



## RELATÓRIO

FASE 2 | FEVEREIRO 2020

# Mapas Climáticos Urbanos: Índices de Geometria e Densidade Urbana Atual

Autor: Ezequiel Correia

Cartografia  
de Vulnerabilidade Térmica:  
Mapeamento dos Efeitos  
das Ondas de Calor em Lisboa  
Face às Projecções Climáticas



# ONDAS de CALOR LISBOA

Cofinanciado por:



**Mapas Climáticos Urbanos**  
**Geometria e densidade urbana futura**

**Relatório**

[PÁGINA PROPOSITADAMENTE EM BRANCO]

## MAPAS CLIMÁTICOS URBANOS - ÍNDICES DE GEOMETRIA E DENSIDADE URBANA FUTURA

De acordo com o **Contrato de Aquisição de Serviços nº 19042588**, designado “Elaboração de Mapas Climáticos Urbanos”, apresenta-se o Relatório da Fase 2 de acordo com a cláusula 3, ponto 2 b) do Caderno de Encargos.

No presente relatório apresenta-se a cartografia digital dos índices de geometria urbana, cuja fundamentação técnica e científica foi apresentada no relatório da Fase 1, relevantes para a análise da ilha de calor urbano (ICU) na atmosfera inferior da cidade de Lisboa projetada para o futuro.

Mapas elaborados:

- a) Mapa da rugosidade aerodinâmica;
- b) Mapa da compacidade;
- c) Mapa do índice volumétrico;
- d) Mapa da densidade urbana para fins climáticos.

Executante:

Ezequiel Correia

## Índice

1. INTRODUÇÃO .....	5
2. DADOS E MÉTODOS .....	6
2.1 Unidades de Análise .....	6
2.2 Informação de base utilizada .....	7
3. CARTOGRAFIA DOS ÍNDICES DE GEOMETRIA E DENSIDADE URBANA FUTURA.....	9
3.1 MAPA DA RUGOSIDADE AERODINÂMICA .....	9
3.2 MAPA DA COMPACIDADE .....	11
3.3 MAPA DO ÍNDICE DE VOLUMETRIA.....	13
3.4 MAPA DA DENSIDADE URBANA .....	15
4. NOTAS FINAIS .....	17
BIBLIOGRAFIA.....	21
ANEXO .....	22

## 1. INTRODUÇÃO

“O clima urbano corresponde a uma modificação espacialmente bem delimitada do clima regional (...)” (Alcoforado, 2010, p.13). As aglomerações urbanas induzem modificações na estrutura e na composição da atmosfera inferior, nos balanços radiativo e energético, e nas condições aerodinâmicas. A ilha de calor urbana constitui a expressão mais evidente das condições atmosféricas particulares que aqui se geram. Para o facto da temperatura do ar na camada inferior da atmosfera ser, em geral, mais elevada nas áreas urbanas do que nos arredores próximos contribuem decisivamente:

- o aumento da absorção da radiação solar - por um lado, porque a área de absorção é maior e, por outro, porque o albedo é menor, devido às reflexões múltiplas entre edifícios e à natureza dos materiais da superfície;
- o aumento da radiação de grande comprimento de onda – a partir de uma atmosfera mais poluída, da emissão de superfícies mais quentes e, também, devido à proximidade dos edifícios que reduz a sua perda;
- o maior fluxo de calor de origem antrópica - a partir dos edifícios, do tráfego e das atividades;
- a diminuição das transferências de calor por advecção - devido à redução da velocidade do vento regional causada pelo atrito dos elementos urbanos;
- a diminuição da utilização de energia para a evapotranspiração - devido à impermeabilização das superfícies e à menor fração de vegetação.

A morfologia e a geometria urbana desempenham, portanto, um papel decisivo na alteração das condições atmosféricas ao nível a camada inferior da atmosfera. A densidade do edificado, a altura e volume dos edifícios, a proximidade entre eles, a sua orientação, são fatores que isoladamente e, sobretudo, conjugadamente, interferem nas condições aerodinâmicas e nas trocas radiativas e energéticas e, assim, influenciam a magnitude e a distribuição espacial da ilha de calor urbana.

Na Fase 1 da “Elaboração de Mapas Climáticos Urbanos” procedeu-se ao cálculo e à espacialização de índices associados à geometria urbana atual da cidade de Lisboa, de modo a avaliar os graus de compacidade, de volumetria e de rugosidade aerodinâmica. Na Fase 2 procedeu-se ao cálculo e à espacialização dos mesmos índices para a “cidade futura”, isto é, tendo em conta as alterações projetadas no parque edificado da cidade.

À semelhança da Fase 1 foram elaborados mapas da:

- Rugosidade aerodinâmica, que expressa o atrito causado pela rugosidade da superfície com efeitos nas condições de ventilação.

- Compacidade, tendo em conta a proximidade dos edifícios e a sua altura, um dos fatores que mais contribui para a retenção da radiação de grande comprimento de onda.
- Porção de atmosfera urbana inferior disponível para as trocas radiativas e energéticas, tendo em conta a ocupação tridimensional.
- Densidade urbana, que conjuga os índices cartografados e outros parâmetros de morfologia e geometria urbana.

A cartografia elaborada abrange toda a cidade, mantendo-se inalterados os valores nas unidades espaciais que não serão objeto de alterações no parque edificado.

## 2. DADOS E MÉTODOS

A determinação dos diversos parâmetros e índices e a cartografia foi desenvolvida em ambiente SIG tendo por base a metodologia proposta em Correia et al (2015) e aprofundada durante a Fase 1; a cartografia é apresentada em formato *Esri shapefile* com uma geometria de polígonos (ver no Anexo I os metadados dos diversos mapas produzidos).

A cidade de Lisboa foi dividida em células tridimensionais com uma resolução horizontal de 100 x 100m e uma altura variável, determinada pela altura do edificado em cada célula. Para cada uma delas foi considerada:

- a altura, a área e o volume dos edifícios;
- a área da fachada exposta à direção predominante do vento na cidade de Lisboa;
- a distância entre edifícios.

### 2.1 Unidades de Análise

Os mapas foram elaborados com base nas seguintes unidades de análise:

- a) Grelha regular com uma resolução horizontal de 100 x 100 metros;
- b) Subsecção estatística definida na Base Geográfica de Referenciação da Informação (BGRI), de 2011, do Instituto Nacional de Estatística.

Tal como se referiu no relatório anterior (Correia, 2019), a opção por uma resolução superior à constante no caderno de encargos (200 x 200m) prende-se com:

- o facto da grelha com células com 40 000 m<sup>2</sup> possuir uma dimensão muito superior à da maior parte dos quarteirões de Lisboa; se tomarmos como referência as subsecções estatísticas definidas na BGRI, que coincidem em grande medida com os quarteirões, verifica-se que a sua área mediana é de 9 500 m<sup>2</sup> e 90% têm uma área inferior a 35 000 m<sup>2</sup>;
- a intenção de fornecer, também, elementos para os estudos de escala microclimática;
- a utilidade para os diversos instrumentos de ordenamento, até aos Planos de Pormenor.

Os índices foram calculados para cada uma das células, excluindo-se as áreas verdes contíguas com uma área superior a 20 ha.

Além da cartografia prevista no caderno de encargos, decidiu-se espacializar os índices por subsecção estatística, com o propósito de caracterizar a cidade numa unidade espacial semelhante à dos indicadores estatísticos publicamente disponíveis com maior resolução. Neste caso, o valor dos diversos índices em cada subsecção corresponde à média ponderada pela área das células contidas em cada uma delas.

