

Departamento de Geografia  
Centro de Estudos em Geografia e Ordenamento do Território

# Cadernos de Geografia



Nº 32 - 2013

# Esboço de definição de climatopos no espaço urbano e periurbano de Mangualde (Portugal). Aplicação ao ordenamento urbano

## Hugo Miguel Melo

Mestre em Geografia Física, Ambiente e Ordenamento do Território pela Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.  
hugo86melo@hotmail.com

## Nuno Ganho

Departamento de Geografia e Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT). Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra.  
nganho@netvisao.pt

## Resumo:

A partir da observação de dados no terreno de variáveis climáticas efectuada no espaço urbano e periurbano da cidade de Mangualde (Portugal), foi possível distinguir e definir áreas com características físicas semelhantes quanto a factores intervenientes no clima local e, conseqüentemente, às quais corresponde uma certa homogeneidade topo-climática, designadas por climatopos. A identificação de climatopos e a sua caracterização é um dos aspectos fundamentais da aplicação da climatologia ao ordenamento urbano, permitindo, nomeadamente, evidenciar contrastes espaciais de desconforto bioclimático, de condições potenciadoras de diminuição da qualidade do ar, entre outras e, deste modo, definir orientações específicas de mitigação de características topo-climáticas desfavoráveis à qualidade do ambiente urbano. Neste trabalho apresenta-se um esboço preliminar de climatopos na cidade de Mangualde e a sua aplicação ao ordenamento urbano.

**Palavras-chave:** Climatopos. Ordenamento urbano. Mangualde.

## Résumé:

*Définition climatopes définition dans les zones urbaines et périurbaines de Mangualde (Portugal). Demande au développement urbain.*

À partir des données d'observation dans le domaine des variables climatiques a fait dans les zones urbaines et périurbaines de la ville de Mangualde (Portugal), il était possible de distinguer et de définir les zones ayant les mêmes caractéristiques physiques que les facteurs impliqués dans le climat local et, par conséquent, ce qui correspond à une homogénéité topoclimat, appelé climatopes. L'identification et la caractérisation des climatopes est un aspect clé de l'application de la climatologie à la ville, permettant, en particulier, soulignent contrastes spatiaux bioclimatique l'inconfort et des conditions de potentiel de qualité de l'air réduit, entre autres, et ainsi, élaborer des lignes directrices caractéristiques d'atténuation topoclimats spécifiques défavorable à la qualité de l'environnement urbain. Dans ce travail, nous présentons un projet préliminaire de climatopes dans la ville de Mangualde et son application à la planification urbaine.

**Mots-clés:** Climatopes. Planification urbaine. Mangualde.

## Abstract:

*Climatopes outline definition in urban and periurban areas of Mangualde (Portugal). Application to urban development*

From the observation data in the field of climatic variables made in urban and periurban areas of the city of Mangualde (Portugal), it was possible to distinguish and define areas with similar physical characteristics as factors involved in the local climate and, consequently, which corresponds to a homogeneity topoclimate, called climatopes. The identification and characterization of climatopes is a key aspect of the application of climatology to town, allowing, in particular, highlight spatial contrasts of bioclimatic discomfort and potential conditions of reduced air quality, among others, and thus, develop guidelines specific mitigation features topoclimates unfavorable to the quality of urban environment. In this work we present a preliminary draft of climatopes in the city of Mangualde and its application to urban planning.

**Keywords:** Climatopes. Urban planning. Mangualde.

## 1. Introdução

O trabalho que aqui se apresenta responde à necessidade de implementar medidas concretas de aplicação da climatologia ao ordenamento urbano (MALCOFORADO, 1999; GANHO, 1998, 1999; MARQUES, GANHO e ROCHETTE, 2008, 2009), tendo como base um estudo, anteriormente apresentado, sobre contrastes termohigrométricos e de vento na cidade de Mangualde (MELO, 2011). Nessa medida, a definição de um esboço de climatopos foi um dos objectivos da investigação dos contrastes espaciais de temperatura, de humidade relativa e de vento, e diagnóstico de algumas debilidades climáticas que a cidade de Mangualde apresenta.

Em Portugal começa a ser usual a criação de cartografia específica, de síntese climática, para o apoio à decisão no ordenamento urbano. ALCOFORADO *et. al.* (2005) refere alguns relatórios que se foram elaborando sobre a temática, para diversas cidades portuguesas. Os climatopos, sendo áreas homogéneas do ponto de vista físico (ocupação do solo, morfologia urbana e posição topográfica), interagem de modo particular com a atmosfera, de forma que a cada climatopo corresponderá um clima próprio, com características específicas (ALCOFORADO, 1999; SCHERER *et. al.*, 1999). A definição destas áreas é de imperativa importância na tomada de decisão quanto ao ordenamento urbano.

Na certeza de que a definição dos climatopos pode, de forma inequívoca, ajudar a mitigar alguns dos constrangimentos na qualidade de vida e na sustentabilidade urbana, apontam-se algumas medidas capazes de ajudar a mitigar o desconforto bioclimático. Este, muitas das vezes, é causado pela ausência de preocupações climáticas no ordenamento da cidade. Para esse efeito elaborou-se cartografia temática, de escala topoclimática, capaz de traduzir espacialmente a homogeneidade das áreas em estudo, contribuindo não só para a sua aplicação a Planos de Urbanização (PU), como também, contemplando orientações climáticas nos Planos Directores Municipais (PDM).

