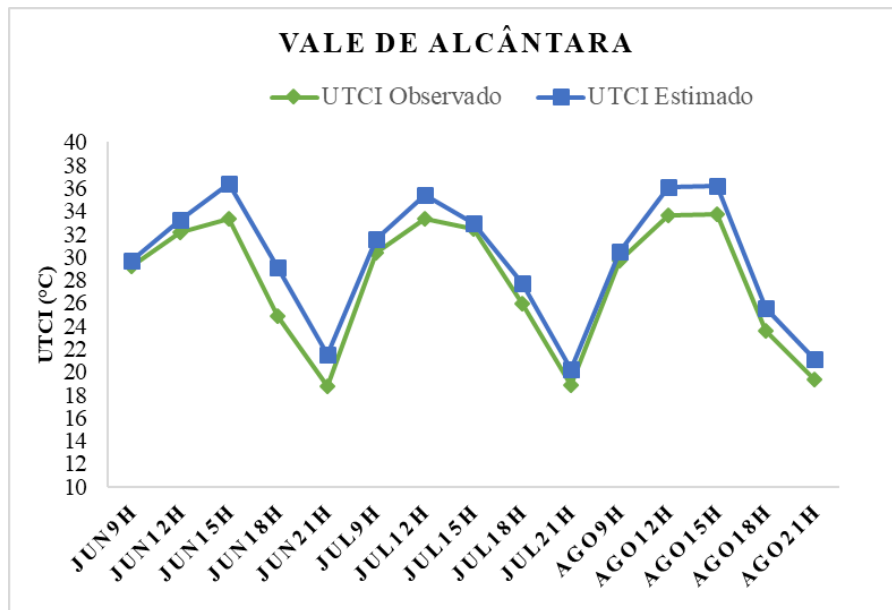
**Figura 37** - Validação dos valores do *UTCI* na estação meteorológica do Parque das Nações



**Figura 38** - Validação dos valores do *UTCI* na estação meteorológica dos Restauradores



**Figura 39** - Validação dos valores do *UTCI* na estação meteorológica do Saldanha



**Figura 40** - Validação dos valores da temperatura do ar na estação meteorológica de Vale de Alcântara

Tal como foi comprovado pelos resultados obtidos nos mapas, verifica-se a existência de certos padrões em que é possível distinguir as zonas de Lisboa que podem levar a um maior desconforto térmico, destacando-se a zona de Vale de Alcântara, assim como as zonas da cidade em que se observam valores mais propícios ao conforto humano, com destaque para a zona de Monsanto, onde são registados os valores de *UTCI* mais baixos nos três meses. Com base em todos os modelos desenvolvidos, como seria de esperar, os valores do *UTCI* são mais elevados a meio do dia, chegando a atingir valores acima dos 30° C, enquanto os valores mais baixos observam-se às 21:00 da noite, relativamente abaixo dos 15° C.

É fulcral referir que estes modelos são simulações que se adequam apenas ao período de tempo que foi analisado, isto porque os resultados são indicados apenas para o verão de 2015, visto que utilizam valores derivados de dados obtidos para esse exato período de análise. Há também a questão das variáveis geográficas escolhidas, que influenciam bastante a modelação do índice de conforto térmico, e que podem nem sempre ser as mais apropriadas conforme o caso de estudo e o tipo de análise pretendida.

Esta informação por si só oferece já algum detalhe sobre a espacialização do *UTCI* na área de estudo. No entanto, tendo em conta que a aplicação centra-se na deslocação dos turistas pela cidade através de percursos personalizados, é necessário ainda transferir os valores resultantes desta análise para os arruamentos de Lisboa. Isto foi feito em ambiente SIG, através da ferramenta de análise espacial *Zonal Statistics* do *ArcGIS*, calculando o valor médio para cada uma das linhas que compõe as ruas.

## 4.2. Criação da rede

Os SIG permitem a modelação de uma *network* num grafo que pode ser aplicado para diversos fins e algoritmos, nomeadamente o de menor-custo.

Para este fim, a funcionalidade de desenvolvimento de rotas usada da extensão *Network Analyst* do *ArcGIS* tem como base de funcionamento o algoritmo de Dijkstra<sup>6</sup>, sendo um dos algoritmos utilizados mais frequentemente em SIG, e que tal como já foi referido previamente, resolve a questão do caminho mais curto a percorrer de um certo local a um destino específico.

Quer seja na escolha de uma rota simples entre duas localizações ou uma que permita visitar inúmeros locais, a pessoa tem sempre tendência a escolher o melhor percurso. Contudo, a definição de melhor percurso nem sempre é a mesma, variando dependendo da situação. Mais propriamente, pode estar em causa fatores como a rapidez, a distância ou até mesmo outros como por exemplo a proximidade de espaços verdes, o declive, entre outros. Imaginando um caso em que é pretendido chegar a um destino e andar o menos possível, a melhor rota seria a mais curta. Caso o fator em consideração seja o tempo, a melhor rota seria então a mais rápida.

De modo a tornar isto possível, foi criada uma rede com base nas vias e ruas da cidade de Lisboa, tendo em conta os seguintes passos:

1º passo – Seleção de um workspace;

2º passo – Identificação das fontes e o papel que vão desempenhar na *network*;

3º passo – Modelação da conectividade;

4º passo – Definição dos atributos;

De forma a criar os atributos da rede, é necessário definir primeiro o nome do atributo, a sua utilidade, unidades, e tipo de informação. De seguida, atribuir “*evaluators*” para cada fonte que irá providenciar os valores para os atributos da rede quando o *network dataset* é criado.

Os atributos da *network* podem também conter parâmetros que podem ser usados pelos seus “*evaluators*”. Os parâmetros permitem realizar uma análise dinâmica com os atributos ao

---

<sup>6</sup> De modo a encontrar o melhor percurso entre um certo ponto (s) e o destino (d), o algoritmo mantém um conjunto de junções, S, cujo percurso final já foi calculado.

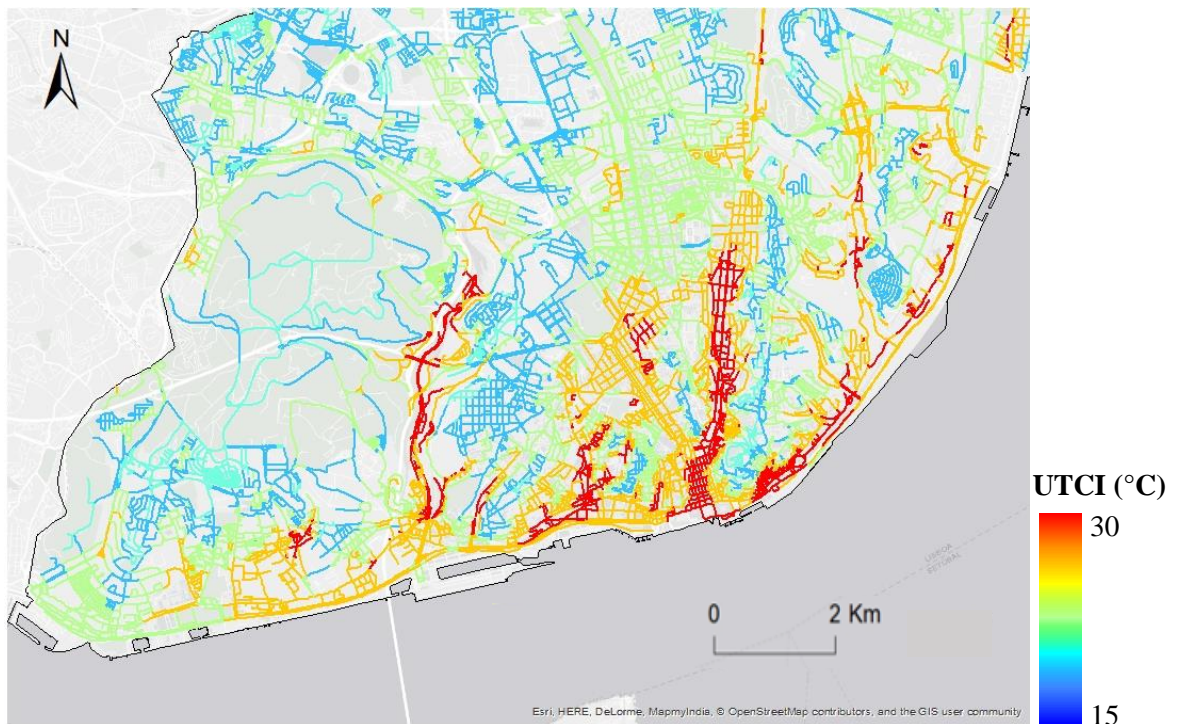
modelarem atributos descritivos, como a altura ou peso dos camiões ou as condições climáticas, como acontece neste projeto.