## 2.2 Informação de base utilizada

O desenvolvimento do trabalho assentou na informação planimétrica e altimétrica fornecida pela Câmara Municipal Lisboa e nos mapas elaborados na Fase 1. Nomeadamente:

- “*Cartografia Numérica Vetorial*”, que inclui a representação planimétrica e altimétrica de objetos (ex. parque edificado);
- “*Modelo Tridimensional da Ocupação Urbana Superficial*”;
- “*Cartografia da biodiversidade, v. 4*”, que inclui a ocupação do solo (ex. espaços verdes);
- “*Edifícios a demolir*”, com os polígonos dos edifícios que serão demolidos;
- “*Plano de Pormenor em Vigor e Loteamentos Aprovados até dezembro de 2018*”, com os polígonos dos edifícios a construir;
- “*Mapa da rugosidade aerodinâmica. Fase 1*”;
- “*Mapa da compacidade. Fase 1*”;
- “*Mapa do índice volumétrico. Fase 1*”;

- “Mapa da densidade urbana para fins climáticos. Fase 1”.

A base do edificado da cidade de Lisboa utilizada nesta Fase foi atualizada tendo em conta:

- os edifícios a demolir (tabela 1 e figura 1a);
- os edifícios que estão previstos nos loteamentos aprovados até dezembro de 2018 (tabela 1 e figura 1b).

Tabela 1 – Alterações no parque edificado

Edifícios	Nº	Área (m <sup>2</sup> )
A demolir	319	156 978
A construir	1 043	628 982

As áreas com maiores alterações previstas (fig. 1) situam-se:

- na parte setentrional: Benfica / Carnide e Lumiar / Alta de Lisboa;
- no setor oriental: Marvila / Parque das Nações, na frente ribeirinha, e Sapadores;
- na parte central da cidade: Entrecampos, Laranjeiras, Campo de Ourique / Campolide e Jardim Botânico;
- na parte meridional: Cais do Sodré e Alcântara, na frente ribeirinha, e Alvíto.

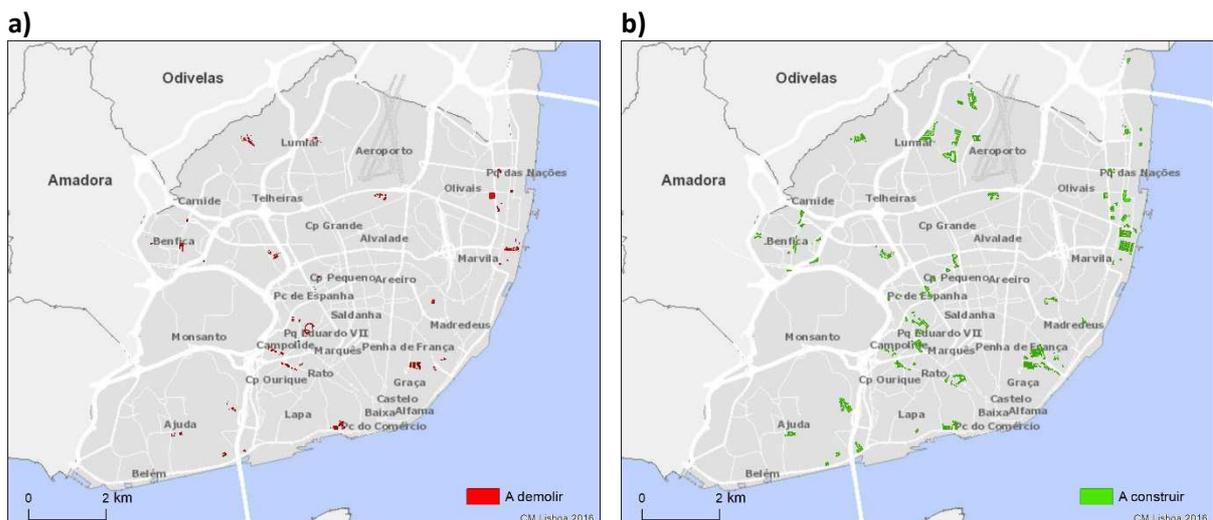


Figura 1 – Edifícios a demolir (a) e a construir (b).

Toda a informação relacionada com o edificado foi submetida a um processo de validação e retificação topológica.

### 3. CARTOGRAFIA DOS ÍNDICES DE GEOMETRIA E DENSIDADE URBANA FUTURA

Conforme se referiu, aplicou-se a metodologia da Fase 1 no cálculo e na cartografia dos diversos índices, pelo que a sua descrição detalhada pode ser encontrada no relatório dessa Fase (Correia, 2019).

As alterações no parque edificado implicaram o cálculo dos índices em 489 células de 100x100m, considerando-se para o efeito os 3 904 edifícios nelas contidos (existentes e projetados).

#### 3.1 MAPA DA RUGOSIDADE AERODINÂMICA

Tal como na Fase 1, com base nos elementos da geometria urbana, aplicou-se um método morfométrico para calcular os dois parâmetros habitualmente utilizados para caracterizar a rugosidade aerodinâmica:

- A altura do plano de deslocamento (*zero-plane displacement*) –  $Z_d$ : parâmetro que representa o nível onde o fluxo médio de quantidade de movimento é absorvido (Lopes, 2003); corresponde à altura acima do solo onde a velocidade é teoricamente zero e a partir da qual se desenvolve o perfil de velocidade (Madeira, 2019).
- O comprimento da rugosidade aerodinâmica (*roughness length*) –  $Z_0$ : parâmetro que traduz a tensão de atrito (Madeira, 2019); corresponde à altura acima do plano de deslocamento em que a velocidade do vento é igual a zero, assumindo uma variação logarítmica no perfil do vento com a altitude (American Meteorological Society, 2019)

O cálculo destes parâmetros foi efetuado através do método proposto por Kanda et al (2013), mais adequado às áreas urbanas reais (Kent et al, 2017), já que ao considerar a variabilidade da altura do parque edificado incorpora a variabilidade dos elementos de rugosidade urbana.

A rugosidade aerodinâmica da cidade é caracterizada pelo parâmetro  $Z_0$  e cartografada por células de 100 x 100 m (fig. 1) e por subsecção estatística (fig. 2).

Os valores de  $Z_0$  foram categorizados - tabela 2 - de acordo com os limares referenciados em Oke et al (2017) e Davenport et al (2000).

Tabela 2 – Categorias de rugosidade aerodinâmica.

$Z_0$	Classe
< 0.1	Muito baixa
0.1 – 0.3	Baixa
0.3 – 0.7	Moderada
0.7 – 1.5	Elevada
> 1.5	Muito elevada

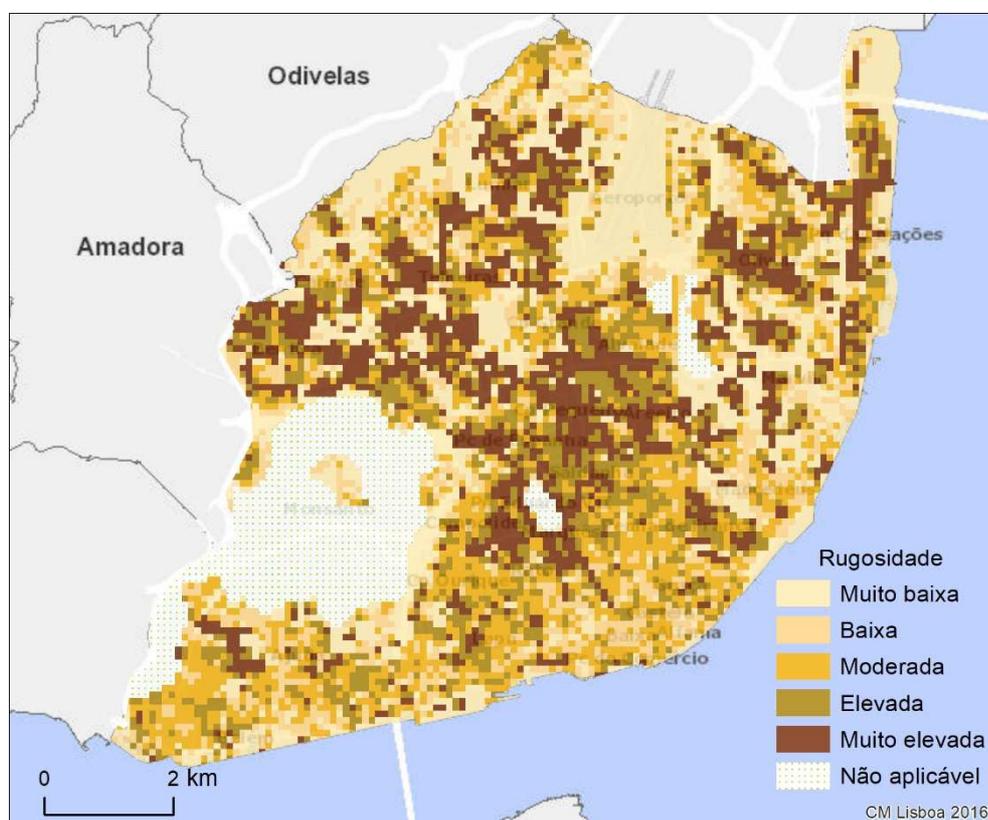


Figura 1 – Rugosidade aerodinâmica (células de 100 x 100 m).