## 2. Metodologia

Depois de realizadas 10 observações itinerantes, de acordo com metodologia específica utilizada em outros trabalhos (ALCOFORADO, 1988; GANHO, 1995a, 1995b, 1995c), em diferentes locais da área em estudo, onde se obtiveram os valores da temperatura, humidade relativa e vento, era necessário o tratamento dos dados e cruzá-los com os factores climáticos, tentando

desta forma procurar as causas dos contrastes espaciais verificados no espaço de observação. Assim, para o levantamento da cota de cada ponto, utilizaram-se as Cartas Militares de Portugal (escala 1/25000, números 189 e 190). Na análise do uso do solo, para cada ponto, definiu-se um *buffer* de 50m calculando-se em seguida as diferentes áreas de ocupação do solo, de acordo com as seguintes categorias pré-determinadas:

- área urbana, de forte ocultação do horizonte, para as áreas com edifícios com três ou mais andares;
- área urbana, de fraca ocultação do horizonte, para as áreas com edifícios até dois andares;
- área florestal, para áreas com vegetação arbórea desenvolvida e densa;
- área agrícola, para áreas ocupadas com produtos hortícolas ou solos arados;
- área verde, para solos ocupados por estratos herbáceo e arbustivo, normalmente em abandono recente;
- área não verde, onde se incluem áreas ocupadas por alcatrão, calçada e solo despido.

Os dados obtidos foram tratados e analisados através de medidas de tendência central e de dispersão. Optou-se também por uma análise por regressão simples, com o intuito de calcular a intensidade das relações de dependência que se estabeleceram entre os factores climáticos altitude e uso do solo (por serem os únicos, no contexto local, susceptíveis de serem quantificados), e as variáveis climáticas temperatura, humidade relativa e vento. Também se procedeu à análise de *clusters*, que permitiu definir pontos com características e comportamentos climáticos semelhantes e, conseqüentemente, contribuiu para a definição de climatopos.

## 3. Análise de regressão simples

### 3.1. Temperatura

Dependendo das condições sinópticas, os resultados das análises dos contrastes topoclimáticos variam. As variáveis climáticas interagem com os factores climáticos de forma diferenciada, estando o seu comportamento espacial intimamente ligado, no caso específico da cidade de Mangualde, às diferentes categorias do uso do solo e à topografia (Quadros I e II).

A maior estabilidade atmosférica induz, nas áreas de maior cota, temperaturas mais elevadas, assim como, as inversões térmicas potenciam temperaturas mais baixas nos locais menos elevados. Por sua vez, a ocorrência de vento, tem a capacidade de modificar os

padrões dos contrastes térmicos da cidade. O aumento da camada de mistura, por destruição da estratificação térmica estável da atmosfera, elimina as inversões térmicas e modifica os contrastes térmicos, passando as áreas de cota mais elevada, a terem temperaturas mais baixas e as áreas de cota inferior, a registarem temperaturas mais elevadas. Nestes casos, uso do solo como factor climático interveniente na distribuição dos contrastes térmicos, assume um papel mais importante que a topografia.

Na época invernal, os contrastes térmicos espaciais estão mais dependentes das diferentes circulações sinópticas, porque nesta altura do ano estas são mais diversificadas. Assim, a área agrícola representa, frequentemente, a área onde o arrefecimento irradiativo do ar pela base é mais intenso. Quando se observa uma velocidade de vento moderada a forte, os contrastes térmicos modificam-se, sendo a altitude o factor climático que mais interfere nos contrastes térmicos, com as áreas mais expostas e de maior altitude as que registam menores temperaturas.

Na época estival, o arrefecimento do ar é sempre maior na área agrícola e nas áreas verdes o que traduz a maior frescura dos espaços envolventes da cidade de Mangualde. A altitude tem, em alguns casos observados, uma relação linear inversa bastante significativa na explicação do arrefecimento do ar.

A maior concentração de calor no centro da cidade é quase sempre uma constante. No entanto, na época invernal, a altitude também tem uma relação linear bastante significativa. Este facto é resultante da forte

estratificação da atmosfera, que faz com que, frequentemente, a ilha de calor, instalada nas áreas urbanas de forte ocultação do horizonte (centro da cidade), se prolongue para o Monte da Senhora do Castelo, a Nordeste da cidade. Assim, a topografia tem uma influência muito significativa nos contrastes térmicos da cidade, tornando as áreas de maior cota altitudinal, as áreas com maiores temperaturas. Em dias em que se verifica vento, as áreas urbanas de fraca ocultação do horizonte, são as que aglomeram maior calor. É sob acção de fluxos moderados a fortes que o calor se concentra nos pequenos bairros periféricos da cidade de Mangualde, formando um arquipélago de calor urbano.

Na época estival, os espaços urbanizados de forte ocultação do horizonte são aqueles a que, permanentemente, corresponde uma verdadeira ilha de calor urbano.

### 3.2. Humidade relativa

Os contrastes higrométricos espaciais têm, na sua relação com os factores climáticos, a explicação, ainda que parcial, para o seu comportamento diferenciado (Quadros III e IV).

Na época invernal a humidade relativa apresenta, frequentemente, uma relação linear inversa com a altitude. Assim, as áreas mais baixas da cidade de Mangualde são, normalmente, as mais húmidas. A área agrícola e a área verde, sendo áreas expostas e com um estrato vegetativo de baixa dimensão, são as que registam menor humidade relativa.