Os critérios usados para o modelo custo-função foram os seguintes:

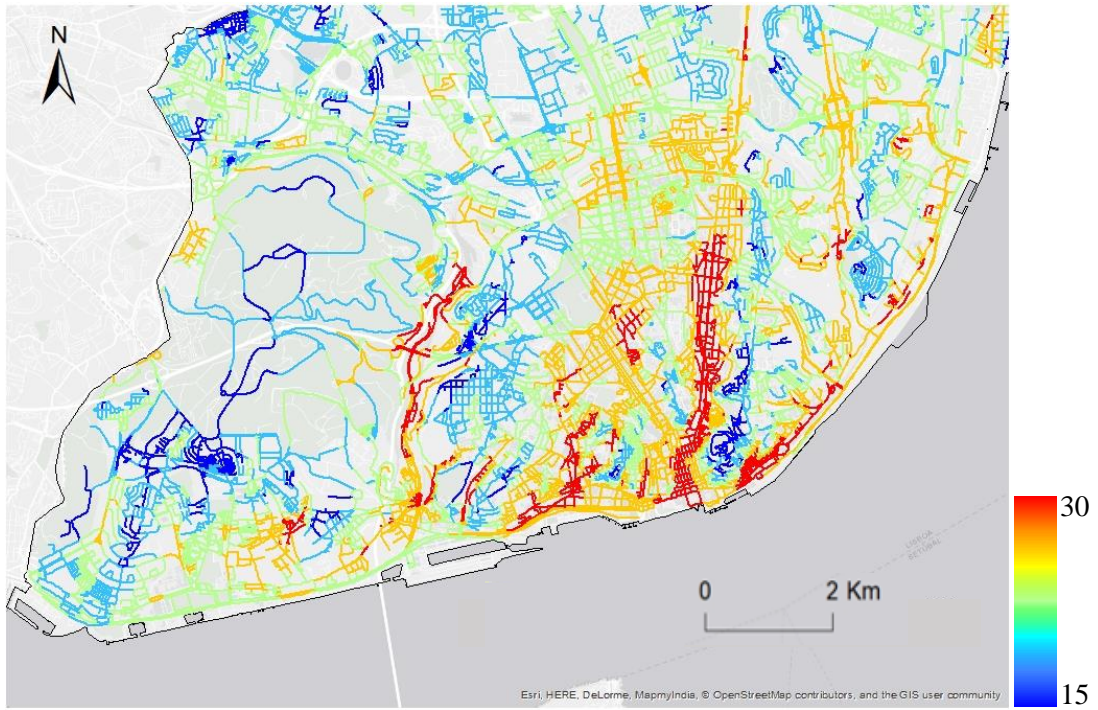
- Comprimento real das ruas/vias
- *UTCI*
- Tempo

Como informação geográfica utilizada para a construção da rede, recorreu-se às vias e ruas de Lisboa, encontrando-se num modelo vetorial, linear. Considerando que a aplicação tem como público-alvo os turistas que se deslocam a pé pela cidade, foi necessário eliminar alguns eixos de via, que não tinham sentido integrar a rede. Foram então eliminados os eixos de 1º nível, onde não é permitida a circulação de peões, e foi eliminada ainda toda a 2ª circular, isto porque grande parte desta se encontra no 1º nível. Optou-se ainda por remover certos eixos de via, isto porque ultrapassam o limite da cidade de Lisboa, comprometendo os valores do *UTCI* nos respetivos arruamentos.

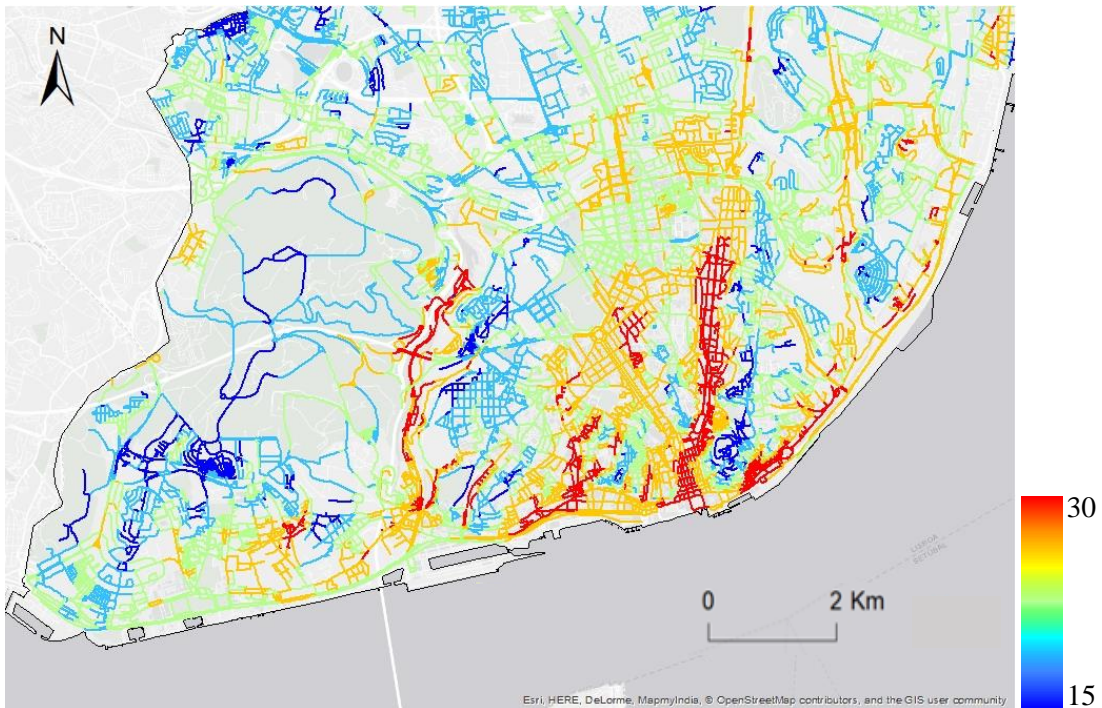
Nas Figuras (41-43) podemos observar os valores médios do *UTCI* nos arruamentos da cidade, com foco aproximado na zona histórica de Lisboa, de forma a observar-se melhor as assimetrias existentes.



**Figura 41** – Arruamentos de Lisboa com valores médios de *UTCI* às 18:00 de junho de 2015



**Figura 42** – Arruamentos de Lisboa com valores médios de *UTCI* às 18:00 de julho de 2015



**Figura 43** – Arruamentos de Lisboa com valores médios de *UTCI* às 18:00 de agosto de 2015

## **Capítulo 5**





---

### **Componentes de uma aplicação**

## 5. Componentes de uma aplicação

### 5.1. Plataformas e linguagens de programação

Esta é uma questão importante no processo de desenvolvimento de uma aplicação móvel, uma vez que são várias as opções de plataformas alvo através das quais é possível utilizar a mesma, tendo ainda em conta que a linguagem de programação varia entre as respetivas, tal como é possível verificar na Tabela 7.

				
<b>Linguagens</b>	Obj-C, C, C++	Java (algum C, C++)	Java	C#, VB. NET, etc
<b>Ferramentas</b>	Xcode	Andorid SDK	BB Java Eclipse Plug-in	Visual Studio, Windows Phone Dev Tools
<b>Ficheiros Executáveis</b>	.app	.apk	.cod	.xap
<b>Lojas das Aplicações</b>	Apple iTunes	Android Market	BlackBerry App World	Windows Phone Market

**Tabela 7** – Sumário do desenvolvimento de aplicações (adaptado de IBM Mobile Foundation)

Outro aspeto a ter em conta, é o facto de que as aplicações móveis podem inserir-se em categorias distintas, sendo estas como nativas, *web* ou até mesmo como um resultado híbrido de ambas, cada uma oferecendo as suas vantagens e desvantagens. Compete aos responsáveis pelo desenvolvimento da aplicação ter em conta todas as variáveis em causa, como por exemplo o público-alvo, as funcionalidades, os custos associados entre outros. Seja qual for a abordagem, vão existir sempre benefícios e limitações, e encontrar a estratégia que melhor se adequa às necessidades de um projeto não é um processo determinístico (Santos, 2014).

Começando pelas aplicações *web* móveis, estas acedem-se através do *web browser* do dispositivo em questão, como por exemplo um *smartphone* ou um *tablet*, e são construídas com três tecnologias base: HTML (define texto estático e imagens), CSS (define o estilo e apresentação) e Javascript (define as interações e animações). O seu fácil desenvolvimento em comparação com as aplicações nativas, visto não ser necessário um vasto conhecimento das linguagens de programação já referidas, e o facto de serem multiplataforma, ou seja, poderem ser utilizadas em todos os dispositivos móveis revela-se como uma vantagem, não sendo

necessária uma instalação ou atualizações, bastando apenas aceder à aplicação através do URL da página *web*.

