

C&S SIG

O Mapeamento Dasimétrico enquanto Ferramenta de Apoio à Decisão: Distribuição da População e Caracterização da Área de Intervenção da PSP e da GNR

Jorge Manuel Capela Pereira

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica

O Mapeamento Dasimétrico enquanto Ferramenta de Apoio à Decisão: Distribuição da População e Caracterização da Área de Intervenção da PSP e da GNR

Dissertação orientada por
Professor Doutor Pedro Cabral

Coorientação
Dra. Sara Ribeiro

Novembro de 2017

DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE

Declaro que o trabalho contido neste documento é da minha autoria e não de outra pessoa. Toda a assistência recebida de outras pessoas está devidamente assinalada e é efetuada referência a todas as fontes utilizadas (publicadas ou não).

O trabalho não foi anteriormente submetido ou avaliado na NOVA Information Management School ou em qualquer outra instituição.

Casa Branca, novembro de 2017

Assinatura

AGRADECIMENTOS

"Correr não adianta. É preciso partir a tempo."

Jean de La Fontaine

Dizer que esta dissertação representa o fim de um trajeto atribulado, dificilmente poderá ser considerado um exagero. O sabor agridoce do produto final em pouco expressa o esforço de conjugar um sem número de variáveis que se alinharam no tempo que mediou a inscrição no Mestrado em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica e a entrega do documento. Fica sempre o travo do perfeccionista no que poderia ter sido se o tempo esperasse ou as partidas fossem certas. E o reconforto de que, apesar de tudo, com o contributo de muitos, foi possível chegar ao fim de mais uma etapa.

Ao Professor Doutor Pedro Cabral, que sugeriu o tema inicial, pelo seu constante incentivo, pela (muita) paciência, disponibilidade e atenção. Pelos ensinamentos ao longo de todo este percurso. E pelo alento que me transmitiu quando os últimos grãos vazavam na clepsidra, cujas ampolas ameaçavam não querer virar.

À Dra. Sara Ribeiro, que partilhou o seu tempo quando este também corria. Pela partilha de informação e conhecimento, pela paciência e disponibilidade, o meu reconhecido agradecimento.

Ao Professor Doutor Marco Paínho, pelo seu incentivo e entusiasmo, que em muito contribuíram para a primeira partida.

A todos os professores que durante este longo caminho, que com a sua dedicação, empenho e disponibilidade me auxiliaram no ultrapassar dos muitos obstáculos que se foram apresentando.

Ao Nuno Santos, pela disponibilidade, partilha de experiências e incentivo.

Aos meus pais, que estiveram sempre onde foi preciso em todas as etapas da minha vida e, em especial, do meu percurso académico. Foi o seu sacrifício pessoal e apoio incondicional que me fizeram crescer e alcançar objetivos. Os meus sucessos são também os deles.

À Sofia, que caminha a meu lado em todos os percursos. Também este foi construído com o seu sacrifício, amor e carinho. Apenas chegámos ao fim porque esteve sempre comigo. E nunca desistiu!

Ao Rodrigo, que nasceu a meio da viagem e me ajudou a encontrar o rumo. Desde o seu primeiro dia que senti as minhas ausências, apesar de estar sempre presente. Que os ensinamentos que colhi neste tempo possam um dia também ser teus.

A todos a minha profunda gratidão.

O Mapeamento Dasimétrico enquanto Ferramenta de Apoio à Decisão: Distribuição da População e Caracterização da Área de Intervenção da PSP e da GNR

RESUMO

A distribuição geográfica da população é uma das ferramentas mais comumente utilizadas no apoio à tomada de decisão, sobretudo quando envolve questões territoriais, acompanhando grande parte dos instrumentos de diagnóstico. Sendo os mapas formas poderosas para comunicar e condicionar o raciocínio espacial, torna-se imprescindível que a informação presente seja a mais rigorosa possível. A generalização da utilização de mapas coropletos – cuja facilidade de elaboração com recurso aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) disseminou – permitiu uma mais fácil visualização da espacialização dos fenómenos e das variáveis. Todavia, são várias as limitações e distorções que comportam, podendo por isso condicionar a tomada de decisão.

O mapeamento dasimétrico surge como uma técnica alternativa que permite desenhar mapas com uma mais exata precisão na distribuição da população. Pretende-se com o presente documento dissertar sobre as metodologias de representação da distribuição da população, aplicando o Método Dasimétrico Inteligente desenvolvido por Mennis e Hultgren (Mennis and Hultgren 2006) com recurso a uma ferramenta desenvolvida pela United States Environmental Protection Agency (EPA) na criação de um mapa dasimétrico da população de Portugal Continental, a partir do qual se analisam as áreas de intervenção sob responsabilidade da Guarda Nacional Republicana (GNR) e da Polícia de Segurança Pública (PSP), tendo por base a localização dos seus postos/esquadras. Pretende-se criar uma ferramenta de análise que permita melhor caracterizar e compreender a área de intervenção das forças de segurança perante a atual distribuição da população, perspetivando o seu dimensionamento e reorganização no médio e longo prazo.

Dasymetric Mapping as a decision support tool: population distribution and security forces operational area assessment.

ABSTRACT

Population mapping is one of the most commonly used tools used for decision making support, namely in what concerns territorial issues, being present in most diagnostic documents. Maps are one of the most powerful ways to communicate and condition spatial reasoning, it is crucial that the information present is as thorough and rigorous as possible. The general use of choropleth maps – easily created in a GIS – as allowed an easier visualization of spatial variables and phenomena. However, there are several limitations and distortions that come with it, in a way that might influence decision making.

Dasymetric mapping comes as an alternative technique to draw more precise and accurate population density maps. This paper intends to discuss population density representation techniques, applying the Intelligent Dasymetric Mapping method developed by Mennis and Hultgren (Mennis and Hultgren 2006), using the Dasymetric Toolbox developed by the United States Environmental Protection Agency (EPA) to create a population density map of mainland Portugal, from which the Portuguese security forces operational area can be accessed. It intends to develop a more accurate tool to analyze and understand it in face of the current population distribution scenario, in a possible medium/long term dimensioning and reorganization perspective.

PALAVRAS-CHAVE

Demografia

Densidade Populacional

Mapeamento Dasimétrico Inteligente

Políticas Públicas

Segurança

Sistemas de Informação Geográfica

Sistemas Espaciais de Apoio à Decisão

KEYWORDS

Demography

Population Density

Geographical Information Systems

Intelligent Dasymetric Mapping

Security

Public Policies

Spatial Decision Support Systems

ACRÓNIMOS

AML – Área Metropolitana de Lisboa

BGRI – Mapeamento Dasimétrico Inteligente

CLC – Corine Land Cover

EEA – European Environment Agency

EPA - United States Environmental Protection Agency

DGT – Direção Geral do Território

DL – Decreto-Lei

FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia

GNR – Guarda Nacional Republicana

IDM – Intelligent Dasymetric Mapping

ISEGI – Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação.

NOVA IMS – NOVA Information Management School

PSP – Policia de Segurança Pública

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

UMC – Unidade Mínima Cartográfica

ÍNDICE DO TEXTO

DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE	iii
AGRADECIMENTOS	iv
RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
PALAVRAS-CHAVE	viii
KEYWORDS.....	viii
ACRÓNIMOS	ix
ÍNDICE DE TABELAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Hipótese.....	2
1.3 Objetivos	2
1.4 Estrutura da Dissertação.....	3
2. A Representação da distribuição da população	4
2.1 Evolução da População Portuguesa	4
2.2 Mapas coropletos	5
2.3 Metodologias de estimação da população.....	8
2.4 Mapas dasimétricos.....	9
2.4.1 “One hundred years of dasymetric mapping”	11
2.4.2 Mapeamento Dasimétrico Inteligente.....	16
3. Mapa Dasimétrico de Portugal Continental.....	19
3.1 Área de Estudo, Metodologia e Dados.....	21
3.1.1 Processamento do Mapa Dasimétrico.....	26
3.2 Resultados e Discussão	27
3.2.1 Mapas com amostragem	32
4. Distribuição da População e Caracterização da Área de Intervenção da PSP e da GNR em Portugal Continental.....	35
4.1 Metodologia e dados	35
4.2 Área de Influência da PSP.....	36
4.3 Área de Influência da GNR.....	39
4.4 Notas Finais.....	42
5. Conclusões	44
Bibliografia	47

Anexo I – Mapa de reclassificação da CLC 2012	52
Anexo II – Mapa Dasimétrico	52
Anexo III – Tabelas Síntese da amostragem aleatória e classificação manual.....	54
Anexo IV – Distribuição da população por grupo de classe, de acordo com a metodologia utilizada.....	56
Anexo V – Mapas dasimétricos - Amostra Empírica	57
Anexo VI – Áreas de Serviço da PSP – Portugal Continental.....	58
Anexo VII – Áreas de Serviço da PSP - AML	59
Anexo VIII – Dispositivo da PSP – Portugal Continental.....	60
Anexo IX – Áreas de Serviço da GNR	61