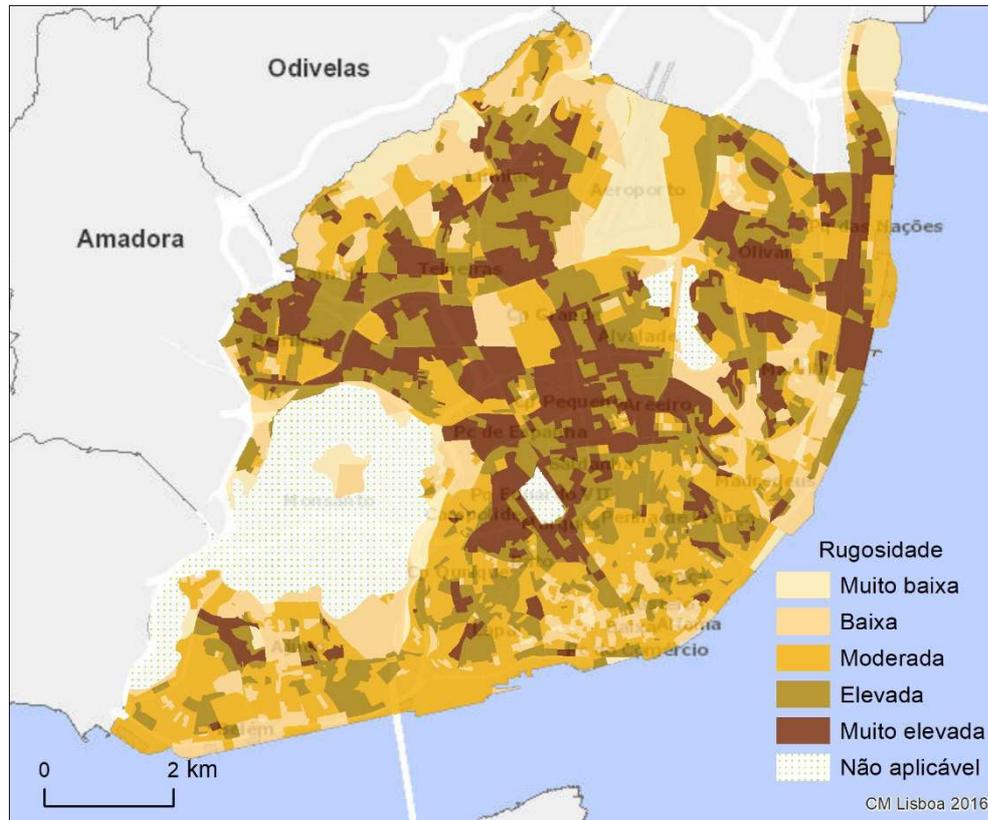


Figura 2 – Rugosidade aerodinâmica (subsecção estatística).

### 3.2 MAPA DA COMPACIDADE

A compacidade das áreas edificadas pode ser avaliada para fins climáticos, pelo quociente entre a altura dos edifícios (H) e a distância que os separa (W) (Lindberg et al, 2015; Masson et al, 2020). Esta relação está entre os fatores da geometria urbana que mais contribuem para a alteração dos balanços radiativo e energético no interior das cidades, afetando as condições de ventilação e de dispersão dos poluentes, estando, por isso, muito diretamente relacionada com a intensidade da ilha de calor urbana (Oke et al., 2017).

O valor da razão H/W foi determinado entre blocos de edifícios, e em cada célula de 100 x 100 m corresponde ao quociente entre a média da altura do edificado e a média da distância entre os blocos (fig. 3). Por subsecção estatística foi cartografado o valor médio de H/W ponderado pela área das células contidas em cada uma das subsecções (fig. 4).

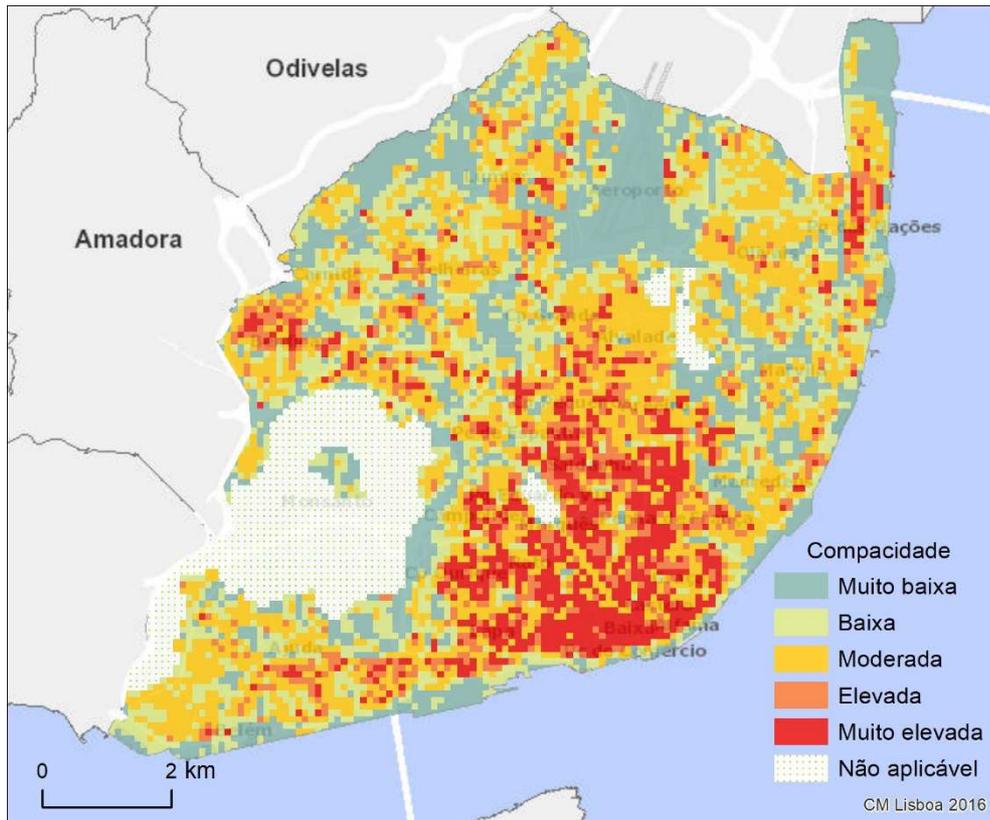


Figura 3 – Compacidade (células de 100 x 100 m).