No entanto, assim como existem vantagens, podem ser encontradas igualmente algumas limitações, começando pela consideração de que dependendo da plataforma alvo, o tamanho do ecrã é diferente, ou seja, “estas aplicações necessitam de reconhecer o ambiente em que são executadas e ajustarem-se a este, isto é, a visualização deve ser diferente de dispositivo para dispositivo” (Santos, 2014).

A velocidade é um outro aspeto bastante importante numa aplicação, uma vez que pode ser um fator determinante na sua utilização. Para o caso de estudo, é um fator crucial e de extrema relevância, capaz de levar ao fracasso da aplicação, uma vez que os turistas têm o tempo contado, limitado, necessitando desta forma de uma aplicação leve e rápida.

As aplicações nativas funcionam especificamente numa determinada plataforma (iOS, Android, Windows phone, etc.), permitindo aproveitar ao máximo a potencialidade de cada uma destas. As aplicações nativas podem tomar partido das últimas tecnologias que vão surgindo e estando disponíveis nos dispositivos móveis. Em termos de lucro, estas são também mais fáceis de monetizar devido à sua disponibilização numa *App store* e atribuição de um preço de utilização para o consumidor adquirir e utilizar.

Contudo, como já seria de esperar, existem também algumas desvantagens associadas a este género de aplicações, começando pelo facto de caso o objetivo passar por disponibilizar a aplicação nativa em vários dispositivos, ser necessário criar versões separadas para cada um dos respetivos, consumindo uma grande parte, não só de tempo mas de dinheiro também. Isto requer um certo nível de conhecimento e capacidades de desenvolvimento na(s) plataforma(s) alvo (como por exemplo Java para Android, Objective-C para ios, .NET para Windows). Como solução para facilitar este problema, começam a surgir cada vez mais *frameworks* multi-plataforma.

A constante atualização é um outro aspeto que geralmente faz parte da disponibilização de uma aplicação, apesar de no caso das nativas consistir num processo muito mais moroso requerendo o desenvolvimento, teste e distribuição para as diferentes plataformas, ao invés de no caso das aplicações *web*, em que basta apenas uma atualização do *website*.

Por fim, existe ainda uma terceira opção, que resulta num híbrido, como o nome indica, dos dois géneros de aplicações referidos anteriormente. Com as aplicações híbridas, a maior parte

ou até mesmo toda a interface do utilizador aparece num *browser window*, empacotando a componente *web* e armazenando no dispositivo de forma a tornar semelhante ao género de aplicações nativas que providencia o acesso às funcionalidades que não estão disponíveis no *browser*.

Segundo Santos (2014) o desenvolvimento da parte nativa pode ser feito com codificação própria, ou através do uso de *frameworks*, sendo que que na primeira opção requer programar o encapsulamento da componente *web* de modo a que seja possível correr nas várias plataformas, enquanto no caso do uso de *frameworks*, o processo torna-se mais simples, e apenas requer o desenvolvimento da componente *web*.

Na Tabela 8 é possível observar-se as características de cada uma das três categorias de aplicações.

Considerações	Web	Híbrida	Nativa
Conhecimento sobre os utilizadores e os dispositivos que preferem	Tem como alvo o browser dos dispositivos	Tem como alvo o sistema operativo específico de cada dispositivo, mas aproveita o conteúdo web existente e as APIs nativas	Tem como alvo o sistema operativo específico de cada dispositivo, oferecendo a melhor experiência nativa
Competências de desenvolvimento	Requer HTML, JavaScript, e CSS	Requer HTML, JavaScript, CSS, e conhecimento sobre a framework híbrida de compilação	Requer competências de desenvolvimento para a respetiva plataforma nativa
Distribuição da aplicação numa <i>store</i>	Não é suportada a distribuição através de uma <i>store</i>	É suportada a distribuição através de uma <i>store</i>	É suportada a distribuição através de uma <i>store</i>
Acesso às utilidades do dispositivo	Limitado às características HTML5 do dispositivo móvel	A limitação depende do método de desenvolvimento, e as frameworks utilizadas	Acesso a todas as utilidades do dispositivo móvel (GPS, Bússola, Calendário, Contactos, etc..)
Manutenção em vários dispositivos	Quando a aplicação é atualizada, fica imediatamente disponível em todos os dispositivos	Quando a aplicação é atualizada, deve ser feita para cada tipo de dispositivo	Quando a aplicação é atualizada, deve ser feita para cada tipo de dispositivo

**Tabela 8** – Aplicações web vs híbridas vs nativas (Adaptado de ESRI, 2017)

## 5.2. Servidor de mapas

Um serviço consiste na representação de um recurso SIG que um servidor disponibiliza para outros computadores através de uma rede, podendo esta ser local, como no caso do sistema de computadores de uma empresa, ou pode funcionar a uma escala maior, como através da internet. Os computadores na rede que têm acesso ao serviço denominam-se de clientes (Ahmed et al., 2015).

Através de servidores de SIG é possível a publicação de mapas na internet, permitindo uma interação com um público maior. A disponibilidade de servidores de mapas é vasta, e vai desde servidores privados a servidores de código aberto, o que leva a ter em conta os pros e contras para tornar a sua implementação o mais viável possível (Kline, et al. 2013).

Começando com os servidores de código aberto, entre vários destacam-se nomes como o Geoserver, Geotools e Mapserver, e estes apresentam aspetos positivos, tais como:

- Pacote com custo bastante reduzido ou até mesmo livre;
- Apoio bastante entusiástico por parte da comunidade;
- Opções de desenvolvimento flexível;

Mas não seria razoável deixar de referir alguns dos aspetos negativos, tais como:

- Apoio limitado aos fóruns, e respetiva comunidade voluntária;
- Probabilidade de atraso ou até mesmo suspensão do desenvolvimento do produto;

Quando se trata de servidores privados, existem também alguns que se encontram no topo da tecnologia SIG, como o *ArcGIS Server*, *Mapinfo*, etc.. e estes têm os seus benefícios:

- Diversas opções de apoio ao cliente;
- Adoção “widespread”

No entanto, podem existir também aspetos menos positivos, sendo estes:

- Custo de adesão por vezes elevado;
- Acesso limitado ao código base para configuração;

De acordo ainda com a Tabela 9, tendo estes aspetos em conta, como servidor para o caso de estudo foi escolhido o *ArcGIS Server*, um produto da ESRI que permite a construção de *webSIG* através da publicação e partilha de informação geográfica na *web*.

Category	MapServer	GeoServer	ArcServer
<b>Website</b>	http://www.mapserver.org/	http://geoserver.org/	http://www.esri.com
<b>Supported Operating Systems</b>	Windows, Linux, Mac OSX, Solaris, etc.	Windows, Linux, Mac OSX	Windows, Linux
<b>License Type</b>	Open Source	Open Source	Proprietary
<b>Software Interface</b>	Command line or separately installed graphical user interface	Graphical user interface	Graphical user interface
<b>Supported Input File Formats</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vector: shapefile, TIGER, etc.</li> <li>• Raster: TIFF, GeoTIFF, JPEG, GIF, PNG, etc.</li> <li>• Databases: Microsoft SQL, Oracle, PostGIS/PostgreSQL, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vector: shapefile, TIGER, etc.</li> <li>• Raster: TIFF, GeoTIFF, JPEG, GIF, PNG, etc.</li> <li>• Databases: Microsoft SQL, Oracle, PostGIS/PostgreSQL, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vector: shapefile, TIGER, etc.</li> <li>• Raster: TIFF, GeoTIFF, JPEG, GIF, PNG, etc.</li> <li>• Databases: Microsoft SQL, Oracle, PostGIS/PostgreSQL</li> </ul>
<b>Supported output OGC web services</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WMS</li> <li>• WFS</li> <li>• WCS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WMS</li> <li>• WFS</li> <li>• WCS</li> <li>• Etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WMS</li> <li>• WFS</li> <li>• WCS</li> <li>• Etc.</li> </ul>

**Tabela 9** – Comparação entre o MapServer, Geoserver e ArcServer (Bauer, 2012)

As tecnologias de virtualização têm beneficiado bastante com a eficiência do *ArcGIS Server*, permitindo correr vários sistemas operativos e aplicações numa máquina física. Isto é feito tendo em conta o conceito de máquinas virtuais (ESRI, 2010).

Uma máquina virtual consiste no “recipiente” isolado de um *software* que pode correr um sistema operativo próprio e aplicações como se fosse um computador físico. As características de uma máquina virtual são exatamente semelhantes às de um computador físico, uma vez que contém o seu próprio CPU virtual, RAM, disco rígido, cartões de interface de redes, etc.. (ESRI, 2010).

Entre os nomes mais conhecidos de máquinas virtuais disponíveis no mercado, destacam-se o VMware, Microsoft Hyper-V, Solaris e Citrix.