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Freguesias de Portugal (CAOP 2012), estatística descritiva	22
Tabela 2 – Um país de povoamento diverso (CAOP 2012)	22
Tabela 3 – Atribuição dos pesos relativos de densidade populacional a cada grupo de classes de solo	25
Tabela 4 – Aplicação prática do algoritmo de IDM	27
Tabela 5 – Correlação entre a classificação de grupos de classe conforme as diferentes metodologias utilizadas.	33
Tabela 6 – Distribuição percentual da população por grupo de classe em cada método de classificação utilizado.....	33
Tabela 7 – População servida pela PSP em Portugal Continental.....	38
Tabela 8 – População servida pela GNR em Portugal Continental.	40
Tabela 9 – População servida pela PSP com e sem limitação da atua área de atuação.	42
Tabela 10 – Tabela síntese final – classificação manual	54
Tabela 11 - Tabela síntese final – Amostragem – 100% cobertura	54
Tabela 12 - Tabela síntese final – Amostragem – 95% cobertura	54
Tabela 13 - Tabela síntese final – Amostragem – 85% cobertura	55
Tabela 14 - Tabela síntese final – Amostragem – 75% cobertura	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da população portuguesa 1900-2011. (INE n.d., Instituto Nacional de Estatística 2015)	4
Figura 2 – Evolução do peso relativo (%) da população dos distritos portugueses 1900-2011, ordenado de acordo com os censos 2011. Fonte (INE n.d., Moreira and Rodrigues 2004).....	5
Figura 3 – Problema da Unidade de Área Modificável. (Wikipedia 2017).....	7
Figura 4 – A heterogeneidade das unidades censitárias – exemplo de subsecções (linhas a amarelo) e secções estatísticas (BGRI 2011)	8
Figura 5 - Classificação de métodos de interpolação zonal segundo Wu, Qiu e Wang (2005), adaptado por Batista e Silva (Batista e Silva 2009).	9
Figura 6 – Evolução do número de artigos científicos em língua inglesa sobre mapeamento dasimétrico (Petrov 2012).....	10
Figura 7 – Aplicações da cartografia Dasimétrica (Gallego 2010, Petrov 2012, Mennis 2016)	10
Figura 8 – Excerto do mapa dasimétrico da Rússia europeia elaborado por Semenov-Tian-Shansky, folha 57. Fonte Petrov 2012.....	11
Figura 9 – Metodologias de mapeamento dasimétrico desenvolvidas por Semenov-Tian-Shansky. Adaptado de Petrov (2012)	12
Figura 10 – Exemplos de dados auxiliares utilizados na elaboração da cartografia dasimétrica (Nagle et al. 2014, Spyrtatos et al. 2016, Mennis 2016).....	14
Figura 11 – “Binary filtering area Weighting” – (Beale 2012)	15
Figura 12 – Exemplo da integração entre dados populacionais e dados auxiliares no modelo dasimétrico. (Nagle et al. 2014)	16
Figura 13 – Mapeamento Dasimétrico Inteligente – (Mennis and Hultgren 2005)...	18
Figura 14 – População residente por subsecção estatística, 2011. (INE n.d.)	19
Figura 15 – Variação da população portuguesa entre 2011, por município (INE n.d.) e 2015 (INE 2016). Fonte: INE.....	19
Figura 16 - Novas realidades territoriais impõem novos retratos territoriais. Elaboração própria.	20
Figura 17 – Metodologia de elaboração do mapa dasimétrico da população de Portugal Continental	21
Figura 18 – «Freguesias multipart».	23
Figura 19 – Tecido Urbano Contínuo e Descontínuo em Portugal continental – CLC 2012.....	24
Figura 20 – Exemplos de povoamento disperso classificado como olivais, campos agrícolas e floresta. 1 – Caxarias, Ourém; 2 – Casa Branca, Sousel.....	26
Figura 21 - Mapa dasimétrico da densidade populacional em Portugal, 2011.	28

Figura 22 - Densidade populacional em Portugal, por freguesia, 2011.....	29
Figura 23 - Refinamento da Distribuição da População.	29
Figura 24 – Refinamento de áreas contínuas de densidade ao nível da freguesia, mesmo em áreas de menor densidade.....	30
Figura 25 – «Freguesias multipart». Ajuda, Salvador e Santo Ildefonso mantêm uma densidade abaixo do expectável para uma área urbana.....	31
Figura 26 – Exemplo das limitações de resolução do mapa auxiliar. Casa Branca, Sousel.	31
Figura 27 – Diferença entre a densidade populacional calculada com recurso à atribuição manual de pesos por classe e cada uma das classificações empíricas.	34
Figura 28 – Postos Territoriais, Esquadras e freguesias de atuação da PSP e da GNR em Portugal Continental.....	36
Figura 29 – Áreas de Serviço da PSP na Área Metropolitana de Lisboa (metros)....	37
Figura 30 – Dispositivo da PSP e área de atuação em Portugal Continental.....	37
Figura 31 - Áreas de serviço da GNR (incluindo áreas mistas).....	40

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

"The Universe - some information to help you live in it

4. Population: None

It is known that there are [sic] an infinite number of worlds, simply because there is an infinite amount of space for them to be in. However, not every one of them is inhabited. Therefore, there must be a finite number of inhabited worlds. Any finite number divided by infinity is as near to nothing as makes no odds, so the average population of all the planets in the Universe can be said to be zero. From this it follows that the population of the whole Universe is also zero, and that any people you meet from time to time are merely products of a deranged imagination."

(Douglas Adams, 1980, *The Restaurant at the End of the Universe*, London, Pan Books, pp. 113-114., cit. por Langford and Unwin 1994)

A representação da distribuição geográfica da população é um dos mais básicos indicadores socioeconómicos, bem como uma ferramenta fundamental na compreensão e no processo de tomada de decisão em diversas áreas, sobretudo quando envolve questões territoriais (Wu *et al.* 2005, Batista e Silva *et al.* 2013, Mennis 2016, Rodrigues *et al.* 2016). Tanto assim é que está presente na grande maioria dos instrumentos de planeamento, especialmente nos diagnósticos, quase exclusivamente sob a forma de mapas coropletos (Batista e Silva 2009). De facto, os mapas são reconhecidos como poderosas ferramentas para comunicar factos geográficos, conduzindo ao raciocínio espacial (Barrozo *et al.* 2015), apresentado uma cobertura espacial de toda a área representada, com fronteiras bem definidas e uma fácil interpretação das variáveis em questão (Yuan *et al.* 1998). Contudo, no caso dos mapas populacionais coropletos, ao apresentar uma aparente homogeneidade, geralmente sob a forma de um polígono, onde na realidade existe uma variação na distribuição espacial, pode-se estar a contribuir para uma interpretação errónea. Podemos até concluir que a densidade se aproxima do 0. E assim condicionar a tomada de decisão (Mennis 2003, Langford *et al.* 2008, Barrozo *et al.* 2015)! Idealmente, a melhor forma de produzir esta informação é recolher dados individuais com coordenadas das

residências e contabilizar o número de população residente em cada célula da grelha – uma abordagem *bottom-up*. Mas, quando esta informação existe, por motivos de segredo estatístico, é de acesso extremamente reservado, condicionando a sua utilização (Gallego 2010, Qiu *et al.* 2012). Os mapas dasimétricos podem fornecer uma imagem mais fiel e detalhada da distribuição da população, recorrendo a informação auxiliar para a desagregar espacialmente dentro de cada unidade administrativa ou censitária (Eicher and Brewer 2001, Barrozo et al. 2015).

O presente documento surge no âmbito do projeto SIM4SECURITY1 – Modelo prospetivo e de Análise Espacial aplicado à Segurança Pública, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) através do projeto PTDC/ATPDEM/1538/2014. O projeto visa a criação de uma solução tecnológica, assente num modelo SIG e na elaboração de cenários demográficos, capaz de ser um instrumento de apoio à decisão no âmbito das políticas de segurança, tendo em vista a otimização e melhoria da eficácia da atuação das forças de segurança. (Rodrigues et al. 2016, Rodrigues and Ribeiro 2017),

1.2 Hipótese

O mapeamento dasimétrico inteligente permite a criação de mapas de distribuição da população mais próximos da realidade que os mapas coropletos, apresentando-se como uma ferramenta capaz de permitir um mais eficaz apoio à tomada de decisão, nomeadamente no que concerne à caracterização da área de intervenção da Guarda Nacional Republicana (GNR) e da Polícia de Segurança Pública (PSP).

1.3 Objetivos

Num contexto da profunda alteração demográfica que ocorreu em Portugal nas últimas décadas, com particular repercussão nas desigualdades inter e intrarregionais da sua distribuição, o presente documento apresenta como resultado final um mapa dasimétrico da distribuição da população, a partir do qual se analisam as áreas de

¹ <http://sim4security.novaims.unl.pt/>

distribuição sob responsabilidade da GNR e da PSP, tendo por base a localização dos seus postos/esquadras. Pretende-se fornecer uma ferramenta de análise e apoio à decisão que permita melhorar a eficácia da atuação das forças de segurança perante a atual distribuição da população, bem como o seu dimensionamento a médio e longo prazo.

1.4 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação está estruturada em cinco capítulos.

No primeiro capítulo introduz-se o tema, estabelecendo-se os objetivos e a estrutura da dissertação.

No segundo capítulo disserta-se sobre a representação da distribuição da população. Após um primeiro enquadramento relativo à evolução da população portuguesa, procede-se a uma revisão bibliográfica sobre o tema da representação da distribuição da população. Abordam-se especificamente os mapas coropletos e os mapas dasimétricos, contando-se a evolução da técnica de elaboração destes últimos, findando com uma incidência na técnica do mapeamento dasimétrico inteligente.