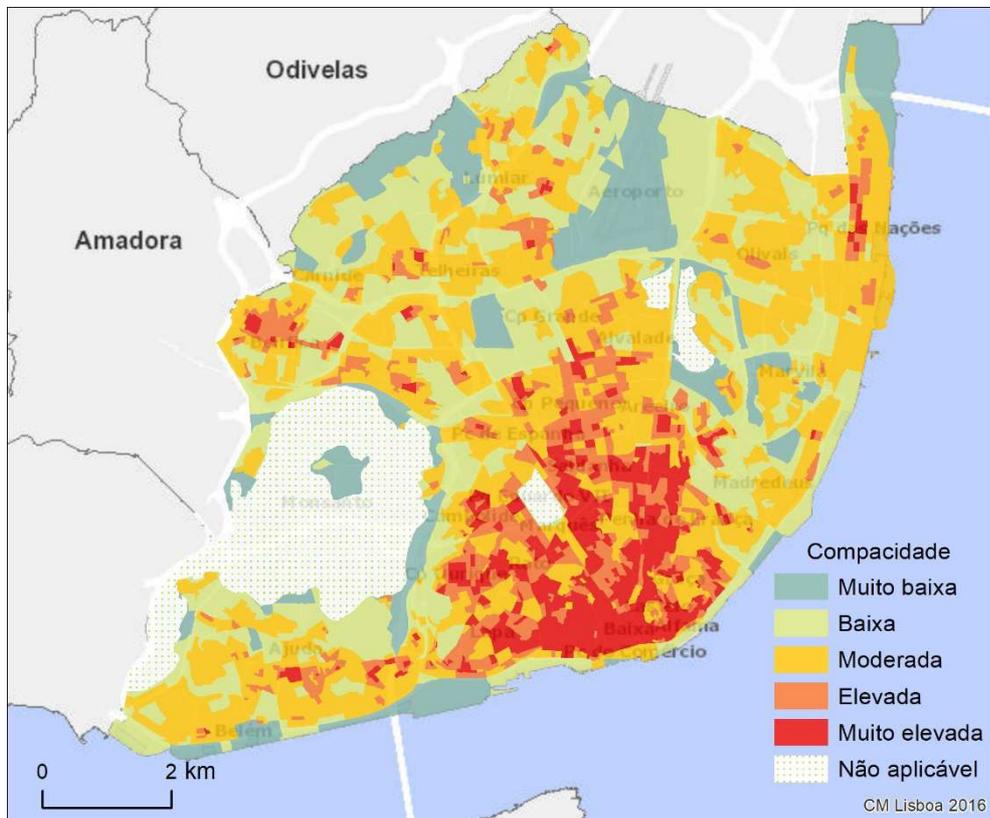


Figura 4 – Compacidade (subsecções estatísticas).

Os valores foram categorizados – Tabela 3 - de acordo com os limiares referenciados em Oke et al (2017), para efeitos de classificação das *Local Climate Zones*.

Tabela 3 – Categorias de compacidade.

H/W	Compacidade
0.0 – 0.1	Muito baixa
0.1 – 0.3	Baixa
0.3 – 0.75	Moderada
0.75 – 1.0	Elevada
≥ 1.0	Muito elevada

### 3.3 MAPA DO ÍNDICE DE VOLUMETRIA

A volumetria do edificado influencia a ventilação e, de modo particular, a carga térmica na atmosfera urbana inferior, pela interferência na troca de fluxos radiativos e na absorção e/ou produção de calor.

A avaliação do espaço disponível para as trocas radiativas e energéticas na camada limite inferior pode ser conseguido através do quociente entre o volume edificado na unidade de análise e o volume máximo que essa unidade de análise pode conter na atmosfera urbana

Para cada célula de 100x100 m foi calculada a razão entre o somatório do volume do edificado existente e o volume máximo que aquela comportaria, tendo em conta a altura do bloco mais alto existente (fig. 5); a cartografia deste índice por subsecção estatística (fig. 6), foi feita através da sua média ponderada pela área das células contidas. Os valores do índice de volumetria foram categorizados da forma que se apresenta na tabela 4.

Tabela 4 – Categorias do índice de volumetria

IV	Classe
0 – 0.2	Baixo
0.2 – 0.4	Moderado
0.4 – 0.7	Elevado
0.7 – 1.0	Muito elevado

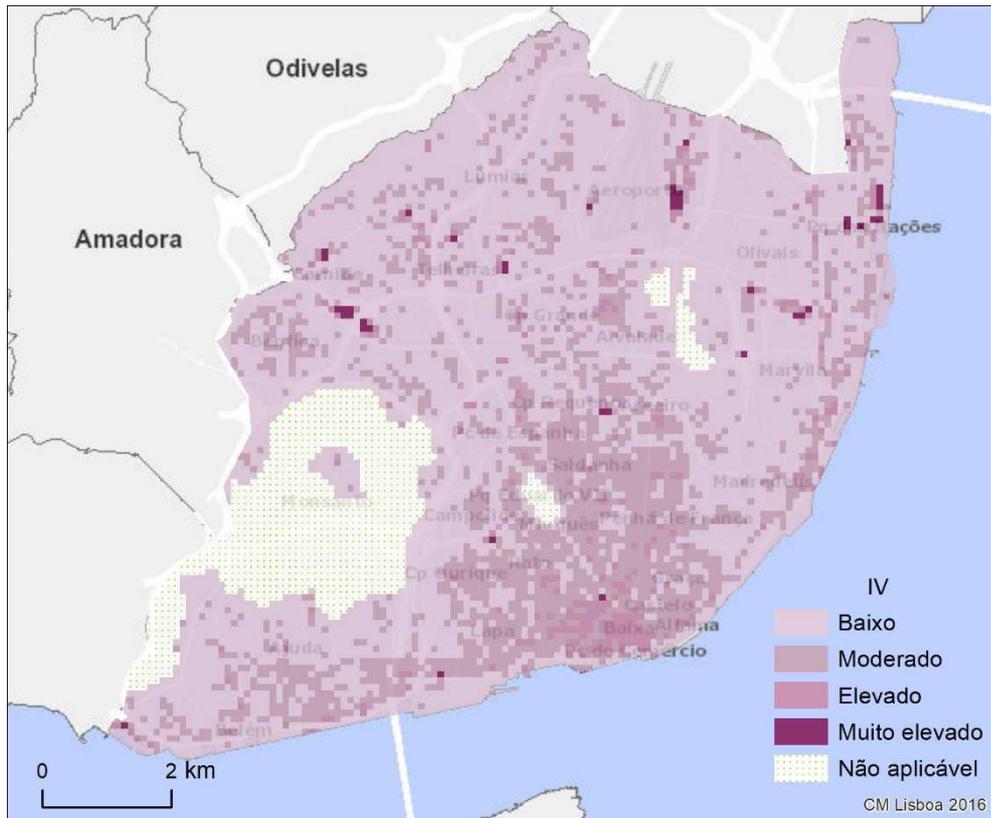


Figura 5 - Índice de volumetria (células de 100 x 100 m).

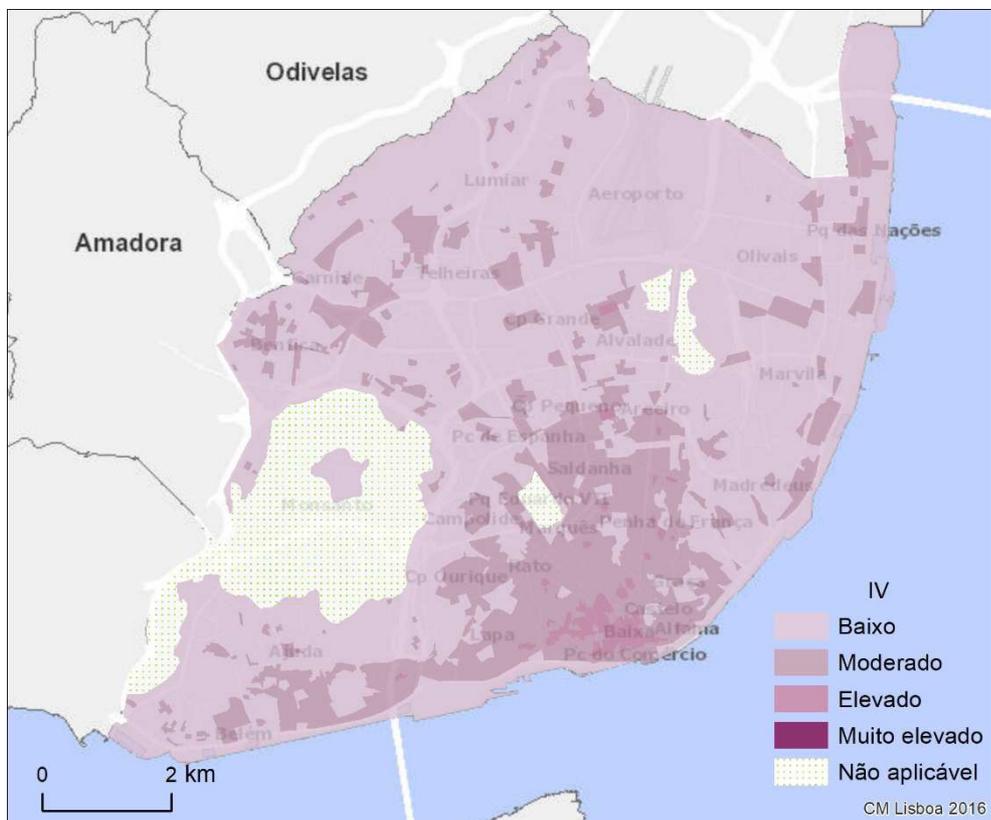


Figura 6 - Índice de volumetria (subsecções estatísticas).