A máquina virtual VMware é a plataforma de virtualização mais popular escolhida pelos clientes da ESRI, sendo maioritariamente utilizada para virtualizar ambientes de *ArcGIS Server* (ESRI, 2010). O *ArcGIS Server* consiste num *WebSIG* que permite publicar informação geográfica e tornar esta disponível para outros.

### 5.3. API's e frameworks

#### 5.3.1. API's

Por vezes é capaz de existir uma certa confusão no entendimento da terminologia e função destes conceitos técnicos, e provavelmente uma das escolhas mais importantes no processo de desenvolvimento de uma aplicação passa pela escolha de uma ou mais APIs (*Application Program Interfaces*). A escolha da(s) API(s) mais acertada(s) para o desenvolvimento de uma aplicação pode nem sempre ser um processo instantâneo, devido à cada vez mais extensa disponibilidade das mesmas. Esta decisão deve ter em conta fatores como a plataforma alvo, a linguagem de programação e até mesmo o tipo de aplicação.

Começando por uma análise de APIs livres e de código aberto, entre várias, encontram-se dois grandes exemplos como o Open Layers e o Leaflet. O Open Layers é uma API que vem tornar mais fácil a publicação de mapas dinâmicos numa página *web*, e o Leaflet é uma API de linguagem JavaScript bem documentada, leve e de fácil utilização, que tem vindo a ganhar bastante terreno nos últimos anos, e que permite criar mapas interativos na *web* e *mobile friendly*.

No caso de APIs privadas, provavelmente, uma das mais conhecida é a do Google Maps, que permite criar aplicações *web* e para dispositivos móveis, com base na plataforma de mapeamento avançado de que dispõe, incluindo direções de condução, imagens do Street View, entre outras funcionalidades.

A ESRI tem também uma série de APIs próprias, como o caso do *ArcGIS API for Javascript*, a partir da qual é possível realizar inúmeras funções, entre as quais a concepção de mapas na *web* e, tal como no caso do presente projeto, de aplicações móveis. A *ArcGIS API for Javascript* está disponível para uso livre ao público e contém uma panóplia de ferramentas úteis ao desenvolvimento de aplicações. Pode até chegar mesmo a existir interligação de APIs, como o caso da disponibilização do Google Maps na extensão do *ArcGIS Javascript* para a API do Google Maps.

Uma mais-valia ao utilizar a *ArcGIS API for Javascript* é o facto de não ser necessário um vasto conhecimento prévio em programação e construção de código, e foi então com base nesta que se decidiu prosseguir com o projeto.

Um ponto importante a ter em atenção é o facto de o Javascript consistir numa linguagem “*case-sensitive*” e é então preciso ter bastante cuidado visto que pode criar *bugs* no código difíceis de encontrar. Todas as variáveis, palavras-chave, funções, e identificadores devem ser escritos com maiúsculas. Isto torna-se ainda mais confuso quando consideramos o facto da linguagem HTML não ser “*case-sensitive*” (Pimpler, 2014).

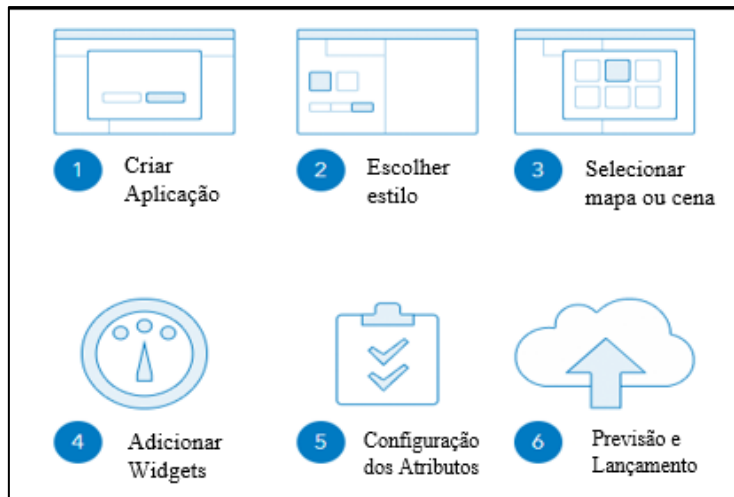
### **5.3.2. *Web AppBuilder for ArcGIS***

Por fim, de modo a tornar possível a elaboração de uma aplicação, é necessária a utilização de uma *framework* através da qual seja desenvolvido o código que irá constituir. Foi utilizado o *Web AppBuilder for ArcGIS*, uma ferramenta criada e fornecida pela ESRI que visa facilitar o desenvolvimento de aplicações, tanto para desktop como para *smartphones* e *tablets*, servindo como uma plataforma através da qual é depois possível correr a aplicação em dispositivos Android, iOS, Windows, OS X e Linux, ao contrário de criar uma aplicação nativa para cada um dos respetivos. Contem ainda uma mais-valia para aqueles que não estão aptos de capacidades de desenvolvimento, pois não requer grandes conhecimentos de código.

As aplicações são construídas com base na *API Javascript for ArcGIS*, na qual a linguagem de programação é HTML5/Javascript, e algumas das principais funcionalidades são (ESRI, 2017):

- Criar aplicações html/javascript que funcionam nos browsers dos desktops, tablets e *smartphones*.
- Integração com o *ArcGIS Online* e Portal para plataformas *ArcGIS*;
- Construção de aplicações com *widgets* prontos a utilizar, tais como *queries*, geoprocessamento, impressão, e muito mais;
- Criar templates para as aplicações;
- Framework extensível para desenvolvedores criarem *widgets* e temas.

O processo de desenvolvimento e configuração é bastante simples, tal como é possível observar na Figura 43:



**Figura 44** - Workflow do *Web AppBuilder* (Adaptado de ESRI, 2017)

## **Capítulo 6**

---

### **Implementação da aplicação**

## **6. Implementação da aplicação**

### **6.1. Conceito da aplicação**

A aplicação centra-se num mapa, neste caso da área de estudo em questão, no qual deverão estar visíveis os POI próximos que a cidade de Lisboa oferece, encontrando-se os mesmos classificados de acordo com as respetivas categorias em que se inserem. Cabe então ao utilizador selecionar o modo de utilização da aplicação, predefinindo ou não um determinado tipo de categoria de pontos de atração que pretende visitar, e ainda com a opção de visitar a cidade de um modo livre, sendo a informação atualizada em tempo real à medida que o turista se vai deslocando, ou com um percurso planeado entre o local onde se encontra e o destino.

### **6.2. Estrutura da aplicação**

#### **Funcionalidades**

- Conforto Termofisiológico (*UTCI*)
- Localização de pontos de interesse na proximidade
- Percursos personalizados e dinâmicos, otimizados de acordo com
  - o Distribuição dos Pontos de interesse
  - o Condições atmosféricas: Conforto termofisiológico
- Informação sobre pontos de interesse

#### **Utilidade**

- Selecionar o modo como pretende visitar a cidade:
  - Conhecer todos os pontos de interesse (POI) ou apenas alguns de acordo com as suas preferências;
  - Ao longo de um percurso pré-definido ou de modo livre, obtendo informação á medida que se desloca pela cidade;
- Minimizar as consequências de condições atmosféricas desfavoráveis:
  - Sugerindo percursos e POI que permitam evitar o desconforto térmico

Na Figura 44 podemos observar o esquema concetual que se seguiu no desenvolvimento da aplicação móvel.



Figura 45 – Esquema concetual do produto final da aplicação

### 6.3. Desenvolvimento da aplicação

De modo a publicar a rede criada a partir dos resultados obtidos como um serviço de rotas foi, em primeiro lugar, necessário construir um modelo de geoprocessamento através da ferramenta *Model Builder* do *ArcMap*, como se pode observar na Figura 45. O modelo consiste num *route layer* criado com base no *network dataset* que foi desenvolvido e nos seus atributos de custo de deslocação como impedância, ao qual são adicionadas as “*locations*” que neste caso correspondem aos pontos de interesse.