No terceiro capítulo é apresentada a metodologia que conduziu à elaboração do mapa dasimétrico inteligente da distribuição da população de Portugal continental, analisando-se e discutindo-se os resultados obtidos. Para além da atribuição de valores empíricos a cada classe de solo, testou-se ainda a utilização de amostragem de cada classe de solo nas áreas onde esta apresentasse diferentes valores de cobertura (100%, 95%, 85% e 75%), com o objetivo de avaliar as diferenças na estimação da densidade populacional.

No quarto capítulo demonstra-se a aplicabilidade do mapa dasimétrico na análise das áreas de intervenção da GNR e PSP em Portugal Continental, comparando-o com a utilização do mapa coropleto censitário.

No quinto capítulo apresentam-se as conclusões, discutindo-se as aplicações e limitações encontradas e apontando-se pistas para desenvolvimentos futuros.

2. A Representação da distribuição da população

2.1 Evolução da População Portuguesa

A população portuguesa conheceu um aumento de quase 94% desde o início do século passado (Figura 1). Este crescimento relativamente regular oculta diversas alterações de paradigma quanto às variáveis que condicionam a evolução da população, associadas às profundas mudanças sociais, políticas e económicas que decorreram neste período (Baptista 1963, Bandeira *et al.* 2014). De entre todas, especial relevância para os comportamentos migratórios e as profundas desigualdades regionais que criou e acentuou – principalmente desde meados do século passado (Moreira and Rodrigues 2004).

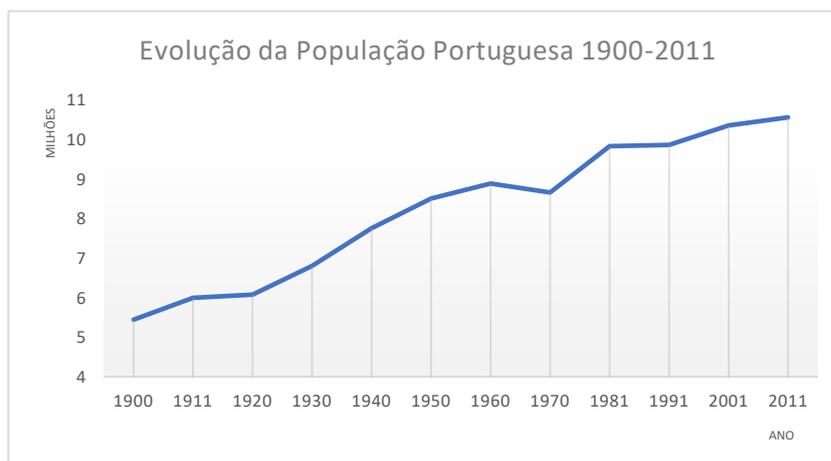


Figura 1 – Evolução da população portuguesa 1900-2011. (INE n.d., Instituto Nacional de Estatística 2015)

De facto, os processos de bipolarização e litoralização têm criado uma profunda desigualdade territorial na distribuição da população, com ritmos intensos de declínio populacional sobretudo nos distritos raianos, cujo peso relativo tem vindo a diminuir (Figura 2), em detrimento do litoral (Moreira and Rodrigues 2004). Esta realidade verifica-se também numa maior escala, onde fenómenos como a dispersão urbana ou o despovoamento acentuaram a desigual distribuição da população dentro de cada concelho e cada freguesia. O “Portugal sonolento, [coincidente] em grande parte com o interior do país”, com algumas “freguesias eventualmente em coma”, distancia-se cada vez mais do “país sob alta pressão”, intimamente associado às áreas

metropolitanas e mais urbanas, sobretudo no litoral (Ferrão 2003). Estas assimetrias comportam novos desafios para a gestão do território e dos seus recursos. Para isso torna-se imprescindível um conhecimento e uma análise mais profunda da real distribuição dos portugueses, procurando garantir o máximo de acuidade na informação prestada aos decisores. A tomada de decisão sobre um território deve basear-se no máximo de informação disponível, com a maior exatidão possível.

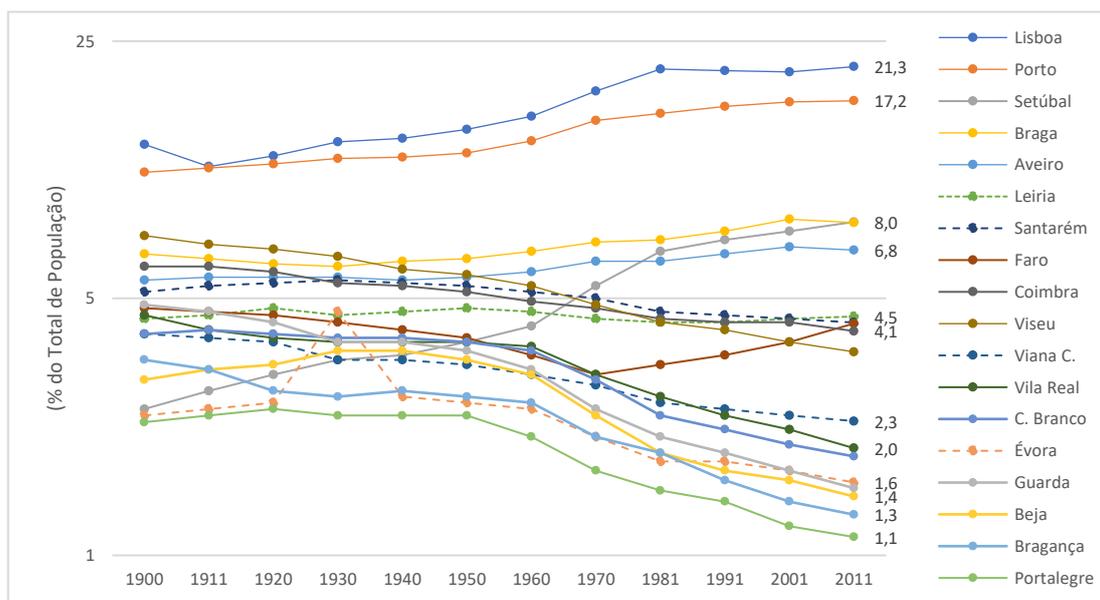


Figura 2 – Evolução do peso relativo (%) da população dos distritos portugueses 1900-2011, ordenado de acordo com os censos 2011. Fonte (INE n.d., Moreira and Rodrigues 2004)

2.2 Mapas coropletos

A representação da população tem geralmente por fim a visualização da sua distribuição numa determinada área, através da cartografia, ou a criação de informação (como um modelo de distribuição da população), a partir da qual se pode retirar mais informação através de técnicas de análise espacial e modelação (Langford 2003). Estes dados são quase invariavelmente representados por mapas coropletos, de fácil elaboração, leitura e interpretação, a partir dos quais nos habituámos a retratar os territórios e a aferir juízos, mas que apresentam diversas limitações (Langford and Unwin 1994, Yuan *et al.* 1998, Mennis 2003, Holt *et al.* 2004, Langford *et al.* 2008,

Barrozo *et al.* 2015). Para a generalização deste tipo de representação também em muito contribui o facto de, apesar de produzir informação georreferenciada com elevado nível de detalhe – sobretudo em termos censitários –, a grande maioria dos países europeus apenas a disponibilizar até uma determinada escala (Gallego 2010), nem sempre sendo possível obter séries históricas a partir de uma determinada desagregação². A necessidade de salvaguardar as regras do segredo estatístico em vigor (Instituto Nacional de Estatística 2013) obriga à agregação, por norma em limites geométricos artificiais – quase sempre unidades administrativas e/ou estatísticas, de dimensão variável no espaço e, por vezes, no tempo³ –, dos dados disponibilizados para além do que seria muitas vezes desejável, com implicações em termos de análise e de decisão (Holt *et al.* 2004, Nagle *et al.* 2014, Mennis 2016).

Langford (Langford and Unwin 1994, Langford 2003) identificou diversos problemas que se colocam com este tipo de representação. O primeiro é o facto de os mapas coropletos estarem sujeitos ao Problema da Unidade de Área Modificável (MAUP) e Falácia Ecológica, uma vez que não considera as potenciais variações de densidade em função da escala e da alteração de limites. A agregação de unidades censitárias de maior escala numa de menor escala resultará numa diferente densidade populacional (e vice-versa). Para além disso, esta densidade variará em função da definição dos limites de cada unidade de área (Figura 3) – por norma, e em função da maior facilidade de recolha de dados, são definidos polígonos de grande dimensão onde a densidade populacional é baixa e polígonos de menor dimensão onde esta é maior

² Em Portugal, os Censos permitem atualmente a “*caracterização detalhada da população e do parque habitacional até ao nível de freguesia, secção e subsecção*”, sendo que apenas a partir de 1950 se encontram disponíveis dados da população residente ao nível do lugar (Instituto Nacional de Estatística 2013), e o censo de 1981 fornece informação apenas para os lugares com mais de 500 habitantes (Batista e Silva 2009).

³ A título de exemplo, as LAU2 (áreas administrativas locais) do Eurostat, a área média é de cerca de 36 km², variando entre os 15 km² e os 1500 km²! Já em Portugal, a menor unidade censitária – subsecção – apresentava na versão de 2011 uma área média de 0,35 km², variando entre os 0 e os 164,4 km² (BGRI 2011).