### 3.4 MAPA DA DENSIDADE URBANA

A ilha calor urbana é mais intensa onde a retenção de radiação e energia é mais elevada e as condições de ventilação são mais deficientes. O conceito de densidade urbana para fins bioclimáticos deve, por isso, ir além da aceção urbanística e traduzir a compacidade, a volumetria, a rugosidade aerodinâmica e o potencial efeito cumulativo destes aspetos na camada inferior da atmosfera urbana.

A classificação da densidade urbana futura na cidade de Lisboa foi obtida, como na Fase 1, com recurso à análise de *clusters*, que permite a deteção de semelhanças entre os índices e parâmetros de geometria urbana calculados para todas as células da cidade de Lisboa. Como variáveis, consideraram-se:

- Parâmetros de rugosidade aerodinâmica:  $Z_0$  e  $Z_d$ ;
- Razão H/W
- Índice de volumetria (IV)
- Densidade da área frontal ( $\lambda_f$ )
- Densidade da área plana ( $\lambda_p$ )

As áreas de alta densidade caracterizam-se pela rugosidade aerodinâmica e compacidade muito elevada. São estas características que as distinguem mais das áreas de média densidade, onde a rugosidade aerodinâmica não é tão elevada e a razão H/W é inferior a 1. A maior parte da cidade é de baixa densidade, com rugosidade moderada, baixa compacidade e baixo índice de volumetria (fig. 7 e 8).

As alterações deste parâmetro decorrentes das modificações no parque edificado são descritas no ponto seguinte.

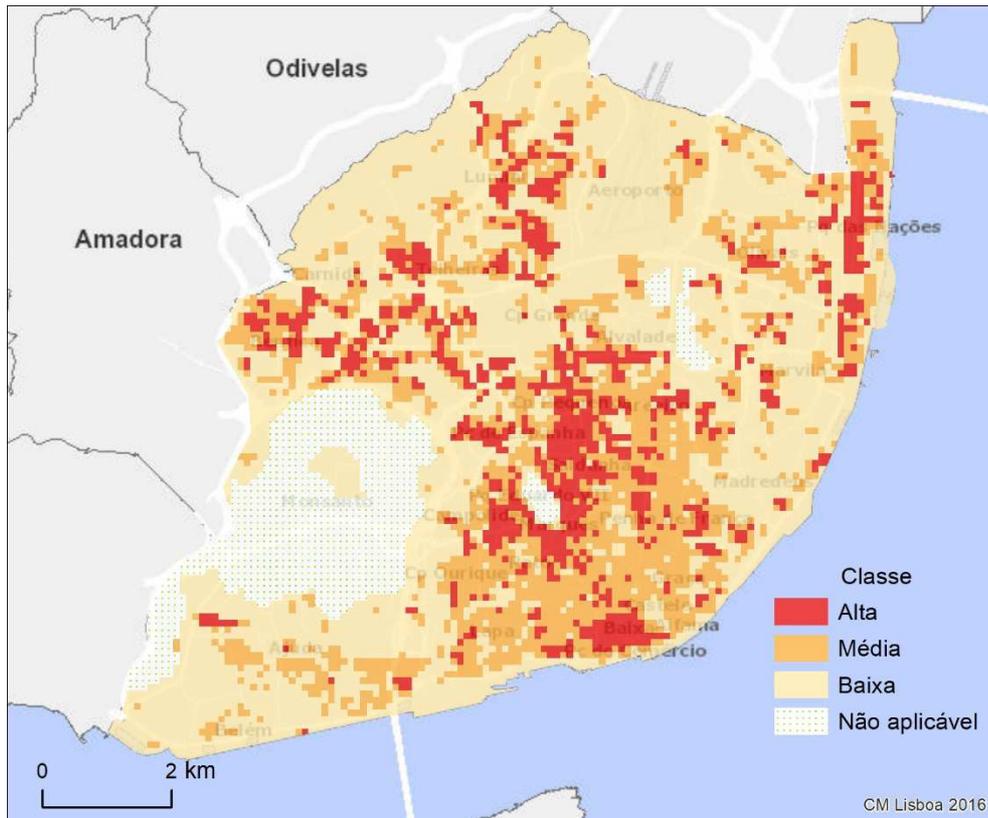


Figura 7 – Densidade Urbana (células de 100 x 100 m).

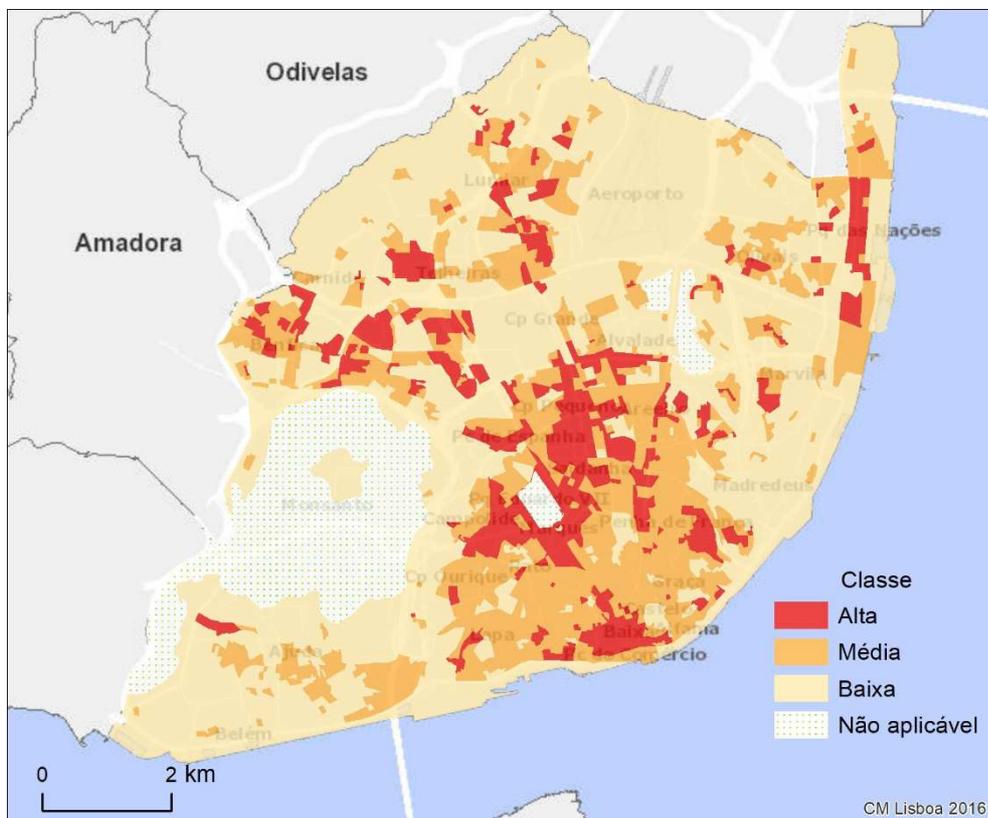


Figura 8 - Densidade Urbana (subsecções estatísticas).