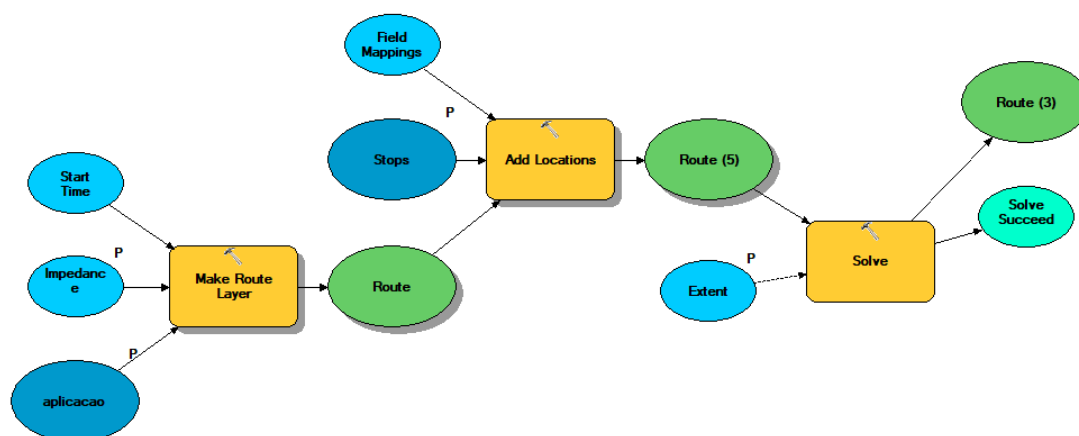


Figura 46 – Modelo de geoprocessamento da criação de rotas

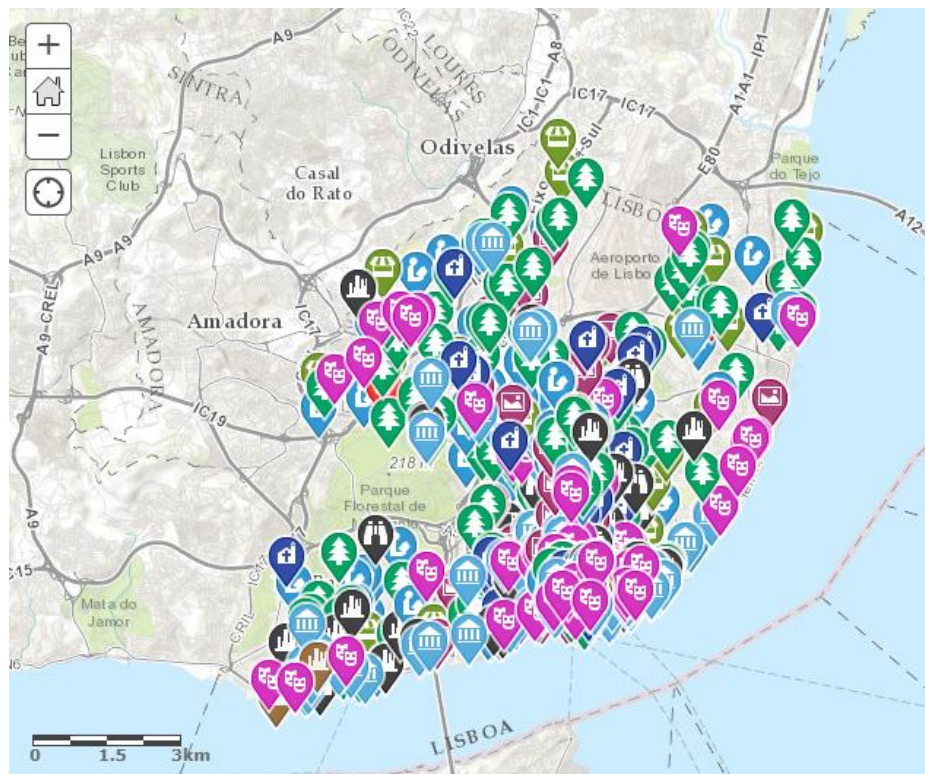
Tendo isto feito, tornou-se possível a partilha de um serviço de rotas publicando o resultado obtido ao correr o modelo. A máquina virtual utilizada foi disponibilizada pela ESRI, tendo desta forma privilégios de conexão e acesso ao *ArcGIS Server*.

Em relação ao tratamento dos pontos de interesse, de forma a unir todos numa única *feature class* foi necessário realizar a sua normalização, atribuindo a todos os mesmos campos de informação, adotando o exemplo do esquema apresentado na Tabela 10.







ID	Nome	Descrição	Categoria	Sub-Categoria	Morada	Site	Telefone	E-mail
8	NOS Colombo	Localizado no Centro Comercial Colombo.Possui 10 salas com um total de 2481 lugares.	Entretenimento	Cinema	C.C. Colombo - Av Lusíadas, Loja A 203	<a href="http://cinemas.nos.pt/">http://cinemas.nos.pt/</a>	16996	cinema.colombo@nos.pt
28	Galeria Bessa Pereira	Espaço especializado em design português, com destaque para o cruzamento de peças de mobiliário de auto com a arte contemporânea.	Cultura	Galerias de Arte	Rua de São Bento, 426	<a href="http://www.galeriabessapereira.com/">http://www.galeriabessapereira.com/</a>	351 935 167 270	infogbessapereira@gmail.com
43	Museu Nacional de Etnologia	Este museu reúne coleções de vários países do mundo, destacando-se as do continente africano.	Cultura	Museus	Avenida da Ilha da Madeira	<a href="https://mnetnologia.wordpress.com/">https://mnetnologia.wordpress.com/</a>	351 213 041 160	mnetnologia@imc-ip.pt








Tabela 10 - Esquema da tabela de atributos dos pontos de interesse

Por fim, ainda em ambiente Desktop, foram atribuídas simbologias apropriadas a cada uma das sub-categorias inseridas nos Pontos de Interesse, tendo como fonte a *ArcGIS Solutions Symbology Data*. Na Figura 46 encontram-se os vários pontos de interesse georreferenciados na área de estudo, com a respetiva simbologia.



**Pontos de Interesse (Sub-Categoria)**

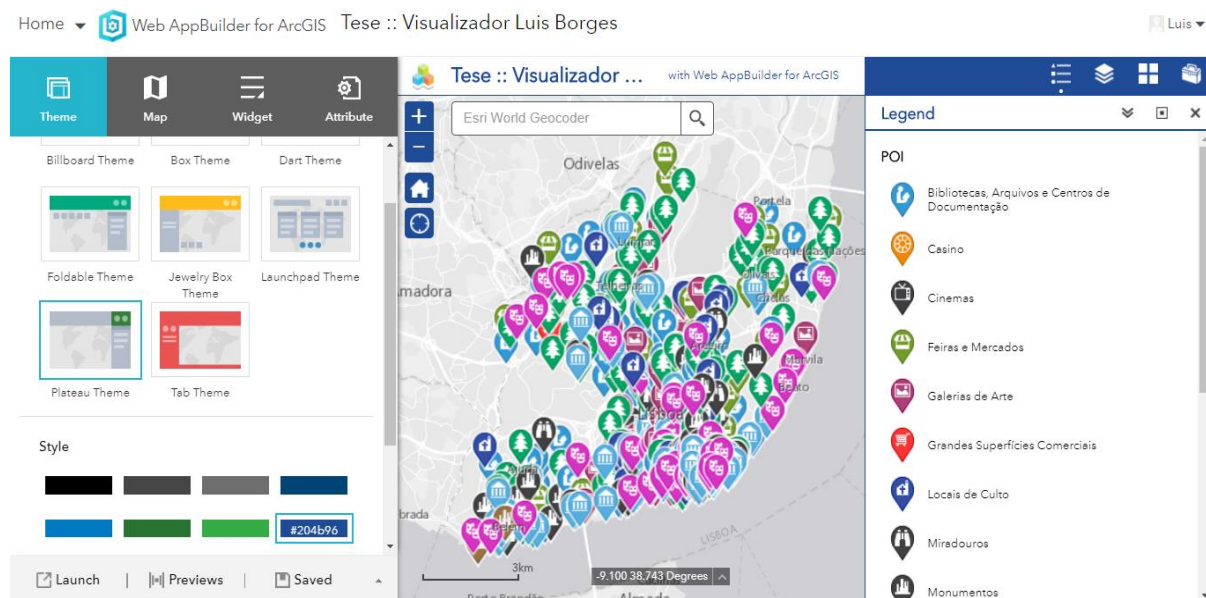
-  Bibliotecas, Arquivos e Centros de Documentação
-  Casino
-  Cinemas
-  Feiras e Mercados
-  Galerias de Arte
-  Grandes Superfícies Comerciais

-  Locais de Culto
-  Miradouros
-  Monumentos
-  Museus
-  Parques e Jardins
-  Património Mundial
-  Teatros

**Figura 47** – Espacialização dos pontos de interesse em Lisboa

## 6.4. Configuração da aplicação

O último passo consistiu na configuração da aplicação através da plataforma *Web Appbuilder for ArcGIS*, a partir da qual foi possível adicionar os *widgets* necessários para o seu funcionamento e o *layout* da aplicação. Na Figura 47, está representada a janela de visualização na qual foi editada a aplicação.