(Bielecka 2007); já as fronteiras administrativas têm uma origem sobretudo histórica e política, nem sempre refletindo uma homogeneidade interna de variáveis (Batista e Silva 2009) .

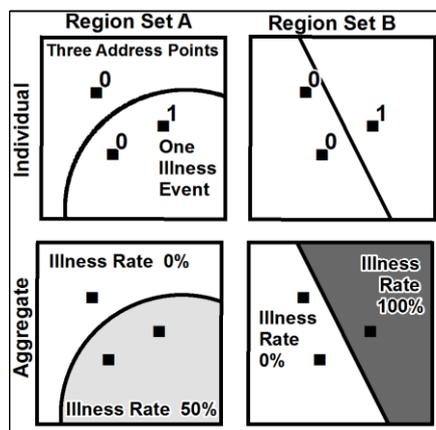


Figura 3 – Problema da Unidade de Área Modificável. (Wikipedia 2017)

Outro problema reside na homogeneização dentro das unidades de área e uma transição abrupta entre os seus limites (como as freguesias ou as secções estatísticas), removendo os valores extremos e afastando-se da realidade dos fenómenos (Figura 4). Se a população, composta por indivíduos, não é um fenómeno contínuo, a representação da sua densidade é representada de forma contínua. Dentro de uma mesma unidade de área existirão certamente espaços sem ocupação humana (rios, floresta, indústrias), sendo que os espaços onde exista ocupação humana dificilmente estarão uniformemente distribuídos (Holt *et al.* 2004, Bielecka 2007). Também o método de classificação dos dados nos mapas coropletos, tanto pelo número de classes como pelo procedimento que conduz à sua divisão, origina diferentes formas de representação da densidade populacional, alterando a perceção da sua distribuição (Langford and Unwin 1994, Langford 2003).

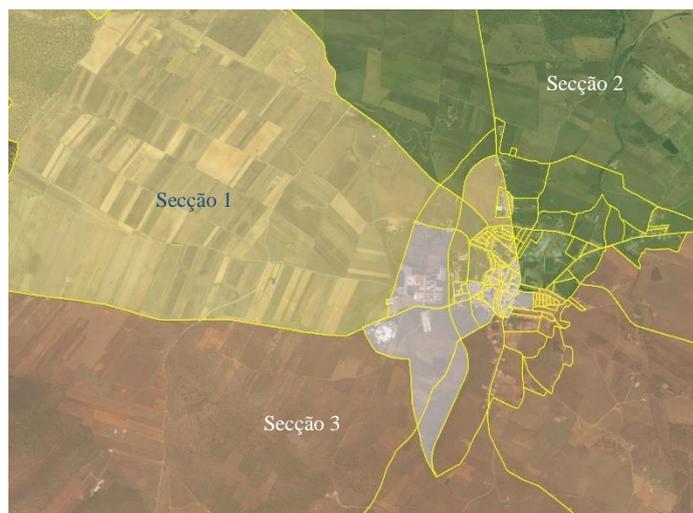


Figura 4 – A heterogeneidade das unidades censitárias – exemplo de subseções (linhas a amarelo) e seções estatísticas (BGRI 2011)

2.3 Metodologias de estimação da população

Diversos métodos de estimação da população têm sido desenvolvidos ao longo dos últimos anos. Dependendo dos objetivos e da informação disponível, Wu e outros (Wu *et al.* 2005) agruparam estes métodos em duas categorias, interpolação espacial e modelação estatística. Os primeiros são vocacionados para o processo de transformação de dados de uma área de origem para uma área de destino com diferente geometria, desagregando os dados em busca de um aperfeiçoamento da distribuição da população, podendo ser divididos entre os que utilizam (mapeamento dasimétrico) ou não informação auxiliar (baseado em pontos e baseado em áreas) (Figura 5). A modelação estatística procura antes inferir a relação entre população e outras variáveis com o propósito de estimar a população total de uma determinada área, sendo muito utilizada em períodos intercensitários ou para áreas onde o levantamento censitário seja difícil, embora também possa ser incorporada no processo de interpolação da população.

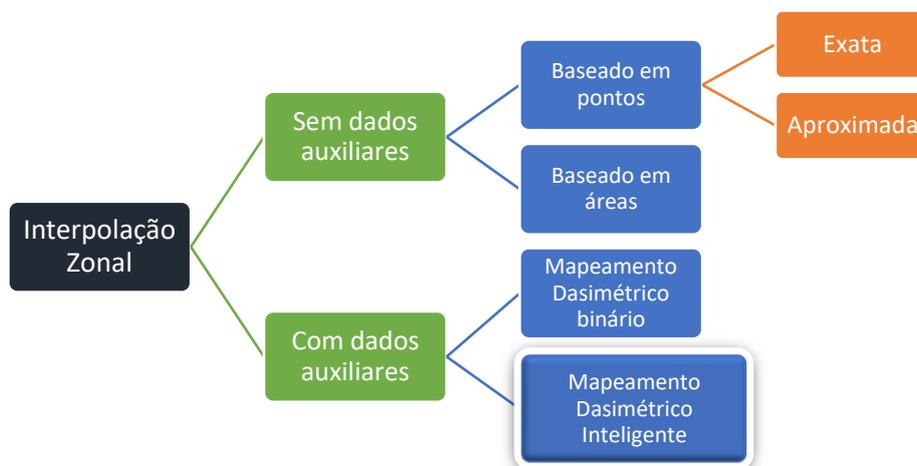


Figura 5 - Classificação de métodos de interpolação zonal segundo Wu, Qiu e Wang (2005), adaptado por Batista e Silva (Batista e Silva 2009).

Considerando os objetivos do presente trabalho e os dados disponíveis (dados da população ao nível censitário), o mapeamento dasimétrico surge como opção metodológica.

2.4 Mapas dasimétricos

O interesse na cartografia dasimétrica enquanto técnica de representação da população cresceu muito a partir da década de 90 (Figura 6), acompanhando a evolução e disseminação dos SIG e da detecção remota. A grande quantidade de dados e informação proveniente da detecção remota, com intervalos de tempo cada vez mais reduzidos e grande precisão, constitui hoje uma importante fonte informação para utilização nas mais diversas áreas, com recurso aos SIG (Yuan *et al.* 1998, Petrov 2012, Mennis 2016).

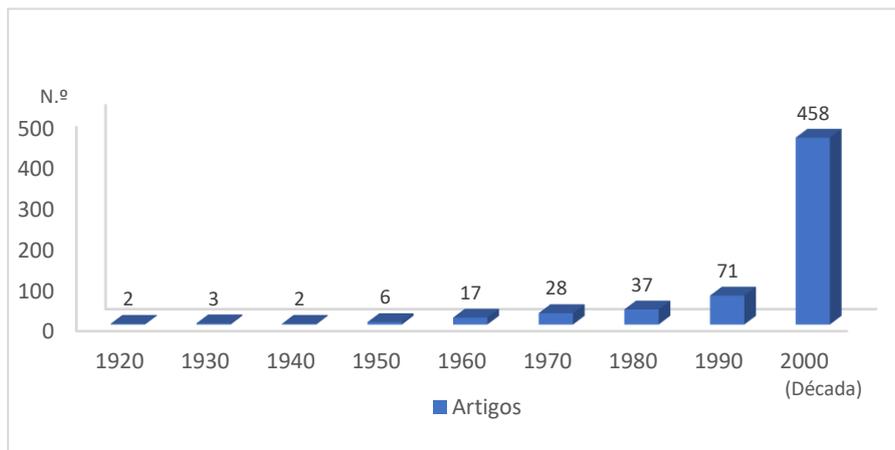


Figura 6 – Evolução do número de artigos científicos em língua inglesa sobre mapeamento dasimétrico (Petrov 2012)

A cartografia dasimétrica, acompanhando o caráter transversal e multidisciplinar dos SIG (Yuan *et al.* 1998), tem aplicações em áreas tão diversas como a saúde, a ação social, a segurança, proteção civil e planeamento - Figura 7 (Yuan *et al.* 1998, Gallego 2010, Petrov 2012, Mennis 2016).

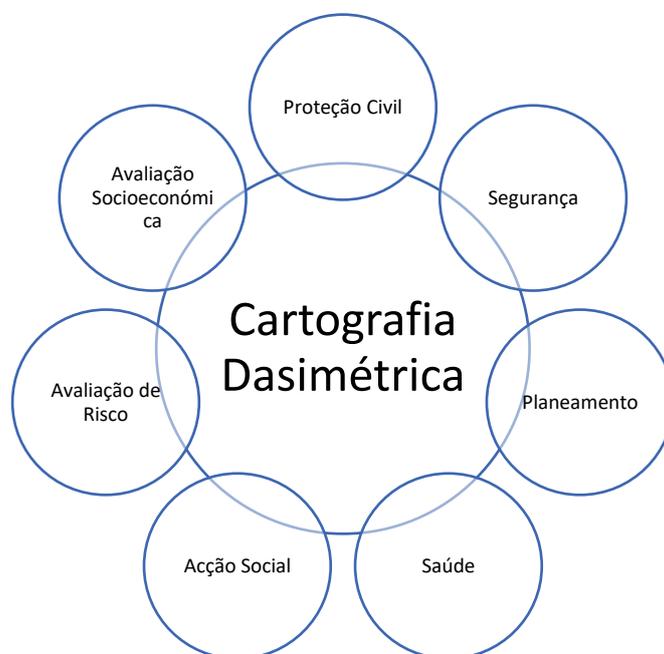


Figura 7 – Aplicações da cartografia Dasimétrica (Gallego 2010, Petrov 2012, Mennis 2016)

2.4.1 “One hundred years of dasymetric mapping”⁴

Parece ser consensual a atribuição do primeiro exemplo precursor da dasimetria ao Mapa Mundo da Densidade Populacional de 1883, elaborado por George Scrope (Petrov 2012). Mas foi o cartógrafo Russo Tian-Shansky a desenvolver e apelidar a metodologia em 1911 – do grego *dasys* – denso, *metreo* – medir, (“medir a densidade”), tendo sido utilizada aquando da elaboração do mapa da Rússia Europeia à escala 1:42 0000 (Figura 8), publicado nos anos 20 do século passado (Petrov 2012).