#### 4. CONCLUSÃO

As modificações no parque edificado projetadas para a cidade de Lisboa ocorrerão em 489 células de 100x100m, abrangendo uma área de 4,9km<sup>2</sup>, cerca de 6,4% da área para a qual foram calculados os índices de geometria e densidade urbana.

As modificações projetadas conduzirão ao aumento da densidade urbana em Lisboa. Embora a maior parte da cidade continue a ser de baixa densidade, o peso desta classe diminuirá 3,3%; a área de média densidade aumentará 1,3% e a de alta densidade, 1,9% (tabela 5).

Tabela 5 - Densidade urbana na cidade de Lisboa.

Classe	Atual		Futura	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Alta	8,9	11,6	10,3	13,5
Média	18,7	24,4	19,7	25,7
Baixa	49,0	64,0	46,6	60,7

Nas áreas diretamente afetadas pelos projetos futuros, a alteração será substancialmente maior.

Atualmente são, sobretudo, áreas de baixa densidade (69% da área), e as classificadas como sendo de alta densidade representam apenas 8,4% da área. Com a concretização dos projetos futuros, esta relação inverter-se-á significativamente: a classe de baixa densidade passará a representar apenas 19% da área, e a de alta densidade, 39%, aumentando cerca de 3,6 vezes (tabela 6).

Tabela 6 - Densidade urbana atual e futura nas células onde se projetam alterações.

Classes	Atual (km <sup>2</sup> )	Futura (km <sup>2</sup> )	Variação (%)
Alta	0,4	1,9	+ 361
Média	1,1	2,1	+ 91
Baixa	3,4	0,9	- 73

Conforme se pode observar na tabela 7, a densidade urbana aumentará em quase 65% das células e, em cerca de 30% (148 células), passará de média ou, mesmo, de baixa, para alta densidade.

Tabela 7 – Alterações da densidade urbana nas células onde se projetam alterações.

Densidade Urbana (atual => futura)	Nº de células	Área (m <sup>2</sup> )
Média => Alta	65	650 000
Baixa => Alta	83	830 000
Baixa => Média	165	1 643 115
Sem alterações	176	1 755 143
<b>Total</b>	<b>489</b>	<b>4 878 258</b>

O aumento significativo da densificação resulta do incremento de todos os índices de geometria urbana, em particular, da rugosidade aerodinâmica e da compacidade. O valor mediano futuro de cada um dos índices nas células afetadas será, pelo menos, duas vezes superior ao que se regista atualmente (tabela 8).

A rugosidade aerodinâmica é o índice que registará o maior incremento. A concretização dos projetos futuros, elevará em três vezes o seu valor mediano e 62% da área afetada passará a ter rugosidade elevada e muito elevada. O aumento da compacidade será menos acentuado, mas ainda assim, cerca de 31% da área afetada passará a ter compacidade elevada e muito elevada, quando atualmente essas classes se verificam em 13% da área. O índice volumétrico é aquele que registará menores alterações, mantendo-se a classe de valores mais baixos com a maior representatividade; no entanto, as áreas com índice volumétrico médio e elevado quase duplicam.

Tabela 8 – Índices de geometria urbana nas células onde se projetam alterações: valores medianos e área (%).

Classes	Z0		HW		IV	
	Atual	Futuro	Atual	Futuro	Atual	Futuro
Muito elevada	18,9	39,1	6,1	14,1	0,4	0,0
Elevada	17,4	21,9	6,8	16,8	1,2	2,3
Moderada	17,6	19,5	30,9	43,9	18,4	34,8
Baixa	16,6	13,7	28,9	21,3	79,9	62,9
Muito baixa	29,5	5,7	27,3	3,9	--	--
<b>Mediana</b>	<b>0,34</b>	<b>1,02</b>	<b>0,25</b>	<b>0,50</b>	<b>0,09</b>	<b>0,16</b>

Atendendo à relevância da geometria urbana na ocorrência e intensidade da Ilha de Calor Urbano (ICU), conforme ficou expresso no modelo de espacialização apresentado no relatório dedicado à

“Caraterização e cartografia das ilhas de calor atuais” (Lopes et al. 2020), é expectável que as modificações projetadas para a cidade de Lisboa se traduzam num agravamento da ICU, em particular, devido ao efeito conjugado do aumento dos três índices, e que se traduz no aumento da densidade urbana.

O aumento da densidade urbana será mais relevante na frente ribeirinha de Marvila e na parte meridional do parque das Nações, no Lumiar e na Alta de Lisboa, em Carnide, em Entrecampos, em Campolide / Campo de Ourique e em Sapadores (fig. 9).

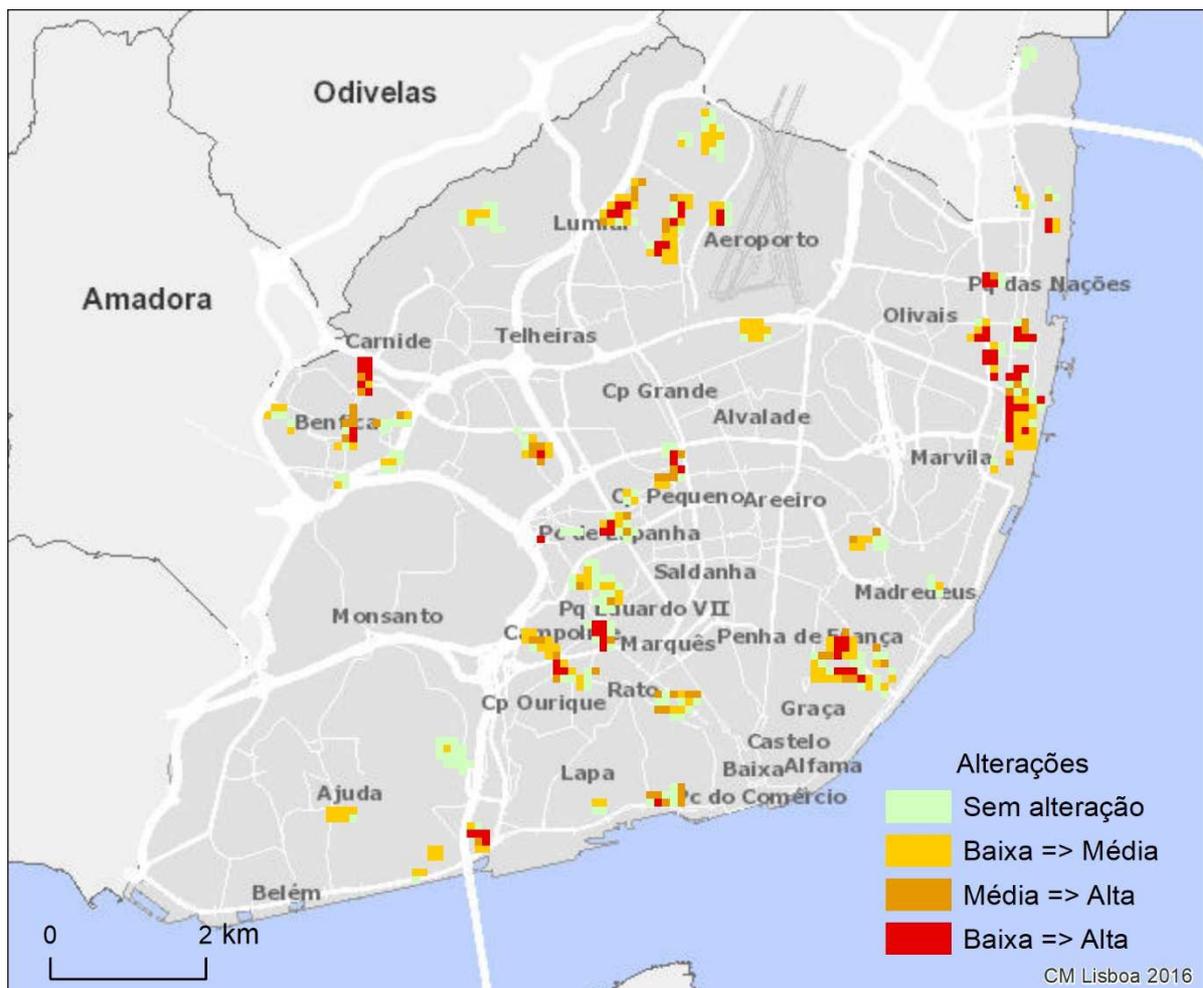


Figura 9 – Alterações da densidade urbana nas células de 100x100m na “cidade do futuro” (termo de comparação: densidade urbana atual).