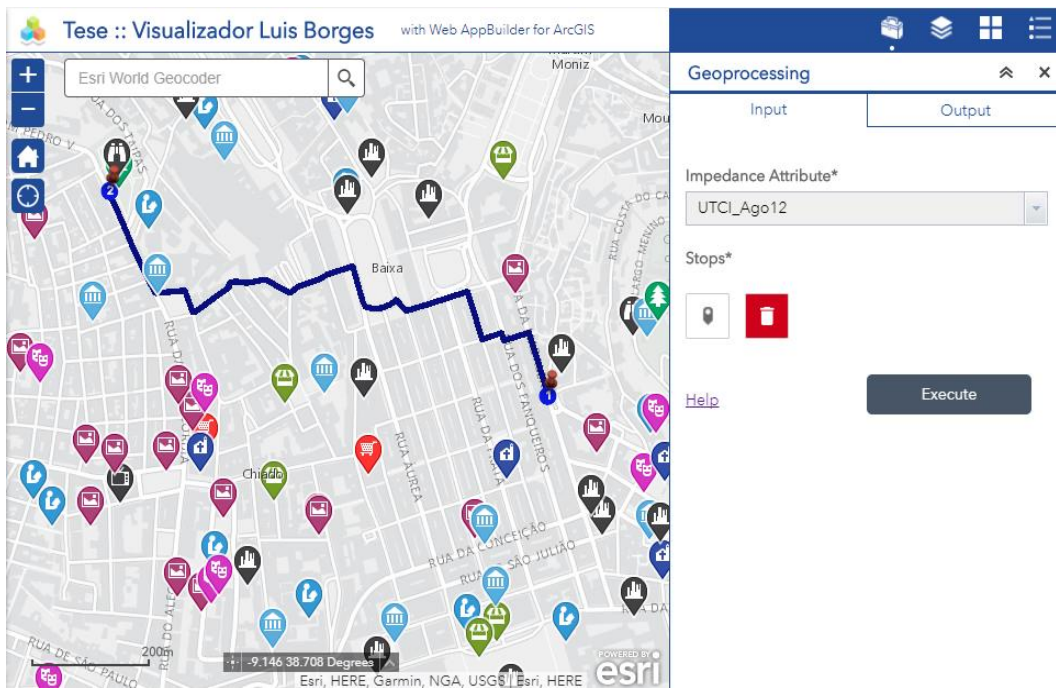


**Figura 48** – Janela de Visualização da Aplicação no *Web App Builder for ArcGIS*

Em relação aos *widgets* adicionados, encontra-se o serviço de geoprocessamento de rotas, criando o percurso mais apropriado para o utilizador deslocar-se pela cidade de Lisboa. Para além deste, é permitido ainda ao utilizador a escolha do *basemap*, que considere mais conveniente para visualizar a cidade e toda a informação disponibilizada, no dispositivo móvel.

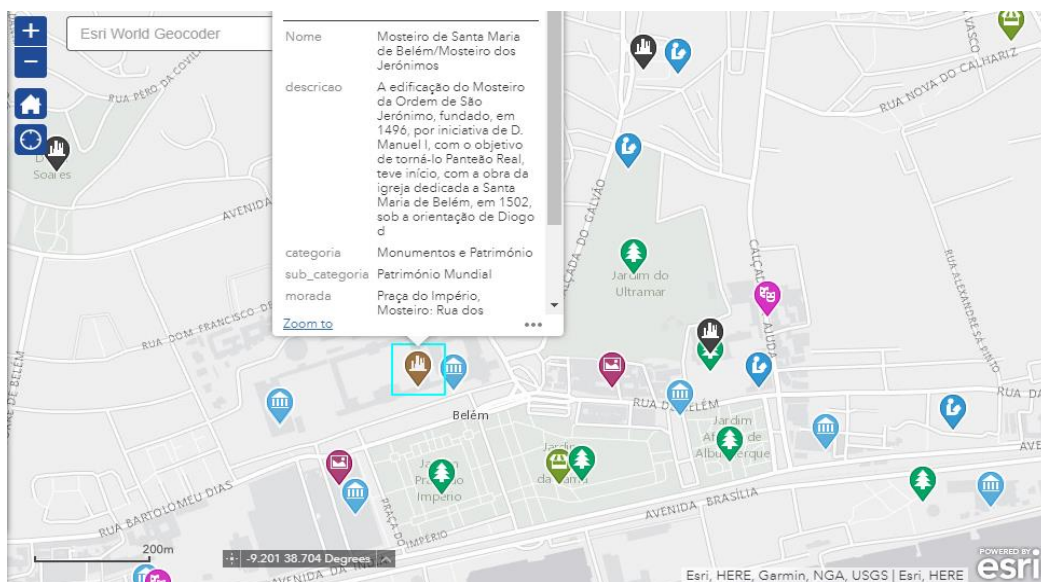
Apesar de já ter sido comprovado previamente na plataforma *ArcMap*, que de facto existem certas diferenças nos resultados obtidos entre os meses de junho, julho e agosto e as horas do dia analisadas, após sendo feito o pedido de rotas otimizadas foram realizados alguns testes de geoprocessamento nesta plataforma, com o propósito de comprovar a eficiência da aplicação.

Tal como é possível observar-se na Figura 48, visto que esta solução consiste ainda num protótipo, é necessário escolher qual a impedância pretendida, quando como produto final a ideia seria a aplicação correr com dados meteorológicos em tempo real, atualizando sistematicamente a base de dados e calculando automaticamente o índice *UTCI* no momento em que o utilizador fizesse o pedido.



**Figura 49** – Geoprocessamento de Rotas

Observando a Figura 49, de modo a fornecer alguma informação ao utilizador sobre os POI existentes na cidade de Lisboa, ao seleccionar em cada um dos respetivos no mapa, ficam visíveis alguns dados relevantes e uma breve descrição dos POI que permite ficar a conhecer um pouco mais sobre as suas características.



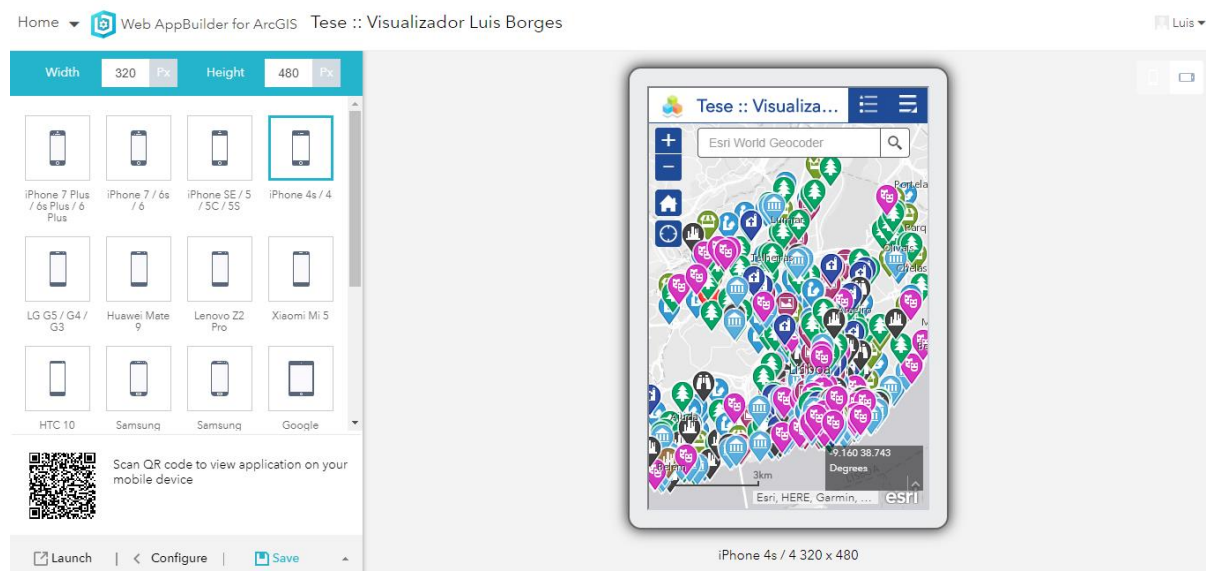
**Figura 50** – Informação sobre os POI

Por último é fundamental testar ainda como as aplicações se comportam nos inúmeros dispositivos móveis. Isto porque as suas dimensões variam de acordo com o modelo, e questões como a resolução e as dimensões físicas são bastante relevantes, assegurando de que o conteúdo encontra-se perceptível em qualquer uma das plataformas.

De acordo com Firtman (2013), os tamanhos dos ecrãs podem ser categorizados da seguinte forma:

- *Smartphones* de ecrã pequeno: entre 3,81 e 7,62 cm
- *Smartphones* de ecrã médio/normal: entre 7,62 e 10,16 cm
- *Smartphones* de ecrã grande: entre 10,16 e 12,7 cm
- *Tablets* com ecrã pequeno: entre 12,7 e 20,32 cm
- *Tablets* com ecrã grande: entre 20,32 e 27,94 cm

Na Figura 50 estão representados alguns modelos de *smartphones* e *tablets* na plataforma *Web AppBuilder for ArcGIS*, que nos permitem pré-visualizar a *App* no seu estado final, antes de dar por terminada a sua construção e a tornar pública.