Na época estival, a área agrícola também apresenta, regularmente, uma relação linear inversa com a altitu-

Quadro I

Resultados das regressões entre a temperatura e os factores intervenientes, para cada percurso de observação (época invernal)

Temp. INV.	Altitude		Forte Ocul.		Fraca Ocul.		Área florestal		Área agrícola		Área verde		Área não verde	
	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>
27-nov	0,309*	0,096*	0,471*	0,222*	0,104*	0,011*	0,059*	0,003*	0,546**	0,299**	0,297**	0,088**	0,023**	0,001**
24-dez	0,123**	0,015**	0,101*	0,001*	0,156*	0,024*	0,137**	0,019**	0,120**	0,014**	0,273**	0,075**	0,089*	0,008*
16-jan	0,131*	0,017*	0,318*	0,101*	0,141*	0,002*	0,057*	0,003*	0,293**	0,086**	0,239**	0,057**	0,166**	0,027**
22-jan	0,252**	0,064**	0,092**	0,009**	0,327*	0,107*	0,131**	0,017**	0,060**	0,004**	0,092**	0,009**	0,146**	0,021**
5-fev	0,323*	0,104*	0,292*	0,085*	0,050**	0,002**	0,090*	0,008*	0,217**	0,047**	0,068**	0,005**	0,079**	0,006**

Quadro II

Resultados das regressões entre a temperatura e os factores intervenientes, para cada percurso de observação (época estival)

Temp. VER.	Altitude		Forte Ocul.		Fraca Ocul.		Área florestal		Área agrícola		Área verde		Área não verde	
	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>
30-jun	0,456*	0,208*	0,429*	0,184*	0,186*	0,035*	0,091*	0,008*	0,555**	0,308**	0,389**	0,151**	0,142*	0,002*
21-jul	0,035*	0,001*	0,374*	0,140*	0,142*	0,020*	0,058*	0,003*	0,404**	0,163**	0,328**	0,108**	0,022*	0,001*
26-jul	0,364**	0,133**	0,434*	0,189*	0,081*	0,007*	0,078*	0,006*	0,429**	0,184**	0,312**	0,097**	0,047**	0,002**
10-ago	0,087**	0,008**	0,127*	0,096*	0,017*	0,000*	0,165*	0,027*	0,148**	0,022**	0,018**	0,000**	0,116**	0,013**
11-ago	0,500*	0,250*	0,453*	0,205*	0,159*	0,025*	0,022*	0,000*	0,537**	0,28,9**	0,276**	0,076**	0,076**	0,006**

\* Regressão linear simples

\*\* Regressão linear inversa simples

de, pelo que esta relação é semelhante nas duas épocas do ano. No entanto, os espaços não verdes, por ausência de vegetação, apresentam, no verão, o mesmo tipo de relação com a altitude, sendo ainda mais significativa.

Em dias com forte estabilidade atmosférica, a altitude tem uma relação linear directa com a humidade relativa bastante significativa, sendo esta característica mais evidente na época estival. Assim, as áreas de cota mais elevada são também as áreas de maior humidade relativa da cidade. Com a presença de vento, as áreas de maior atrito, as áreas urbanas e as áreas florestais, têm tendência para apresentar uma maior humidade relativa. Este facto advém do efeito de abrigo ou de exposição em relação ao vento, o qual, nas áreas mais expostas implica uma maior turbulência e, conseqüentemente, menores valores de humidade relativa.

No caso das áreas urbanas, a maior humidade relativa, origina uma ilha de humidade e, por antagonismo, quando as áreas urbanas apresentam uma menor humidade relativa em relação ao espaço envolvente, origina-se uma ilha de seca. A frequência da ilha de seca na área das escolas associada a temperaturas

baixas, torna esta área uma das mais desconfortáveis, do ponto de vista bioclimático, da cidade de Mangualde, no inverno.

Na época estival, a ilha de humidade apresenta um constrangimento à qualidade de vida dos cidadãos. Bioclimaticamente desconfortável pela associação da ilha de calor com a ilha de humidade, o centro urbano tem que ser adequadamente ventilado.

### 3.3. Vento

Somente em dois dias das cinco observações invernais se registou vento (Quadro V). Na época estival, a fraca velocidade do vento impediu o seu registo. No inverno, com vento de Norte, as áreas agrícolas, verdes e não verdes são as que registam uma maior velocidade do vento, por serem aquelas onde o atrito é menor.

Com vento de Nordeste, a situação aerológica é semelhante. As áreas que registam uma menor velocidade do vento são as áreas urbanas. As áreas urbanas, de fraca e de forte ocultação do horizonte, apresentam relações lineares inversas muito significativas com a velocidade do vento. O maior atrito do edificado define os

Quadro III

Resultados das regressões entre a humidade relativa e os factores intervenientes, para cada percurso de observação (época invernal)

HR% INV.	Altitude		Forte Ocul.		Fraca Ocul.		Área florestal		Área agrícola		Área verde		Área não verde	
	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>
27-nov	0,301**	0,091**	0,127**	0,016**	0,042*	0,002*	0,075*	0,006*	0,093*	0,009*	0,180**	0,032**	0,075*	0,006*
24-dez	0,483**	0,234**	0,133**	0,018**	0,032*	0,001*	0,082*	0,007*	0,208*	0,043*	0,192**	0,037**	0,006*	0*
16-jan	0,258*	0,067*	0,220**	0,046**	0,165*	0,027*	0,155*	0,024*	0,132**	0,017**	0,256*	0,065*	0,229**	0,052**
22-jan	0,126**	0,016**	0,054**	0,003**	0,040*	0,002*	0,102*	0,001*	0,004*	0*	0,121**	0,015**	0,014*	0*
5-fev	0,541*	0,292**	0,307*	0,094*	0,128**	0,016**	0,084*	0,007*	0,254**	0,065**	0,003*	0*	0,009*	0*

Quadro IV

Resultados das regressões entre a humidade relativa e os factores intervenientes, para cada percurso de observação (época estival)