Além do potencial aumento da intensidade da ICU naquelas áreas, deve-se também considerar que o aumento da rugosidade aerodinâmica em determinadas áreas poderá ter consequências semelhantes noutros pontos da cidade, devido ao empobrecimento das condições de ventilação a sotavento. Nomeadamente, no Lumiar e na Alta de Lisboa, que fará deslocar-se para norte o limite

aerodinâmico (Alcoforado et al. 2005), e na frente ribeirinha de Marvila e no Parque das Nações, onde a densificação poderá constituir um obstáculo à progressão da brisa do Tejo para o interior da cidade.

## BIBLIOGRAFIA

- Alcoforado, M.J. 2010. Climatologia urbana para o ensino. Lisboa, C.E.G., Núcleo Clima e Mudanças Ambientais (Clima, 3)
- Alcoforado, M.J., Lopes, A., Andrade, H., Vasconcelos, J. 2005. Orientações climáticas para o ordenamento em Lisboa. C.E.G., Área de Investigação de Geo-Ecologia (Relatório, 4).
- American Meteorological Society, cited 1999: "aerodynamic roughness length". Glossary of Meteorology. [disponível online em [http://glossary.ametsoc.org/wiki/Aerodynamic\\_roughness\\_length](http://glossary.ametsoc.org/wiki/Aerodynamic_roughness_length)]
- Correia, E., 2019. *Mapas Climáticos Urbanos - Geometria e densidade urbana atual. Relatório*. In, "Cartografia de Vulnerabilidade Térmica – Mapeamento dos efeitos das Ondas de Calor em Lisboa, face às projecções climáticas", Câmara Municipal de Lisboa.
- Correia, E., A. Lopes, D. Marques, 2015. An automatic GIS procedure to calculate urban densities to use in Urban Climatic Maps. In *ICUC9-9<sup>th</sup> International Conference on Urban Climate*, Toulouse, France, 20-24 July.
- Davenport, A.G., C.S.B. Grimmond, T.R. Oke, J. Wieringa, 2000. Estimating the roughness of cities and scattered country. 12th Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Boston, 96–99.
- Kanda, M.I.A., T. Miyamoto, M. Gryschka, S. Raasch, 2013. A new aerodynamic parametrization of real urban surfaces. *Boundary-Layer Meteorol*, 148, 357-377.
- Kent, C.W., S. Grimmond, J. Barlow, D. Gatey, S. Kotthaus, F. Lindberg, C.H. Halios, 2017. Evaluation of urban local-scale aerodynamic parameters: implications for the vertical profile of wind speed and for source areas. *Boundary-Layer Meteorol*, 165, 183-213.
- Lopes, A., (2003). Modificações no clima de Lisboa como consequência do crescimento urbano. Ilha de calor de superfície e balanço energético. Lisboa, FLUL (Tese de Doutoramento em Geografia Física).
- Lopes, A., Oliveira, A., Correia, E., Reis, C. (2019) Identificação das ilhas de calor urbano e simulação para as áreas críticas da cidade de Lisboa. Fase 1 – Caracterização e cartografia das ilhas de calor atuais. In, "Cartografia de Vulnerabilidade Térmica – Mapeamento dos efeitos das Ondas de Calor em Lisboa, face às projecções climáticas", Câmara Municipal de Lisboa.
- Madeira, M.I.D., 2019. Parâmetros aerodinâmicos em ambiente SIG. Lisboa, FCUL (Dissertação de Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente).
- Masson V., W. Heldens, E. Bocher, M. Bonhomme, B. Bucher, C. Burmeister, C. de Munck, T. Esch, J. Hidalgo, F. Kanani-Sühring, Y-T Kwok, A. Lemonsu, J.-P. Lévy, B. Maronga, D. Pavlik, G. Petit, L. See, R. Schoetter, N. Tornay, A. Votsis, J. Zeidler, 2019. City-descriptive input data for urban climate models: Model requirements, data sources and challenges. *Urban Climate*, 31.
- Oke, T.R., G. Mills, A. Christen, J.A. Voogt, 2017. *Urban climates*. Cambridge University Press

## ANEXO

### MAPAS CLIMÁTICOS URBANOS FUTUROS METADADOS

De acordo com o **Contrato de Aquisição de Serviços nº 19042588**, designado “Elaboração de Mapas Climáticos Urbanos”, apresentam-se as fichas de metadados dos Mapas Climáticos Urbanos da cidade projetada para o futuro elaborados em formato digital.

#### A – Lista de mapas

- a) Mapa da rugosidade aerodinâmica
- b) Mapa da compacidade
- c) Mapa do índice volumétrico
- d) Mapa da densidade urbana para fins climáticos

#### B – Unidade elementar de análise

Indo ao encontro das diferentes escalas de análise do projeto “Cartografia de Vulnerabilidade Térmica – Mapeamento dos efeitos das ondas de calor em Lisboa, face às projeções climáticas”, onde esta operação se enquadra, e às eventuais necessidades no âmbito das ações de ordenamento e/ou de planeamento, os mapas foram elaborados com base em duas unidades de análise:

- c) Grelha regular com uma resolução horizontal de 100x100 metros;
- d) Subsecção estatística definida na Base Geográfica de Referenciação da Informação, de 2011, do Instituto Nacional de Estatística.

#### C – Metadados

Para cada índice são fornecidos os metadados para cada unidade de análise. Os mapas são acompanhados de ficheiros de simbologia para visualização em ArcGIS, v. 10.3.

**C.1 - Mapas da rugosidade aerodinâmica**

Designação	G100_Z0_F.shp	
Descrição	Comprimento de rugosidade ( $Z_0$ ), grelha de 100x100m	
Unidade de análise	Grelha regular com resolução horizontal de 100 x 100m	
Índice	Comprimento de rugosidade ( $Z_0$ )	
Método analítico	Método morfométrico de Kanda et al. (2013)	
Fontes de dados	Edificado (planimetria e altimetria) – CM Lisboa (2019) Plano de Pormenor em Vigor e Loteamentos Aprovados, até dezembro de 2018 – CM Lisboa (2019) Cartografia biodiversidade, v. 4. – CM Lisboa (2019)	
Sistema de referência	ETRS89/ PT-TM06 (EPSG:3763)	
Formato	Esri Shapefile	
Representação espacial	Vetorial	
Geometria	Polígono	
Atributos	ID_Cel100: código identificador de cada célula da grelha $Z_0$ : valor do comprimento de rugosidade em metros Classe (Rugosidade): classificação do $Z_0$ de acordo com a descrição que se segue Cid_Fut: alterações futuras no edificado no interior da unidade de análise - S (sim); N (não)	
Classes de rugosidade aerodinâmica	$Z_0$	Classe
	< 0.1	Muito baixa
	0.1 – 0.3	Baixa
	0.3 – 0.7	Moderada
	0.7 – 1.5	Elevada
	$\geq 1.5$	Muito elevada

Designação	BGRI_Z0_F.shp
Descrição	Comprimento de rugosidade ( $Z_0$ ), BGRI
Unidade de análise	Subsecção estatística – BGRI
Índice	Comprimento de rugosidade ( $Z_0$ )
Método analítico	Média ponderada do valor de $Z_0$ das células da grelha de 100x100m contidas em cada subsecção estatística
Fontes de dados	Comprimento de rugosidade ( $Z_0$ ), grelha de 100x100m