**Figura 51** – Layout dos dispositivos móveis

## **Capítulo 7**

---

### **Considerações Finais e Futuros Desenvolvimentos**

## 7. Considerações finais e futuros desenvolvimentos

Na elaboração do presente relatório de estágio foi abordada a temática das tecnologias da informação e a sua aplicação ao conforto térmico na área do turismo, para o qual foi desenvolvido o protótipo de uma aplicação. De modo a concretizar este projeto, foi necessário, em primeiro lugar realizar uma recolha de dados relativos a quatro variáveis climáticas: vento, temperatura do ar, humidade relativa e temperatura radiativa média; e como fonte de informação turística, foi feita uma recolha de diversos POI dispersos por toda a cidade de Lisboa. Tendo esta etapa inicial concluída, foi aplicado um índice de conforto térmico para toda a área de estudo, o *UTCI*, com base nas quatro variáveis climáticas já referidas, inserindo depois os resultados numa rede criada a partir das vias e ruas de Lisboa de forma a dotar o modelo de uma escala humana e adequá-lo às necessidades dos turistas. Por fim, procedeu-se à partilha dos dados na *web*, recorrendo ao *ArcGIS Server*, e de seguida realizou-se a configuração e implementação da aplicação através do *Web AppBuilder for ArcGIS*.

É relevante referir que no processo de realização do relatório, foram encontrados alguns problemas e obstáculos, a começar pela disponibilização de fontes de dados das variáveis climáticas. Esta questão da integridade dos dados é um assunto extremamente importante ao qual se deve ter muita atenção, especialmente quando se trata de um produto que se pretenda distribuir para efeito de usufruição por parte de um vasto número de utilizadores e a partir do qual se tomam decisões que podem afetar a saúde e vida das pessoas. A presença de estações de dados meteorológicos em Lisboa não é muito abrangente, o que torna os resultados um pouco aquém da sua potencialidade. Isto porque, quanto maior o número de fontes de informação disponíveis na área de estudo, mais aproximada será a espacialização dos dados e mais correta será a sua análise.

Para o caso de estudo, foi utilizado o método de regressão múltipla *stepwise* no processo de modelação da variável da temperatura do ar, obtendo estimações aproximadas aos valores observados nas estações meteorológicas. Contudo, apesar de não existir um método considerado como o mais adequado, seria ainda interessante no futuro recorrer a diferentes abordagens de cálculo e modelação dos valores da temperatura do ar, como por exemplo o método geoestatístico de *cokrigagem*, ou até mesmo o método de regressão múltipla que não seja *stepwise*, isto é, verificar quais as variáveis que influenciam as variações da temperatura do ar e inserir todas como variáveis independentes na função. Desta forma cremos ser possível calibrar o modelo e torná-lo mais ajustável à realidade.

Considerando uma cidade como um organismo em constante mudança e evolução, é natural que com o passar do tempo, a informação geográfica sofra também algumas alterações, dando como exemplo os dados correspondentes às vias e ruas utilizados para a elaboração deste projeto, que já não se encontram atualizados face ao presente, o que não seria de todo aceitável caso este fosse o produto final da aplicação e existisse intenção de comercialização aos utilizadores.

É então importante sublinhar que esta aplicação se trata apenas de um protótipo e como tal possui as suas limitações, uma vez que: os modelos criados são adequados apenas para o verão de 2015, pois, em primeiro lugar, utilizam valores de velocidade de vento derivados dos dados obtidos apenas para esse ano. Em segundo lugar, os dados de temperatura do ar, humidade relativa e temperatura radiativa média correspondem igualmente apenas aos meses de junho, julho e agosto do ano de 2015. Assim ao definir modelos que se apliquem a medições contínuas, será preciso a análise de series de anos anteriores, para que se construam modelos adequados.

Dito isto, devemos ter em conta que fora de ambiente académico, este projeto não poderia terminar por aqui, encontrando-se incompleto como produto comercializável e de utilização apenas com estes resultados analíticos. Todavia, após comprovada a ideia de que é possível desenvolver rotas que tenham em consideração o índice térmico do *UTCI*, pode-se agora afirmar que seria necessário realizar um estudo e tratamento de dados mais aprofundado da respetiva área e do clima presente.

Uma forma de melhorar o projeto no futuro seria ter ainda em conta o estado de tempo atual, que de acordo com as condições de tempo seria feita uma sugestão ao utilizador de pontos de interesse que se adequassem mais ao conforto térmico da pessoa. Por exemplo, em caso de um dia de muito calor, seriam sugeridos os pontos de interesse próximos mais arrefecidos, ou seja, espaços mais climatizados, enquanto em dias de chuva seriam apenas sugeridos espaços fechados e abrigados. Para tal ser possível, era necessária uma base de dados que estivesse constantemente a ser alimentada com informação sobre os valores das variáveis climáticas no momento, aplicando depois um algoritmo que calculasse o *UTCI* no momento exato em que fosse utilizada a aplicação por parte do utilizador.

A inserção de outros atributos na função-custo da rede seria também um aspeto interessante a considerar, como por exemplo o declive das ruas, de modo a fazer com que os turistas evitem ao máximo percorrer ruas muito inclinadas e por sua vez diminuir a fadiga. Um outro exemplo

interessante, que exige algum trabalho, seria ter em consideração a presença de sombras e sugestão das ruas mais abrigadas pelas mesmas em dias de muito calor.

No entanto, tal não foi feito, visto que, assinalando mais uma vez, o propósito deste projeto consistia mais em aplicar um modelo e algoritmo que se comprova a possibilidade de ser desenvolvida uma aplicação que respondesse a esta necessidade de evitar ao máximo o desconforto térmico por parte dos turistas em dias de Verão.

É possível concluir assim que estes estudos que se enquadram na temática do Turismo e SIG e modelação geográfica podem ser considerados uma ferramenta extremamente útil, na tomada de decisões viradas para questões de negócio, evitando o desperdício de tempo e recursos em estabelecimentos ao facilitar a gestão e disponibilização de toda a informação, e também para os turistas ao facilitar na escolha de rotas mais agradáveis a percorrer enquanto visitam a cidade.

## **Referências Bibliográficas**

- Ahmed, H. and Talab, S. (2015). Create Web Map Application with Arcgis Server. Computer Science, Alneelain University, Faculty of High Studies.
- Alcoforado, M. (1996). Comparaison des ambiances bioclimatiques estivales d'espaces verts de Lisbonne. Publications de l'Association Internationale de Climatologie, 9, pp. 273-280.
- Andrade, H. (1998). O Desconforto térmico estival em Lisboa - Uma Abordagem Bioclimática. Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia, XXXIII(66), pp. 41-58.
- Andrade, H. (2003). Bioclima humano e temperatura do ar em Lisboa. Tese de Doutoramento em Geografia Física. Lisboa.
- Andrade, H. e Viera, R. (2007). A Climatic Study of an Urban Green Space: The Gulbenkian Park in Lisbon (Portugal). Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia, XLII(84), pp. 27-46.
- Attahiru, G e Lattimore, C. (2015). Location-based Services: Tool for Tourism Service Promotion. Journal of Business and Economics, ISSN 2155-7950, USA. Volume 6, No. 12, pp. 2089-2096.
- Baccini, M. et al., (2008). Heat effects on mortality in 15 European cities. Epidemiology. 2008 Sep; 19(5):711-9.
- Baltazar, S (2010). Mapas bioclimáticos de Lisboa. Tese de mestrado, Geografia Física e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território.
- Bauer, J. (2012). Assessing the Robustness of Web Feature Services Necessary to Satisfy the Requirements of Coastal Management Applications. A Research Paper submitted to The College of Earth, Ocean, and Atmospheric Sciences, Oregon State University in Master of Science Geography Program.
- Burkart et al., (2013). Interactive short-term effects of equivalent temperature and air pollution on human mortality in Berlin and Lisbon. Environmental Pollution, Volume 183, pp. 54-63.
- Burkart, K. et al., (2016). Modification of heat-related mortality in an elderly urban population by vegetation (urban green) and proximity to water (urban blue): evidence from Lisbon, Portugal. Environ Health Perspect 124:927-934.

Bigano, A., Hamilton, J. M., Tol, R., & Mattei, F. E. E. (2008). Climate change and tourism in the mediterranean. Research Unit Sustainability and Global Change FNU-157. Hamburg University and Centre for Marine and Atmospheric Science, Hamburg.

Blazejczyk, K. et al., (2010). Principles of the new universal thermal climate index (UTCI) and its application to bioclimatic research in European scale. *Miscellanea Geographica*, Vol. 14/January 2010, pp. 91-102.

Blazejczyk, K. Vinogradova, V. (2014). Assessment of adaptation strain at tourists from central and northern Europe traveling to Mediterranean region. *Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia*, XLIX (98).