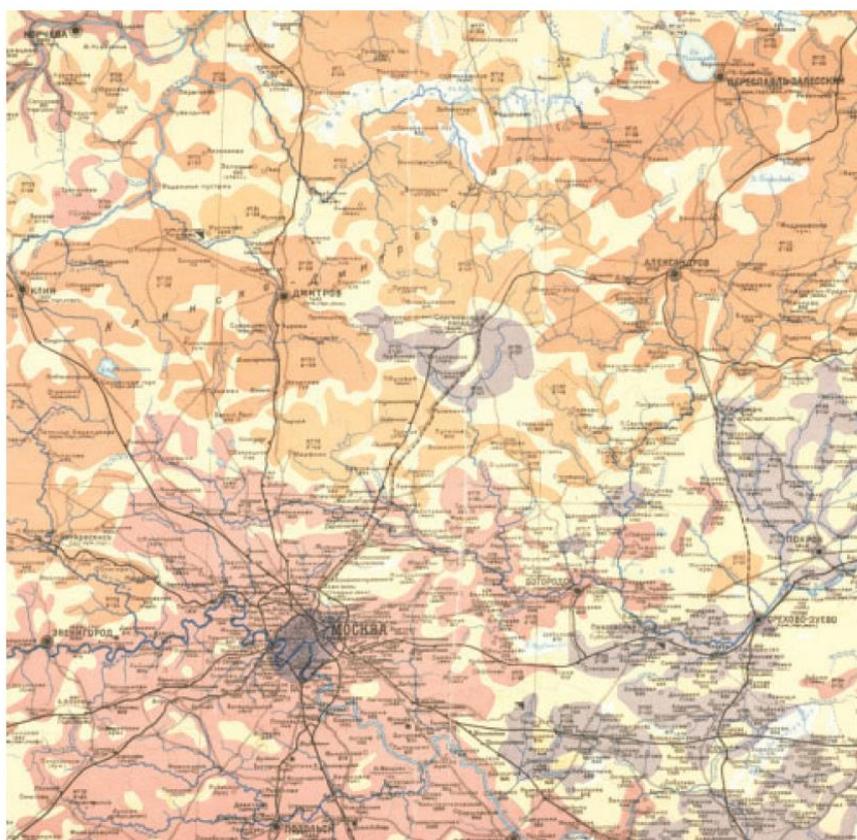


Figura 8 – Excerto do mapa dasimétrico da Rússia europeia elaborado por Semenov-Tian-Shansky, folha 57. Fonte Petrov 2012.

A história é reconstituída por Andrey Petrov, no seu “tributo” a 100 anos de cartografia dasimétrica (Petrov 2012). Geólogo de formação, filho do geógrafo e explorador russo

⁴. (Petrov 2012)

Pyotr Semenov-Tian-Shansky, Benjamin Semenov-Tian-Shansky dedicou-se ao estudo da estatística económica e da população, com especial incidência sobre as diferenças regionais no povoamento e nos padrões económicos, tendo sistematizado informação extensiva sobre a geografia económica da Rússia. Tendo caracterizado o que apelidou de “locais naturais” de concentração de população, baseando-se em trabalhos como os de Vidal de la Blache, o autor desenvolveu quatro metodologias para a criação de mapas de densidade populacional – Figura 9 –, independentemente de quaisquer limites administrativos, cuja distribuição seja apresentada como de facto é, de acordo com os referidos “locais naturais” de concentração e rarefação. (Petrov 2012). Apesar de inicialmente apresentada em 1911, os mapas com base nesta metodologia começaram a ser publicados apenas em 1923, tonando-se a metodologia bastante popular até à década de 40, quando, fruto de uma sucessão de episódios que se confundem com a revolução bolchevique, perde popularidade (idem).



Figura 9 – Metodologias de mapeamento dasimétrico desenvolvidas por Semenov-Tian-Shansky. Adaptado de Petrov (2012)

Fora da Rússia, a metodologia surge em 1928 pela mão do próprio Benjamin Semenov-

Tian-Shansky, na revista *Geographical Review*, após um primeiro artigo de Sten de Geer, dois anos antes. Os seus princípios de sobreposição de mapas, combinando dados de população com informação auxiliar proveniente de diversas origens (topográfica, geológica, uso do solo, etc.) são ainda hoje o cerne da metodologia ligada à análise geoespacial (Eicher and Brewer 2001, Petrov 2012).

Wright popularizou a metodologia nos Estados Unidos, na década de 30, apresentando uma variante da metodologia que dividia uma determinada unidade administrativa em áreas mais pequenas com recurso ao ambiente geográfico, utilizando mapas topográficos como informação auxiliar. Para isso, após redistribuir a população entre áreas habitadas e desabitadas, derivava os valores de densidade subjetivamente – o que é considerada a maior desvantagem dos mapas dasimétricos (Mennis 2003, Petrov 2012). Contudo, as diversas limitações na aquisição de dados de base e auxiliares, bem como a ausência de uma standardização do processo, colocaram sempre limitações à utilização desta metodologia (Eicher and Brewer 2001).

Com o já referido desenvolvimento recente das tecnologias associadas aos SIG e deteção remota, a metodologia tem ganho popularidade. Cerca de 75% dos artigos publicados sobre o tema foram-no após o ano 2000 - Figura 6 (Petrov 2012). A dasimetria produz estimações com maior resolução ao relacionar a distribuição da população com informação geográfica auxiliar (Figura 10), sendo por isso uma ferramenta de grande utilidade quando se torna necessário estudar a distribuição da população. (Nagle *et al.* 2014) sintetizam alguns exemplos de dados auxiliares utilizados:

“Examples of ancillary data commonly used include land cover (Mennis 2003), road density (Reibel and Agrawal 2012, Reibel and Bufalino 2005), slope (Schumacher et al. 2000), nighttime lights (Briggs et al. 2007), Landsat Thematic Mapper data (Yuan, Smith, and Limp 1997), light detection ((Stathakis 2016)) and ranging (LiDAR)-derived building heights (Xie 2006; Kressler and Steinnocher 2008), IKONOS-derived land use classification (Liu, Kyriakidis, and Goodchild 2008), parcel data (Tapp 2010), and address points (Zandbergen 2011).”

Mais recentemente, (Spyratos *et al.* 2016) utilizaram a rede social *Foursquare* para estimar a localização de edifícios não residenciais. Também o Algoritmo EM (Expectation–Maximization) foi utilizado por Gallego and Peedell na elaboração de uma mapa dasimétrico para a Europa (Gallego and Peedell 2001). Cada um destes modelos apresenta uma determinada incerteza, em função da forma como integra os dados da população com a informação auxiliar (Spyratos *et al.* 2016), um tema a aprofundar em próximos trabalhos.



Figura 10 – Exemplos de dados auxiliares utilizados na elaboração da cartografia dasimétrica (Nagle *et al.* 2014, Spyratos *et al.* 2016, Mennis 2016).

Deste modo, podemos considerar que um “mapa dasimétrico representa informação quantitativa de uma determinada área utilizando os limites que dividem a área mapeada em zonas de relativa homogeneidade com o propósito de melhor retratar a superfície estatística subjacente” (Eicher and Brewer 2001). É uma forma de interpolação espacial que usa dados auxiliares para modelar dados da população de uma unidade espacial para outra (Bielecka 2007).

A cartografia dasimétrica poderá ser classificada como «binária» ou «inteligente». O

método binário (Langford and Unwin 1994) distribui toda a população numa única classe de solo onde esta se presume encontrar – geralmente solo urbano ou artificializado – criando áreas habitadas ou desabitadas (Figura 11 e Figura 12). Este método tem a vantagem de ser simples de aplicar; contudo, tem um cariz subjetivo na definição das classes de solo a considerar, partindo ainda do pressuposto que nelas existe uma distribuição homogénea da população. Já a classificação «inteligente» considera a existência de diferentes densidades em diferentes classes de solo. (Eicher and Brewer 2001) utilizaram três classes atribuindo alguma densidade a áreas agrícolas e de floresta (70%, 20%, 10%). Apesar de garantir que é respeitada a propriedade picnofilática de Tobler, há um caráter subjetivo associado à atribuição dos pesos a cada classe (Mennis and Hultgren 2006, Bielecka 2007).