HR% VER.	Altitude		Forte Ocul.		Fraca Ocul.		Área florestal		Área agrícola		Área verde		Área não verde	
	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>
30-jun	0,233*	0,054*	0,187*	0,035*	0,133*	0,018*	0,028*	0,001*	0,205**	0,042**	0,210**	0,044**	0,094**	0,009**
21-jul	0,617*	0,381*	0,387*	0,150*	0,083**	0,007**	0,112*	0,013*	0,114**	0,013**	0,104**	0,011**	0,216**	0,047**
26-jul	0,386*	0,149*	0,079**	0,006**	0,061**	0,004**	0,100**	0,010**	0,170*	0,029*	0,163*	0,026*	0,024**	0,001**
10-ago	0,127**	0,016**	0,223*	0,050*	0,228*	0,047*	0,023*	0,001*	0,049**	0,002**	0,334**	0,111**	0,244**	0,060**
11-ago	0,095**	0,009**	0,026*	0,001*	0,085*	0,007*	0,121*	0,015*	0,055**	0,003**	0,081**	0,006**	0,088**	0,007**

\* Regressão linear simples

\*\* Regressão linear inversa simples

Quadro V

Resultados das regressões entre o vento e os factores intervenientes, para cada percurso de observação (época invernal)

Vento Km/h INV.	Altitude		Forte Ocul.		Fraca Ocul.		Área florestal		Área agrícola		Área verde		Área não verde	
	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>	r	r <sup>2</sup>
24-dez	0,148**	0,022**	0,124**	0,015**	0,068**	0,005**	0,053*	0,003*	0,077*	0,006*	0,084*	0,007*	0,072*	0,005*
22-jan	0,039*	0,001*	0,045**	0,002**	0,207**	0,043**	0,072*	0,005*	0,034**	0,001**	0,247*	0,061*	0,114*	0,013*

\* Regressão linear simples

\*\* Regressão linear inversa simples

limites aerodinâmicos, coincidentes com o perímetro urbano da cidade de Mangualde. As áreas urbanas de fraca oclusão do horizonte, por se encontrarem na periferia da cidade, assumem-se assim, como uma primeira barreira aos fluxos de Nordeste.

#### 4. Análise de clusters

A análise de *clusters* permitiu hierarquizar os pontos de observação segundo as suas características. Este é um primeiro passo para a definição dos climatopos. Utilizando o método *Ward* e a média da distância "euclidiana<sup>2</sup>", os pontos foram agrupados segundo as características de ocupação do solo, sendo este factor o que mais influencia a agregação dos pontos (Figura 1), neste caso em quatro *clusters*, nomeadamente:

**Cluster 1** - Constituído pelos pontos 3, 13, 27, 33, 40, 41 e 49, caracteriza as áreas homogêneas em

relação ao uso do solo da categoria "área urbana de fraca oclusão do horizonte". Calculando as médias para a época invernal, obteve-se uma temperatura média de 3,5°C, uma humidade relativa média de 56% e uma velocidade média do vento de 0,7km/h. Para o período estival as médias obtidas foram de 21,9°C de temperatura e 45,2% de humidade relativa.

**Cluster 2** - Constituído pelos pontos 10, 14, 22, 23, 29, 30, 37, 42 e 47, caracteriza as áreas de maior densidade e volumetria da construção - área urbana de forte oclusão do horizonte. Calculando as médias verifica-se que a temperatura média é de 3,6°C, a humidade relativa média é de 55% e a velocidade média do vento registada é de 0,8km/h, para a época invernal. Para a época estival a temperatura média obtida foi de 22°C e a humidade relativa média de 46,6%.

**Cluster 3** - Constituído pelos pontos 1, 5, 11, 12, 20, 31, 38, 43 e 44, representam áreas muito heterogêneas na ocupação e uso do solo, tanto na periferia como