	Cartografia biodiversidade, v. 4. – CM Lisboa (2019)	
	Base Geográfica de Referência da Informação 2011, INE	
Sistema de referência	ETRS89/ PT-TM06 (EPSG:3763)	
Formato	Esri Shapefile	
Representação espacial	Vetorial	
Geometria	Polígono	
Atributos	BGRI11: código INE identificador de cada subsecção estatística ID_BGRI: código interno identificador de cada subsecção estatística Z0: valor do comprimento de rugosidade em metros Classe (Rugosidade): classificação do $Z_0$ de acordo com a descrição que se segue Cid_Fut: alterações futuras no edificado no interior da unidade de análise - S (sim); N (não)	
Classes de rugosidade aerodinâmica	Z <sub>0</sub>	Classe
	< 0.1	Muito baixa
	0.1 – 0.3	Baixa
	0.3 – 0.7	Moderada
	0.7 – 1.5	Elevada
	≥ 1.5	Muito elevada

### C.2 – Mapas da compacidade

Designação	G100_HW_F.shp
Descrição	Razão H/W, grelha de 100x100m
Unidade de análise	Grelha regular com resolução horizontal de 100 x 100m
Índice	Razão H/W
Método analítico	Razão entre a altura média dos edifícios (H) e a distância entre eles (W)
Fontes de dados	Edificado (planimetria e altimetria) – CM Lisboa (2019) Plano de Pormenor em Vigor e Loteamentos Aprovados, até dezembro de 2018 – CM Lisboa (2019) Cartografia biodiversidade, v. 4. – CM Lisboa (2019)
Sistema de referência	ETRS89/ PT-TM06 (EPSG:3763)
Formato	Esri Shapefile
Representação espacial	Vetorial

Geometria	Polígono	
Atributos	ID_Cel100: código identificador de cada célula da grelha HW: valor da razão H/W Classe (Compacidade): classificação da razão H/W de acordo com a descrição que se segue Cid_Fut: alterações futuras no edificado no interior da unidade de análise - S (sim); N (não)	
Classes de compacidade	H/W	Compacidade
	≤ 0.1	Muito baixa
	0.1 – 0.3	Baixa
	0.3 – 0.75	Moderada
	0.75 – 1.5	Elevada
	> 1.5	Muito elevada

Designação	BGRI_HW_F.shp
Descrição	Razão H/W, BGRI
Unidade de análise	Subsecção estatística – BGRI
Índice	Razão H/W
Método analítico	Média ponderada do valor de H/W das células da grelha de 100x100m contidas em cada subsecção estatística
Fontes de dados	Razão H/W, grelha de 100x100m Cartografia biodiversidade, v. 4. – CM Lisboa (2019) Base Geográfica de Referenciação da Informação 2011, INE
Sistema de referência	ETRS89/ PT-TM06 (EPSG:3763)
Formato	Esri Shapefile
Representação espacial	Vetorial
Geometria	Polígono
Atributos	BGRI11: código identificador de cada subsecção estatística ID_BGRI: código interno identificador de cada subsecção estatística HW: valor da razão H/W Classe (Compacidade): classificação da razão

	H/W de acordo com a descrição que se segue Cid_Fut: alterações futuras no edificado no interior da unidade de análise - S (sim); N (não)	
Classes de compacidade	H/W	Compacidade
	≤ 0.1	Muito baixa
	0.1 – 0.3	Baixa
	0.3 – 0.75	Moderada
	0.75 – 1.5	Elevada
	> 1.5	Muito elevada

### C.3 – Mapas do índice volumétrico

Designação	G100_IV_F.shp	
Descrição	Índice volumétrico, grelha de 100x100m	
Unidade de análise	Grelha regular com resolução horizontal de 100 x 100m	
Índice	Índice volumétrico	
Método Analítico	Razão entre a volumetria do edificado e a volumetria máxima na célula	
Fontes de dados	Edificado (planimetria e altimetria) – CM Lisboa (2019) Plano de Pormenor em Vigor e Loteamentos Aprovados, até dezembro de 2018 – CM Lisboa (2019) Cartografia biodiversidade, v. 4. – CM Lisboa (2019)	
Sistema de referência	ETRS89/ PT-TM06 (EPSG:3763)	
Formato	Esri Shapefile	
Representação espacial	Vetorial	
Geometria	Polígono	
Atributos	ID_Cel100: código identificador de cada célula da grelha IV: valor do índice de volumetria em m <sup>3</sup> Classe: classificação do índice volumétrico de acordo a descrição que se segue Cid_Fut: alterações futuras no edificado no interior da unidade de análise - S (sim); N (não)	
Classes do índice volumétrico	IV	Classe
	≤ 0.2	Baixo
	0.2 – 0.4	Moderado

	0.4– 0.7	Elevado
	0.7– 1.0	Muito elevado
Designação	BGRI_IV_F.shp	
Descrição	Índice volumétrico, BGRI	
Unidade de análise	Subsecção estatística – BGRI	
Índice	Índice volumétrico	
Método Analítico	Média ponderada do valor de IV das células da grelha de 100x100m contidas em cada subsecção estatística	
Fontes de dados	Índice volumétrico, grelha de 100x100m Cartografia biodiversidade, v. 4. – CM Lisboa (2019) Base Geográfica de Referenciação da Informação 2011, INE	
Sistema de referência	ETRS89/ PT-TM06 (EPSG:3763)	
Formato	Esri Shapefile	
Representação espacial	Vetorial	
Geometria	Polígono	
Atributos	BGRI11: código identificador de cada subsecção estatística ID_BGRI: código interno identificador de cada subsecção estatística IV: valor do índice de volumetria em m <sup>3</sup> Classe: classificação do índice volumétrico de acordo a descrição que se segue Cid_Fut: alterações futuras no edificado no interior da unidade de análise - S (sim); N (não)	
Classes do índice volumétrico	IV	Classe
	≤ 0.2	Baixo
	0.2 – 0.4	Moderado
	0.4– 0.7	Elevado
	0.7– 1.0	Muito elevado

#### C.4 – Mapas da densidade urbana para fins climáticos

Designação	G100_DU_F.shp
Descrição	Densidade urbana, grelha de 100x100m
Unidade de análise	Grelha regular com resolução horizontal de 100 x 100m
Índice	Densidade Urbana para fins climáticos

Método Analítico	Análise de hierárquica de clusters
Fontes de dados	Mapa do comprimento de rugosidade Mapa da Razão H/W Mapa do índice volumétrico Parâmetros morfométricos adicionais: densidade do edificado, densidade da área frontal, altura do deslocamento Cartografia biodiversidade, v. 4. – CM Lisboa (2019)
Sistema de referência	ETRS89/ PT-TM06 (EPSG:3763)
Formato	Esri Shapefile
Representação espacial	Vetorial
Geometria	Polígono
Atributos	ID_Cel100: código identificador de cada célula da grelha Classe: classificação da densidade urbana Cid_Fut: alterações futuras no edificado no interior da unidade de análise - S (sim); N (não)
Designação	BGRI_DU_F.shp
Descrição	Índice volumétrico, BGRI
Unidade de análise	Subsecção estatística – BGRI
Índice	Densidade Urbana para fins climáticos
Método Analítico	Frequência de ocorrência das classes de densidade das células da grelha de 100x100m contidas em cada subsecção estatística
Fontes de dados	Densidade urbana, grelha de 100x100m Cartografia biodiversidade, v. 4. – CM Lisboa (2019) Base Geográfica de Referência da Informação 2011, INE
Sistema de referência	ETRS89/ PT-TM06 (EPSG:3763)
Formato	Esri Shapefile
Representação espacial	Vectorial
Geometria	Polígono
Atributos	BGRI11: código identificador de cada subsecção estatística ID_BGRI: código interno identificador de cada subsecção estatística Classe: classificação da densidade urbana Cid_Fut: alterações futuras no edificado no interior da unidade de análise - S (sim); N (não)