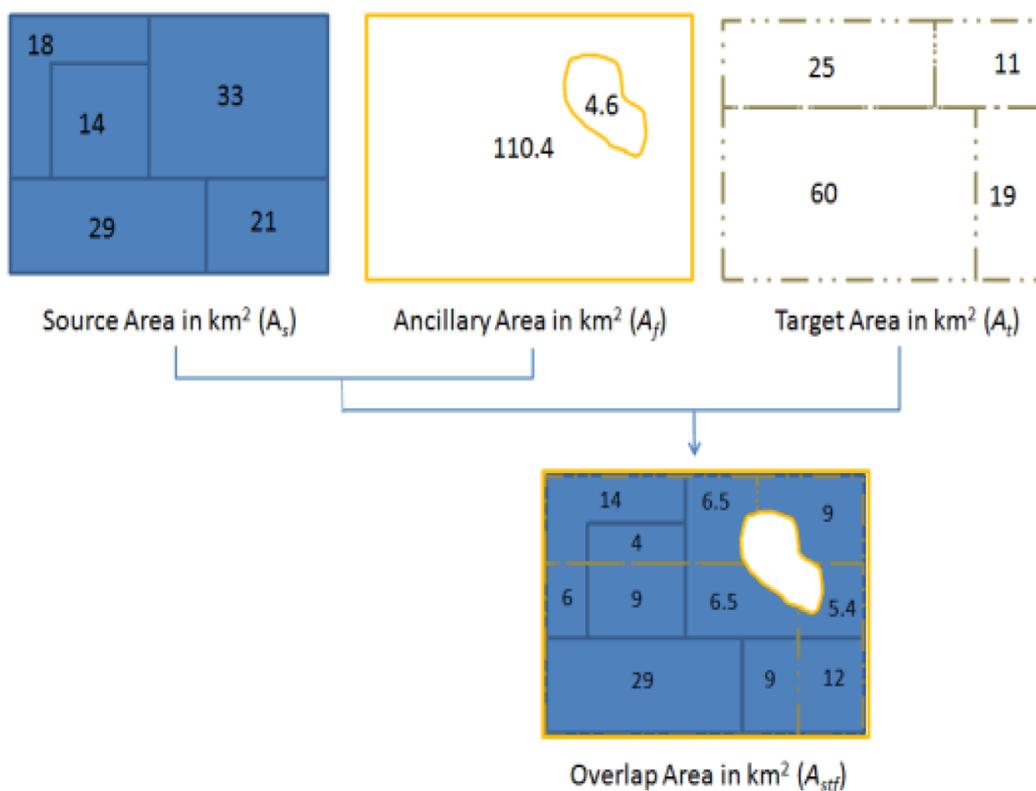


Figura 11 – “Binary filtering area Weighting” – (Beale 2012)

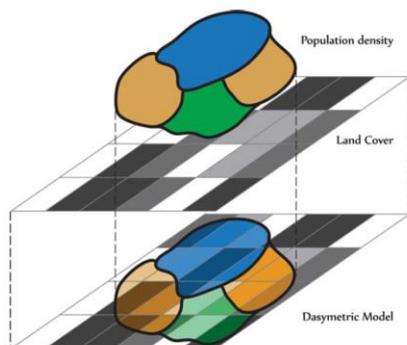


Figura 12 – Exemplo da integração entre dados populacionais e dados auxiliares no modelo dasimétrico. (Nagle *et al.* 2014)

2.4.2 Mapeamento Dasimétrico Inteligente

Apesar do crescimento da investigação nesta área em anos recentes (Figura 6), há poucas evidências da aplicação destes algoritmos de forma generalizada pela comunidade de utilizadores de SIG, muito provavelmente devido à inexistência de ferramentas específicas nas aplicações comerciais (Qiu *et al.* 2012).

Mennis e Hultgren propõem uma nova técnica de mapeamento dasimétrico inteligente (IDM) (Mennis 2003, Mennis and Hultgren 2006). Segundo os autores, esta técnica suporta uma variedade de métodos para caracterizar a relação entre os dados auxiliares e a unidade estatística subjacente, em que o analista pode: 1) estabelecer esta relação de forma subjetiva utilizando o seu próprio conhecimento; 2) extrair esta relação dos dados utilizando uma técnica de amostragem; 3) combinar os métodos empíricos e subjetivos. O método é implementado num SIG através de uma extensão que facilita a parametrização e devolve um conjunto de estatísticas que sintetizam a qualidade do mapa dasimétrico obtido (o link disponibilizado encontra-se inativo).

“Intelligent dasymetric mapping takes as input count data mapped to a set of source zones and a categorical ancillary data set, and redistributes the data to a set of target zones formed from the intersection of the source and ancillary zones. Data are redistributed based on a combination of areal weighting and the relative

densities of ancillary classes (Mennis 2003). Consider a source zone s and an ancillary zone z where z is associated with ancillary class c . Target zone t is defined as an area of overlap of s and z .” (Mennis 2016).

A contagem estimativa para uma determinada zona de destino é:

$$\hat{y}_t = y_s \left(\frac{A_t \hat{D}_c}{\sum_{t \in s} (A_t \hat{D}_c)} \right)$$

\hat{y}_t = the estimated count of the target zone;
 y_s = the count of the source zone;
 A_t is the area of the target zone

5

Em que \hat{D}_c é a densidade estimada da classe auxiliar c (apenas classes consideradas como habitadas). Este valor de densidade pode ser definido caso já se tenha *à priori* conhecimento do valor da densidade dessa classe; ou o valor de densidade de cada classe pode ser obtido por amostragem de um subconjunto do total das zonas de destino que pode estar associada a essa classe auxiliar. A amostragem pode ser feita de três formas: Método de contenção, que seleciona as zonas totalmente contidas por uma única classe c ; o método dos centroides, que seleciona as zonas de origem cujos centroides se localizam no interior da classe c ; e o método da cobertura percentual, que permite a definição de um limiar percentual de cobertura da classe c a partir do qual (valores iguais ou superiores) são selecionadas as zonas de origem. Quando as zonas de destino estiverem selecionadas enquanto representativas de uma determinada classe, \hat{D}_c pode ser calculado da seguinte forma:

$$\hat{D}_c = \sum_{s=1}^m y_s / \sum_{s=1}^m A_s$$

Em que m é o número de zonas de origem amostradas associadas à classe c . (Mennis

⁵ As zonas de destino apenas se referem a áreas habitadas, devendo ser excluídas as áreas previamente definidas como desabitadas.

and Hultgren 2006).

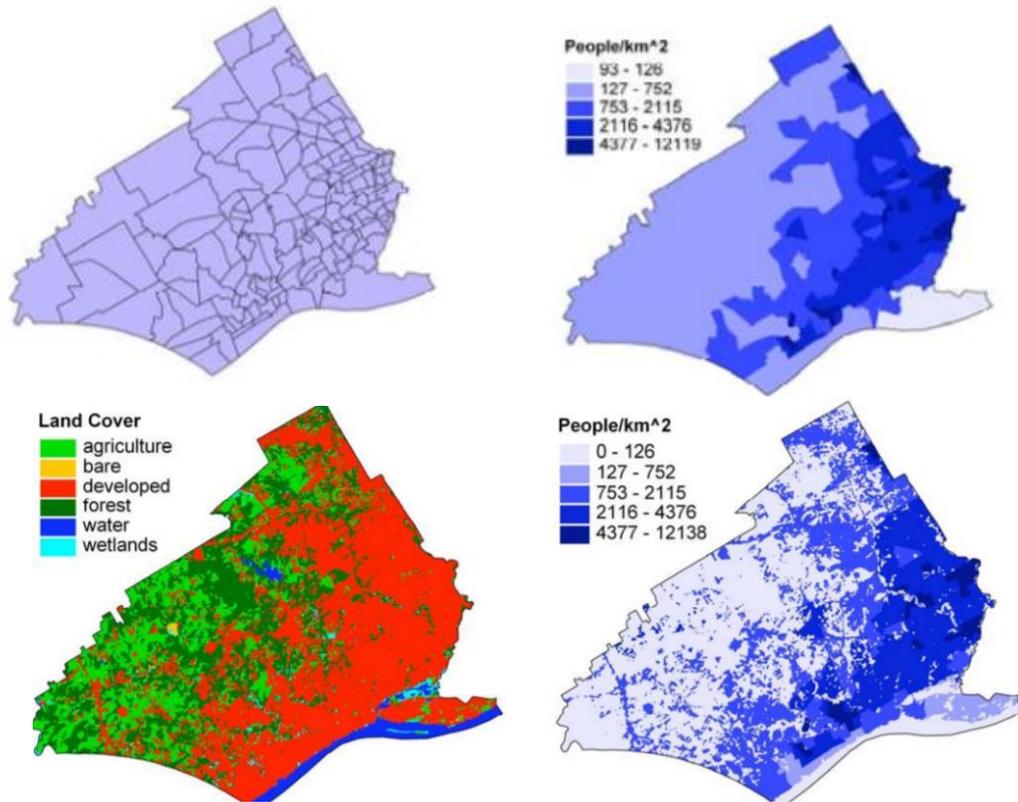


Figura 13 – Mapeamento Dasimétrico Inteligente – (Mennis and Hultgren 2005)

3. Mapa Dasimétrico de Portugal Continental

Conforme referido no capítulo 2, tem-se verificado um rearranjo da distribuição da população portuguesa, com profundas implicações em termos territoriais (Figura 14). Os últimos anos, marcados pela crise económica aceleraram parte deste processo (Figura 15), provocando um aumento das assimetrias, cujas diferentes capacidades para atrair investimento condicionam a retoma e a criação de emprego, com as regiões mais afastadas dos grandes centros urbanos a mostrarem-se incapazes de fixar população. Esta redistribuição implica que se reavaliem políticas territoriais, mas também recursos e equipamentos (Figura 16).