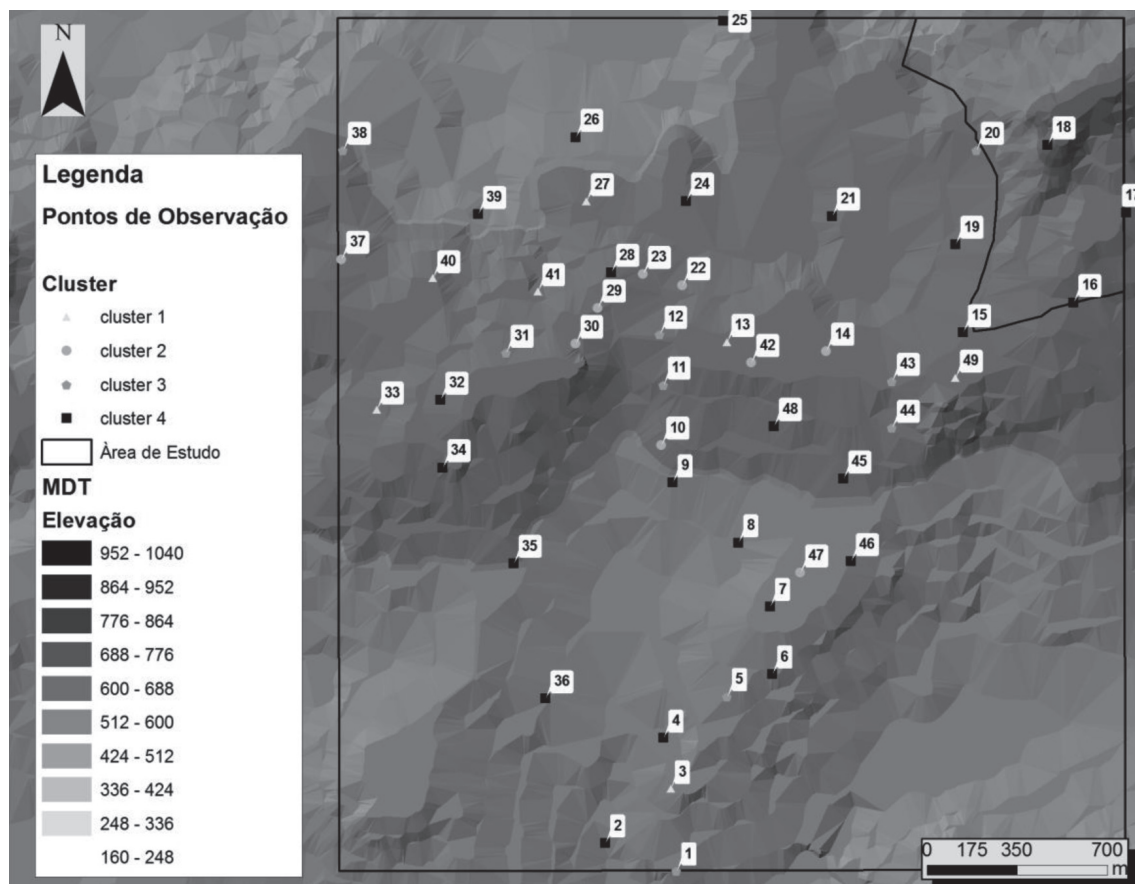


Figura 1  
Hierarquização dos pontos de observação segundo os factores climáticos  
Elaboração própria

no centro urbano. O cálculo das médias mostrou que a temperatura média é de 3,2°C, a humidade relativa média é de 57% e a velocidade média do vento é de 1,1km/h, para a época invernal. Para a época estival a temperatura média obtida foi de 21,6°C e a humidade relativa média de 43,9%.

**Cluster 4** - Constituído pelos pontos 2, 4, 6, 7, 8, 9, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 24, 25, 26, 28, 32, 34, 35, 36, 39, 45, 46 e 48, representam as áreas mais periféricas do espaço em análise. Calculando as médias verifica-se que a temperatura média é de 2,9°C, a humidade relativa apresenta uma média de 55% e a velocidade média do vento de 1,1km/h, para a época invernal. Para o Verão, a temperatura média obtida foi de 20,7°C e a humidade relativa média de 44,2%.

## 5. Climatopos

A informação reunida sobre os factores climáticas, nomeadamente, o uso solo e a topografia (Quadro VI), foi trabalhada em ambiente SIG (Figura 2). O cruzamento destes factores permitiu a definição cartográfica de climatopos, baseada na simplicidade, definida à priori, aquando da quantificação das áreas dos *buffers* do uso do solo. Assim, o comportamento climático verificado em algumas dessas categorias de uso do solo permitiu a sua agregação, tornando a análise mais simples mas, ao mesmo tempo, mais objectiva.

Este processo resultou na definição dos seguintes climatopos (Figura 2):

**Climatopo 1** - Espaço florestal, em posição sobre-elevada em relação à envolvente, factor fundamental nos contrastes espaciais, bem como inter-nocturnos. Posicionando-se a Norte do limite aerodinâmico,

é a área mais exposta ao vento, essencialmente ao vento de Nordeste.

**Climatopo 2** - Espaço florestal de elevada densidade, traduz as áreas vegetais constituídas por espécies arbóreas de desenvolvimento notável e de densidade significativa, imprimindo características diferenciadas nas condições climáticas da cidade e da sua envolvente, estando associado à ambiência bioclimática humana mais favorável.

**Climatopo 3** - Espaço agrícola e verde, este climatopo reúne áreas que tem comportamentos semelhantes. A sua posição periférica e as características que revelaram nas observações, de forma genérica, estão associadas ao arrefecimento por irradiação. A sua exposição é uma característica evidenciada nas duas tipologias agregadas, isto é, a velocidade do vento neste climatopo tem a sua intensidade máxima nos diferentes rumos estudados (Norte e Nordeste).

**Climatopo 4** - Espaço urbano de volumetria reduzida, é caracterizado pela ocupação densa por edifícios de volumetria menor. As observações revelam a intervenção do efeito de atrito e de concentração de calor. Estão geralmente associadas ao arquipélago de calor urbano que se forma sob fluxos atmosféricos lentos.

**Climatopo 5** - Espaço urbano de elevada volumetria, este climatopo é caracterizado pela ocupação densa do solo por edifícios de volumetria considerável, para o contexto da cidade de Mangualde. Possui elevada concentração de calor em situações de calma, principalmente no centro da cidade, onde a ilha de calor se intensifica. Revela forte efeito de atrito relativamente à velocidade do vento.

**Climatopo 6** - Espaço de uso misto, este climatopo restringe-se ao sector Sudeste da área de estudo, não tendo sido alvo das observações itinerantes, por se encontrar distante da área urbana. É caracterizado por

Quadro VI  
Características dos climatopos

Unidade	Tipo de ocupação	Local	Comportamento Aerodinâmico	Comportamento Termohigrométrico
1	Espaço florestal em posição sobre elevada	Monte da Senhora do Castelo	Área de elevada exposição aerodinâmica	Variável; muito dependente das condições sinópticas
2	Espaço florestal de elevada densidade	Mata dos Condes; Quinta do Alpoim; Cães de cima; Av. Montes Hermínios	Redução da velocidade do vento	Áreas de ambiência agradável
3	Espaço agrícola e verde	Quinta dos Condes; Gândara; Quinta do Avenal; Av. da Senhora do Castelo	Fraca rugosidade, elevada exposição aerodinâmica	Áreas frescas e de humidade reduzida sob fluxo fraco a moderado
4	Espaço urbano de volumetria reduzida	Aldeia de Cubos; B. da N. 5ª. I. Conceição; B. do Moderno; B. S, Julião; Quinta da Sampaia	Elevada rugosidade, diminuição da velocidade do vento	Ilha de calor sob fluxo fraco a moderado, a humidade dependente das condições sinópticas
5	Espaço urbano de elevada volumetria	L. do Rossio; L do Dr. Couto; B. da Gândara; Escolas; PSA	Elevada rugosidade, diminuição drástica da velocidade do vento	Ilha de calor intensa e de intensidade máxima
6	Espaço de uso misto	Quinta das Paulas; Quinta do Morangal; Quintas da Ribeira	Fraca rugosidade, exposição aerodinâmica	Área fresca e de humidade reduzida sob fluxo fraco a moderado

um uso do solo misto, onde a ocupação florestal, agrícola e algumas construções se interligam e estruturam a paisagem.