Bröde P, Fiala D, Blazejczyk K, Epstein Y, Holmér I, Jendritzky G, Kampmann B, Richards M, Rintamäki H, Shitzer A, Havenith G, (2009). Calculating UTCI Equivalent Temperature. In: JW Castellani & TL Endrusick, eds. *Proceedings of the 13th International Conference on Environmental Ergonomics*, USARIEM, Natick, MA.

Cooney, C. (2012). Downscaling Climate Models. Sharpening the Focus on Local-Level Changes. *Environmental Health Perspectives*. Volume 120, number 1.

Curtin, K.M. (2007). Network analysis in geographic information science: Review, assessment, and projections. *Cartography and Geographic Information Systems*. 34, no.2, pp. 103-111.

Dickinson, J. et al., (2014). Tourism and the smartphone app: capabilities, emerging practice and scope in the travel domain. *Current Issues in Tourism*, 2014 Vol. 17, No. 1, pp. 84–101.

Dijkstra, E. (1959). A Note on Two Problems in Connexion with Graphs. *Numerische Mathematik* 1, pp 269 – 271.

Dimoudi, A. & Nikolopoulou, M. (2003). Vegetation in the Urban Environment: Microclimatic Analysis and Benefits. *Energy and Buildings* 35(1): pp. 69-76.

Esri (2017). Web AppBuilder for ArcGIS. [Acedido em 25 de Abril de 2017] em <https://doc.arcgis.com/en/web-appbuilder/create-apps/what-is-web-appbuilder.htm>.

ESRI ArcGIS 10.2 for Server on VMware® vSphere® - Technical Considerations Guide (2013) [Acedido em 20 de Abril de 2017] em [http://downloads.esri.com/support/whitepapers/other\\_/W27387\\_Esri\\_ArcGIS\\_VMware\\_Deployment\\_Guide\\_FINAL\\_080513.pdf](http://downloads.esri.com/support/whitepapers/other_/W27387_Esri_ArcGIS_VMware_Deployment_Guide_FINAL_080513.pdf)

- Firtman, M. (2013). *Programming the Mobile Web*, 2nd Edition, O'Reilly Media.
- Gebrayel, A. (2013). *The Impact of Climate Change on Tourism in the Mediterranean Region*. *Global Climate Change (EH525)*.
- Gonzalez M. C., Hidalgo C. A. and Barabasi A. L. (2008). Understanding individual human mobility patterns. *Nature*, Vol. 453, No. 7196, pp. 780-782.
- Henriques, C. (2003). *Turismo, cidade e cultura: planeamento e gestão sustentável*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Jendritzky G, De Dear R, Havenith G (2012). UTCI - Why another thermal index? *International Journal of Biometeorology*, 56, pp. 421-428.
- Kansky, K. (1963). *Structure of transportation networks: Relationships between network geometry and regional characteristics*. Ph. D. Thesis in Philosophy. University of Chicago, Chicago.
- Kline, D. et al., (2013). *ArcGIS Server: An Application Migration, Application Template Construction and Server Analysis & Design for the University of North Carolina Wilmington Department of Geography & Geology*.
- Lawrence, M. (2005). The Relationship between Relative Humidity and the Dewpoint Temperature in Moist Air: A Simple Conversion and Applications. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 86, pp. 225-233.
- Lopes, A. Alcoforado, M. (2011). Urban boundary layer wind speed reduction in summer due to urban growth and environmental consequences in Lisbon, *Environmental Modelling & Software*, pp. 241-243.
- Lopes, A. Alves, E. Alcoforado, M. e Machete, R. (2013) - Lisbon Urban Heat Island Updated: New Highlights about the Relationships between Thermal Patterns and Wind Regimes. *Advances in Meteorology*. Volume 2013, Article ID 487695, 11 pages.
- Machete, et al., (2014) – Tourism and Climate in Lisbon. An Assessment based on Weather Types. *Finisterra*, XLIX, 98, 2014, pp. 153-176.
- Martín, B. (2005) – Weather, Climate and Tourism A Geographical Perspective. University of Barcelona, Spain. *Annals of Tourism Research*, Vol. 32, No. 3, pp. 571–591.

Matzarakis, A. (2006). Weather - and Climate-Related Information for Tourism. *Tourism and Hospitality Planning & Development* Vol. 3, No. 2, pp. 99–115.

Matzarakis, A. Alcoforado, M. (2007). Importance of thermal comfort and bioclimate for Tourism. *Climate Change and Tourism*, 7.-8.

Matzarakis, Muthers e Rutz (2014). Application and comparison of UTCI and PET in temperature climate conditions. *Finisterra – Revista Portuguesa de Geografia*, 48 (98), pp. 21-31.

Mayer, H. (1993). Urban bioclimatology. Meteorological Institute, University of Freiburg, Werderring 10, D-79085 Freiburg (Germany). *Experientia*, Vol: 49, Issue 11, 1993, pp. 153-176.

Mendes, F. Filho, D. e Lopes, A. (2015). Proposta de Metodologia para a Quantificação da Cobertura Arbórea na Cidade de Lisboa a partir de Imagem de Alta Resolução. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21.

Morais, P. (2013). Os transportes públicos e a mobilidade dos cidadãos portadores de deficiência motora no concelho de Lisboa. In *Construindo cidades saudáveis*. Universidade de Lisboa.

Moreno, H. (2017). Location Intelligence: Mapping the Opportunities In The Data Landscape. [Acedido em 20 de Março em 2017] em (<https://www.forbes.com/sites/forbesinsights/2017/01/19/location-intelligence-mapping-the-opportunities-in-the-data-landscape/#710a6df91bc6>).

Morgado, P. (2010). Efeito estruturante das redes de transporte no território – Modelo de análise. Dissertação de doutoramento em Geografia Humana, Universidade de Lisboa.

Niedzwiadek, H. (2002). Where's the value in location services, [Acedido em Outubro em 2016](<http://lbs360.directionsmag.com/LBSArticles/HN.Where's%20the%20Value%20in%20Location%20Services.pdf>).

Parsons, K. (1993). *Human Thermal Environments: The effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort and performance*. Second Edition.

Pimpler, E. (2014). *Building Web and Mobile ArcGIS Server Applications with JavaScript*. Published by Packt Publishing Ltd. Livery Place, 35 Livery Street, Birmingham B3 2PB, UK.

Pontikakos, C. Glezakos, T. e Tsiligiridis, T. (2005). Location-based services: architecture overview. Agricultural University of Athens, Greece.

Puhretmair, F., Lang, P., Tjoa, A.,M., e Wagner, R. (2001). The XML-KM approach: XML-based integration of tourism and GIS data for HTML and WAP clients, Institute for Applied Knowledge Processing (FAW).

Turismo de Portugal (2015). Relatório de Atividades. [Acedido em 15 de Abril de 2017] ([http://www.turismodeportugal.pt/Portugu%C3%AAs/turismodeportugal/QuemSomos/Documents/RELATORIO\\_ATIVIDADES\\_2015\\_TP.pdf](http://www.turismodeportugal.pt/Portugu%C3%AAs/turismodeportugal/QuemSomos/Documents/RELATORIO_ATIVIDADES_2015_TP.pdf)).

Rao, B. e Minakakis, L. (2003). Evolution of Mobile Location-based Services, communications of the ACM December 2003/Vol. 46, No. 12, pp. 61-65.

Santos, L. (2014). Desenvolvimento de Soluções Mobile para o Banco de Portugal. Dissertação de Mestrado em Engenharia Informática. Universidade de Lisboa.

Scott, D. e Lemieux, C. (2010). Weather and Climate Information for Tourism. University of Waterloo, Canada. Procedia Environmental Sciences 1, pp. 146–183.

Shekhar, S. e Xiong, H. (2008). Encyclopedia of GIS. New York: Springer Science.

Sousa, N. (2007). Location-Based Services - A Crescente Importância da Localização. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa.

VDI (1998). VDI 3787, Part I: Environmental Meteorology, Methods for the human biometeorological evaluation of climate and air quality for the urban and regional planning at regional level. Part I: Climate. Beuth, Berlin.

Verka, J. and Njegus, A. (2008). The Application of GIS and it's Components In Tourism. Yugoslav Journal of Operations Research Vol 18 (2008), Number 2, pp. 261-272.

Eckerson, W. (2012). Location Intelligence Is More Than a Map. [Acedido em 10 de Março de 2017] em [http://www.b-eye-network.com/blogs/eckerson/archives/2012/07/location\\_intell.php](http://www.b-eye-network.com/blogs/eckerson/archives/2012/07/location_intell.php).

Wei, W. (2012). Research on the Application of Geographic Information System in Tourism Management. Procedia Environmental Sciences 12, pp. 1104 – 1109.