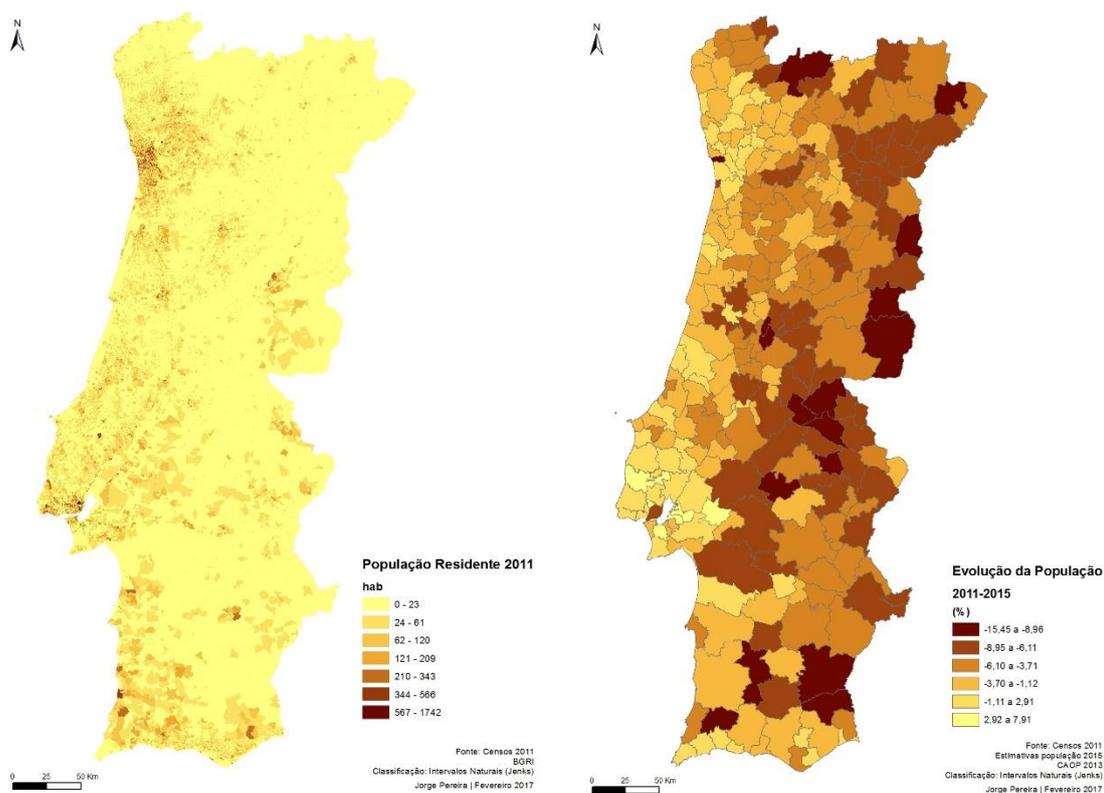


Figura 14 – População residente por subsecção estatística, 2011. (INE n.d.)

Figura 15 – Variação da população portuguesa entre 2011, por município (INE n.d.) e 2015 (INE 2016).
Fonte: INE.

O Artigo 27º da Constituição portuguesa estabelece o direito à liberdade e segurança (República 2005). É por isso determinante que as forças de segurança possam atuar de forma eficiente, sendo para isso necessário proceder a uma análise e diagnóstico da

situação atual, em cada momento, procurando avaliar o seu dimensionamento e cobertura (Figura 16). O primeiro passo para esse fim é a criação de informação de base com o maior grau de fiabilidade possível. A maioria da informação geográfica disponível encontra-se representada sob a forma de mapas coropletos, com uma desagregação máxima ao nível da subsecção estatística (Figura 14).

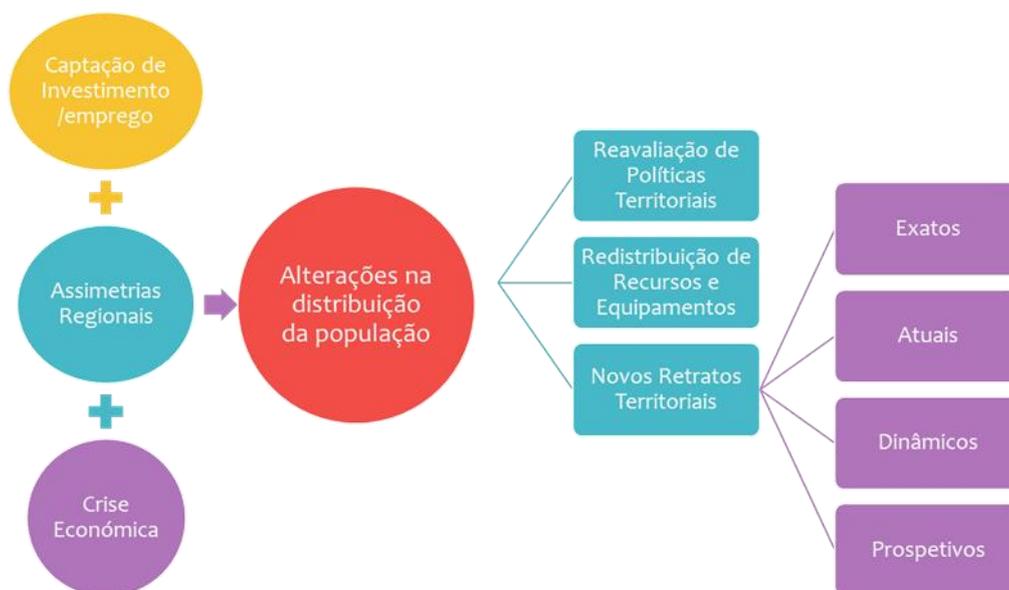


Figura 16 - Novas realidades territoriais impõem novos retratos territoriais. Elaboração própria.

A *European Environment Agency* (EEA) disponibiliza um mapa dasimétrico de densidade populacional com uma resolução de 1ha⁶, fazendo uso da Corine Land Cover (CLC 2000) – versão melhorada – e dos censos 2001, existindo também uma outra versão para o ano 2006, com recurso à versão melhorada da CLC 2006, ambas combinadas com outras fontes de informação de elevada resolução (Gallego and Peedell 2001, Gallego 2008, 2009, 2010, Gallego *et al.* 2011, Batista e Silva *et al.* 2013). Em virtude da ausência de informação auxiliar disponível, de fácil acesso, procura-se com este trabalho criar um mapa dasimétrico da distribuição da população portuguesa com recurso aos dados dos censos 2011 e às classes da CLC 2012.

⁶ <http://dataservice.eea.europa.eu/>

3.1 Área de Estudo, Metodologia e Dados

O mapa dasimétrico para Portugal Continental foi elaborado com recurso à Intelligent Dasymetric Mapping (IDM) Toolbox da United States Environmental Protection Agency (EPA), desenvolvida em Python, disponível para download em <https://www.epa.gov/enviroatlas/dasymetric-toolbox> (United States Environmental Protection Agency 2017). O funcionamento da ferramenta é baseado nos trabalhos de Mennis *et al* (Mennis 2003, 2016, Mennis and Hultgren 2006) – Figura 17.

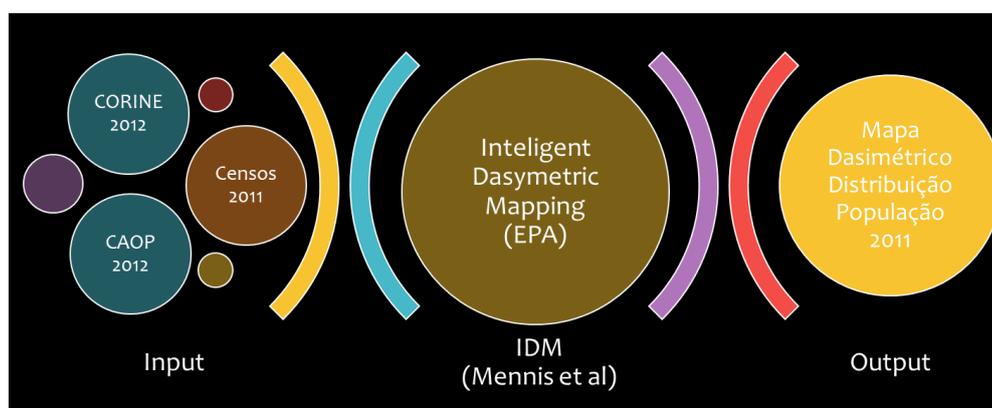


Figura 17 – Metodologia de elaboração do mapa dasimétrico da população de Portugal Continental

O primeiro passo consistiu no tratamento da informação geográfica e alfanumérica dos Censos 2011 (BGRI). Considerando os objetivos e âmbito do trabalho, optou-se por utilizar como informação geográfica de base a freguesia. Portugal apresenta uma enorme variação na dimensão das freguesias e na população que nelas reside (Tabela 1; Figura 14). Na mais pequena freguesia em termos de área, com apenas 0,05 km², residiam em 2001 um total de 1531 habitantes (quase tanto como em alguns concelhos e praticamente em igual número que a segunda maior freguesia, onde em 373,5km² residiam 1577 habitantes); na maior, com 435,31km², 4048 habitantes. Para além desta enorme variação, há a juntar um povoamento muito concentrado a Sul, face a um povoamento muito disperso a Norte do Tejo (Tabela 2).