## 6. Orientações para o ordenamento urbano

Identificados os climatopos de Mangualde, era necessário elaborar medidas capazes de mitigar o desconforto dos munícipes, ou pelo contrário, e em caso disso, potenciar a qualidade de vida na cidade de Mangualde. Atendendo que a ilha de calor, na época estival, induz nos cidadãos de Mangualde um desconforto térmico acentuado, a ventilação da cidade e a amenização do centro da cidade, atenuantes da ilha de calor, são pressupostos contemplados neste estudo. Também no Inverno o desconforto térmico ligado ao frio, acentuado por circulações de Nordeste, frias e secas, revela debilidades da cidade em o atenuar.

Ainda que de forma genérica, e incorporando todos os factores necessários, reuniram-se algumas orientações específicas para cada climatopo (Quadro VII).

As orientações climáticas para a aplicação ao ordenamento urbano têm a capacidade de potenciar a sustentabilidade, eficiência e qualidade de vida na cidade de Mangualde. Nesse sentido, e definidos os climatopos, as orientações climáticas propostas têm interesse especial no colmatar de algumas fragilidades climáticas, que ainda são observáveis na cidade de Mangualde.

Para o climatopo 1, a necessidade de aumentar a densidade arbórea é, sem dúvida, o aspecto mais significativo. A reflorestação do Monte da Senhora do Castelo, com espécies de folha persistente, nomeadamente coníferas, teria a função de uma primeira barreira às circulações de Nordeste (frias e secas), avançando o limite aerodinâmico para Nordeste da cidade. O aumento do atrito e a maior humidade induzida pela evapo-

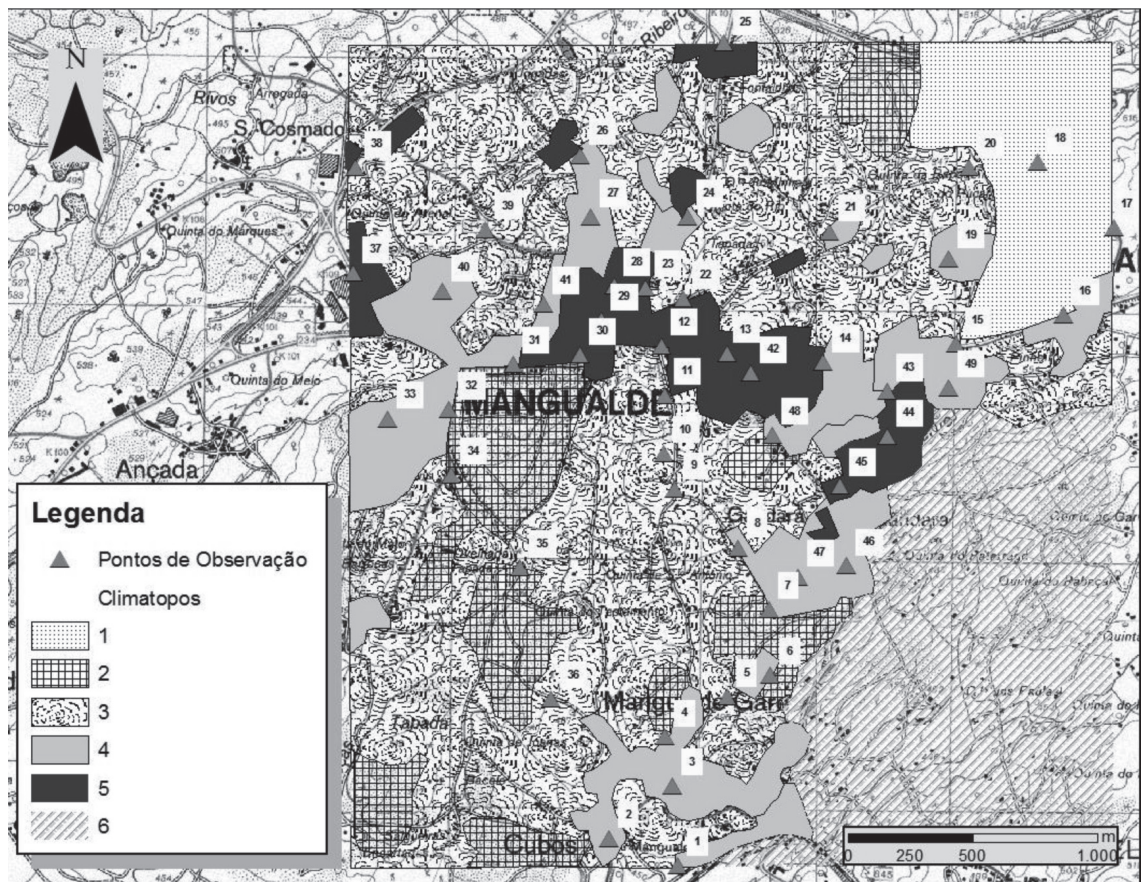


Figura 2  
Esboço dos climatopos da cidade de Mangualde  
Elaboração própria



Quadro VII  
Orientações climáticas para os climatopos

Climatopos	Orientações e aplicação ao ordenamento urbano
1	Aumentar a densidade arbórea (principalmente coníferas); Combater a espécie invasora acácia mimosa ( <i>Acácia podalyraefolia</i> ); Utilização de espécies arbóreas caducifólias nas vertentes Sul ; Limitar a urbanização nesta área tão sensível; Construções de baixo perfil e volumetria;
2	Manter os espaços verdes arbóreos densos já existentes (se possível reforça-los); Limitar a construção urbana;
3	Manter os espaços verdes e agrícolas; Criar corredores verdes sub arbóreos nos limites Norte e Nordeste, com orientação (NW/SE); Minimizar a construção nestas áreas;
4	Manter uma razão H/W·1 nas construções urbanas (principalmente em futuras urbanizações); Promover logradouros em especial jardins e parques; Orientação NW/SE das ruas das futuras urbanizações acompanhadas por corredores verdes de protecção com o mesmo sentido; Criação de corredores de ventilação com orientação NW/SE; Incentivar o uso de energias renováveis;
5	Manter uma razão H/W·1 nas construções urbanas; Criação de logradouros (parques e jardins); Restringir a impermeabilização do solo ao absolutamente necessário; Ladear o perímetro urbano Norte com espécies sub arbóreas de folha persistente; Criação de corredores de ventilação com orientação NW/SE; Promover corredores verdes de espécies caducifólias a Sul; Limitar a construção em altura; Incentivar o uso de energias renováveis (solar); Utilização de materiais de baixa condutividade;
6	Limitar a construção; Criação de espaços arbóreos a Norte e a Nordeste; Promover o uso de energias renováveis amigas do ambiente.

transpiração, modificaria as características da massa de ar, amenizando-a e conferindo-lhe características capazes de atenuar o desconforto térmico ligado ao frio. A implementação desta área florestal limitaria, pressupostamente, a urbanização ao estritamente necessário e de uso público, nomeadamente, edifícios de baixo perfil, mitigadores da elevada exposição a que estão sujeitos, para a promoção de tão valioso lugar.

O climatopo 2, representativo das áreas florestais densas, tem como principal orientação, a manutenção ou mesmo o aumento, quando possível, da densidade arbórea. Limitar a ocupação urbana destas áreas é aconselhável. Estas áreas arbóreas, mesmo de dimensões reduzidas, podem, localmente, atenuar o desconforto térmico, contribuindo para uma maior amenização do clima na cidade de Mangualde, atenuando o balanço térmico diurno positivo e favorecendo a mitigação do balanço térmico nocturno negativo, por efeito de contra irradiação abaixo dos fustes. Também, e muito importante, seria o contributo para a remoção dos poluentes atmosféricos, purificando o ar e contribuindo para um ambiente mais saudável da cidade.

O climatopo 3, reservado às áreas agrícolas e às áreas verdes, tem como característica climática o maior arrefecimento irradiativo do ar pela base. Este arrefecimento é mais evidente na época estival, onde a ilha de calor se localiza no centro urbano e as áreas agrícolas e verdes, mais frias, na envolverência da cidade. Esta

característica acentua os contrastes térmicos espaciais na cidade de Mangualde. Não obstante, é este o climatopo que acentua o desconforto bioclimático ligado ao frio, na época invernal, e também, o que promove o conforto bioclimático na época estival, por arrefecimento do ar. Assim, as orientações climáticas para estas áreas dúbias e a sazonalidade do clima determinam uma análise cuidada das orientações, que favoreçam o conforto térmico nas duas épocas do ano. As áreas agrícolas e verdes, pela sua importância na estruturação da paisagem, são forçosamente necessárias e devem ser mantidas, potenciando o seu valor climático para a cidade. As culturas mais vulneráveis ao frio e ao vento (vinha), particularmente ao fluxo de Nordeste, devem ser ladeadas por corredores verdes com orientações Noroeste - Sudeste. As espécies a utilizar devem corresponder ao estrato sub-arbóreo e arbustivo, onde a folha persistente deve ser uma característica imprescindível. Estes corredores aumentariam significativamente o atrito, localmente, à velocidade do vento e, induziriam uma maior humidade através da evapotranspiração, o que seria positivo atendendo ao facto de estas serem das áreas mais secas.

O climatopo 4, a área urbana de fraca ocultação do horizonte, tem na sua maioria casas individuais até dois andares. As principais orientações para este climatopo, traduzem-se num espaçamento das ruas na razão H/W·1, onde a largura da rua terá de ser signifi-

cativamente maior que a altura dos edifícios. Assim, possibilitaria uma maior penetração da radiação solar no espaço urbano, diminuindo desta forma o efeito de sombra dos edifícios. A promoção de logradouros e jardins, constituindo áreas verdes, obrigatórias em loteamentos, devem, no futuro, responder ao enquadramento topoclimático da cidade. A sua capacidade de transferir a água do solo para a atmosfera, através do seu metabolismo, é uma característica imprescindível na atenuação do calor sensível, substituindo-o por um maior fluxo de calor latente. As ruas, preferencialmente, deverão assumir uma direcção Noroeste/Sudeste. Esta orientação das ruas, permitiria aumentar o atrito aos fluxos de Nordeste. Ladeadas, a Norte, por corredores verdes (coníferas) com a mesma orientação, reforçariam o efeito atenuador destes ventos. A Sul, corredores verdes com estrato arbóreo de folha caduca, no Verão, promoveriam o efeito sombra e no Inverno, por ausência da folhagem, promoveriam uma maior insolação e aquecimento das áreas urbanas. Na época estival, a ventilação seria favorecida por esta orientação das ruas, mitigando a ilha de calor urbana e removendo poluentes que se concentram na atmosfera urbana. Seria sem dúvida, um bom contributo para o conforto bioclimático e para a qualidade do ar da cidade de Mangualde. O uso de energias renováveis, amigas do ambiente, nomeadamente de painéis solares e fotovoltaicos, potenciariam as condições climáticas favoráveis da cidade. Tendo uma maior eficiência energética, reduziriam a dependência energética de fontes poluidoras.

O climatopo 5 corresponde às áreas urbanas de elevada ocultação do horizonte (três ou mais andares). Aqui é necessário manter uma razão de  $H/W \cdot 1$ , pois permitirá uma maior insolação das ruas, diminuindo o efeito sombra dos edifícios. A criação de logradouros, em especial parques e jardins, pelos motivos supra mencionados no quarto climatopo, mitigariam o fluxo de calor sensível, através da aconselhável redução das áreas impermeabilizadas. Ladear o perímetro Norte da cidade com estrato arbóreo de folha persistente, teria a importância de proteger a urbanização do fluxo seco e frio de Nordeste. As ruas assumiriam orientação idêntica à do quarto climatopo, pelos mesmos motivos e com os mesmos efeitos climáticos. Mas pela maior volumetria e compactação dos edifícios, estes deveriam ter a fachada principal voltada a Sul, o que lhes permitiria uma melhor exposição solar na época invernal e na época estival, reduzir o sobreaquecimento por excessiva radiação. A utilização de materiais de baixa condutividade na construção, permitiria um melhor isolamento

térmico dos edifícios, potenciados pelas energias renováveis, anteriormente mencionadas, que tornariam os edifícios mais sustentáveis e eficientes do ponto de vista energético e climático.

O climatopo 6 representa uma área de uso misto, onde a heterogeneidade do uso do solo torna difícil propor orientações climáticas. Assim, limitar a construção seria aqui uma excelente orientação. A criação de espaços arbóreos a Norte e a Nordeste para protecção aerológica e o incentivo ao uso de energias limpas, nomeadamente a energia solar, favorecida pelo declive suave exposto a Sul, constituem as principais orientações para este climatopo.

## 7. Conclusão

O estudo apresentado, ainda que preliminar e numa fase inicial da investigação do imenso potencial climático da cidade de Mangualde, permite concluir que, os factores climáticos topografia e uso do solo, dependendo das circulações e da estabilidade da atmosfera, estruturam os contrastes espaciais da cidade. As áreas construídas são as que mais calor aglomeram, formando uma ilha de calor mais ou menos intensa. Sob acção de fluxos moderados a fortes, formam-se também pequenas ilhas de calor, as quais se designam por arquipélago de calor, ou ilha de calor polinucleada, estruturando assim, os contrastes espaciais, termohigrométricos e de ventos. Nessa medida, as áreas urbanas mais quentes contrastam com as áreas agrícolas e com as áreas verdes da sua envolvente (estrato herbáceo), as quais correspondem, por norma, a áreas mais frias, húmidas e com menor atrito relativamente à velocidade do vento.

Os climatopos assumem a homogeneidade física que os caracteriza. Não obstante, dependendo do contexto em que se inserem e do comportamento das variáveis climáticas, as orientações climáticas específicas, têm a capacidade de permitir às populações de Mangualde uma melhor qualidade de vida e o usufruto de uma maior eficiência energética, imprescindível, nos tempos de hoje, de uma sustentabilidade urbana digna das gerações vindouras.

## Referências Bibliográficas

ALCOFORADO, M. J. (1988) - *O clima da região de Lisboa - Vento, insolação e temperatura*. Dissertação de Doutoramento

- em Geografia Física apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, pp. 543.
- ALCOFORADO, M. J. (1999) - "Aplicação da Climatologia no Planeamento Urbano. Alguns apontamentos". *Finisterra*, XXXIV, 67, 68, pp. 63-84.
- GANHO, N. (1995a) - "A ilha de calor de Coimbra - Resultados de observações itinerantes de temperatura no interior do tecido urbano". *Actas do VI Colóquio Ibérico de Geografia*, Porto, pp. 911-920.
- GANHO, N. (1995b) - "La isla de calor de Coimbra bajo diferentes condiciones de tiempo de Verano". *Estudios Geográficos*, LVI, 219, pp. 285-317.
- GANHO, N. (1995c) - "A ilha de calor de Coimbra sob diferentes condições de tempo de Verão". *Territorium*, 2, pp. 33-50.
- GANHO, N. (1998) - *O Clima Urbano de Coimbra. Estudo de Climatologia local aplicada ao ordenamento urbano*. Dissertação de Doutoramento em Geografia Física apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Coimbra, 551p.
- GANHO, N. (1999) - "Clima Urbano e a Climatologia Urbana. Fundamentos e aplicação ao ordenamento urbano". *Cadernos de Geografia*, 18, pp. 97-127.
- MARQUES, D.; GANHO, N. e ROCHETTE, A. (2008) - "Clima Local e Ordenamento Urbano - O exemplo de Coimbra". *Cadernos de Geografia*, 26/27, 2007/2008, pp. 313-323.
- MARQUES, D.; GANHO, N. e ROCHETTE, A. (2009) - "O contributo de estudos climáticos à escala local para o ordenamento urbano - O exemplo de Coimbra (Portugal)". *Actas (em CD) do 1º Congresso de Desenvolvimento Regional de Cabo Verde, 2º Congresso Lusófono de Ciência Regional, 3º Congresso de Gestão e Conservação da Natureza e 15º Congresso da Associação Portuguesa de Desenvolvimento Regional (APDR)*, Cidade da Praia, Cabo Verde, pp. 3394-3415.
- MELO, H. M. (2011) - *O Clima de Mangualde. Contrastes Topoclimáticos, Efeitos Bioclimáticos e Aplicação ao Ordenamento Urbano*. Dissertação de Mestrado em Geografia Física apresentada à Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Coimbra, 141 p.