	População residente (hab)	Área (km ²)	Densidade Populacional (hab/km ²)
<i>Média</i>	2480,89	22,00	505,08
<i>Mediana</i>	879	11,19	77,93
<i>Desvio-padrão</i>	5148,61	35,39	1707,05
<i>Mínimo</i>	31	0,05	0,89
<i>Máximo</i>	66250	435,31	29495,37

Tabela 1 – Freguesias de Portugal (CAOP 2012), estatística descritiva

Freguesias	<u>Diversidade de Povoamento</u>	Disperso Norte Tejo	Concentrado Sul Tejo
	<u>Diversidade de áreas e população</u>	Menor Dimensão	0,05km ² 1531 hab
		Maior Dimensão	435,31km ² 4048 hab

Tabela 2 – Um país de povoamento diverso (CAOP 2012)

Uma questão que se verificou ao analisar a informação geográfica foi a existência de «freguesias *multipart*». Esta informação é tanto mais relevante quanto uma pequena parte se situa no interior de uma cidade e a outra parte numa área rural, sendo a população total da freguesia relativa à sua totalidade (Figura 18). Num mapa coropleto de densidade populacional, esta representação é totalmente errónea, podendo também influenciar a produção do mapa dasimétrico. Considerando que, no caso da PSP, se procura avaliar uma força de segurança eminentemente urbana, justifica-se ainda mais a nota.

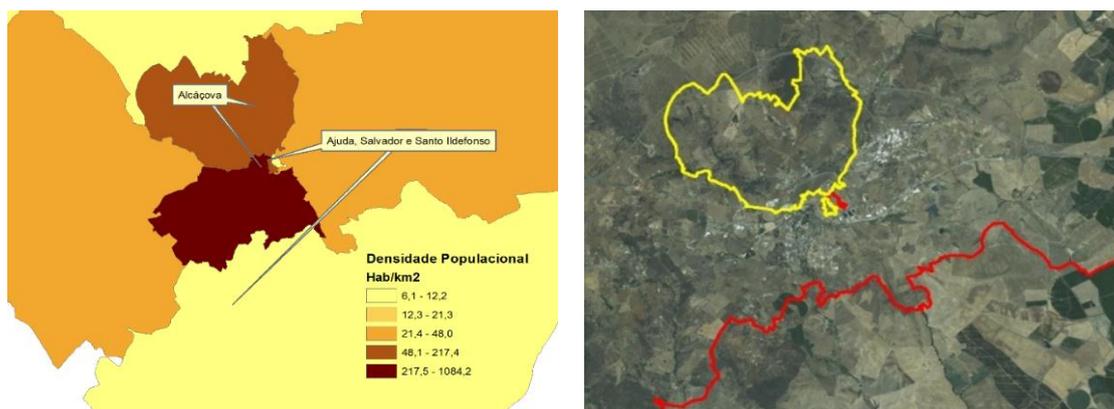


Figura 18 – «Freguesias multipart». Alcáçova e Ajuda, Salvador e Santo Ildefonso são freguesias com uma pequena parte do território no interior da cidade de Elvas e o restante (a maior percentagem) na área rural circundante. Num mapa coropletos de densidade populacional, é visível a distorção que ocorre na parte rural, no caso da primeira freguesia; na parte urbana no caso da segunda. Este exemplo repete-se noutros locais.

De seguida procedeu-se à reclassificação da CLC 2012. O projeto Corine Land Cover 2012 faz parte do processo de atualização da cartografia de uso e ocupação de solo a nível Europeu, baseada na interpretação visual de imagens de satélite, sendo coordenado pela Agência Europeia do Ambiente. A CLC 2012 é produzida a uma escala 1:100.000m sendo a Unidade Mínima Cartográfica (UMC) de 25 ha, com uma resolução espacial de 100x100 metros. A nomenclatura Corine tem 44 classes agrupadas numa hierarquia de 3 níveis (Direção Geral do Território 2017). A dimensão da UMC dilui muitas das áreas residenciais, sobretudo nas regiões do país que apresentam um povoamento muito disperso. Das 4050 freguesias de Portugal Continental, apenas se encontra a classe 111 (urbano contínuo) em 40, e a classe 112 (urbano descontínuo) em 1286 (Figura 19). Estas limitações condicionarão a elaboração do mapa dasimétrico. Uma outra questão pertinente, que não cabe no âmbito deste trabalho, diz respeito às áreas urbanas residenciais que se encontram atualmente desocupadas, nomeadamente nas regiões onde se verifica um decréscimo populacional acentuado, e cuja avaliação é de todo impossível de efetuar com os dados existentes.

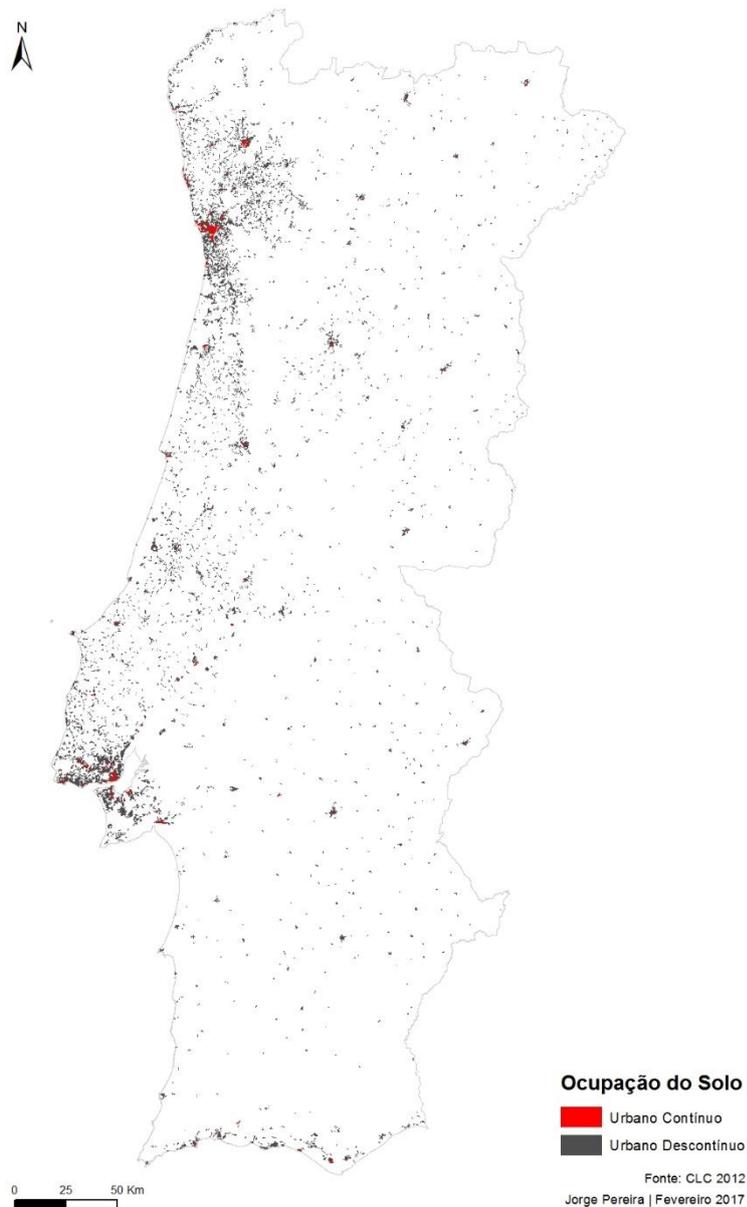


Figura 19 – Tecido Urbano Contínuo e Descontínuo em Portugal continental – CLC 2012.

Posto isto, considerando o conhecimento do território e tendo por base os trabalhos da EEA para a União Europeia relativamente à distribuição da população em cada classe de solo da CLC (Gallego and Peedell 2001, Gallego 2008, 2009, 2010, Gallego *et al.* 2011, Batista e Silva *et al.* 2013), optou-se por um agrupamento em 8 classes (Tabela 3; Anexo I). As maiores diferenças relativamente à referência anterior prendem-se como a junção da classe “Heterogeneous” à classe “Agrícola”, a criação de uma classe que agrega a floresta e a agroflorestal, e à individualização dos corpos de água.

RECLASSIFICAÇÃO CLC 2012

RECLASSIFICAÇÃO EEA – CLC 2000⁷

	CLC Class	Designação	(%)		CLC Class	Designação	(%)
1	111	Urbano Contínuo	45	1	111	Urban dense	45,4
2	112	Urbano Descontínuo	34	2	112	Urban discontinuous	41,6
3	121, 133, 14	Outro Tecido Urbano	4,5	3	121, 133, 14	Other urban	9,6
4	122-124, 131-132	Artificial não residencial	2	4	122-124, 131-132	Artificial non-residential	0,8
5	21,22,23, 241, 243	Agrícola	7	5	21, 22, 23	Agricultural	1,8
6	244,31, 32	Floresta e Agrofloresta	7	6	241-243	Heterogeneous	2,9
7	33,4	Espaços Abertos	0,5	7	244, 31	Natural vegetation	0,5
8	5	Corpos de Água	0	8	32	Forest and agroforestry	0,14
				9	33, 4,5	Open spaces and water	0,21

Tabela 3 – Atribuição dos pesos relativos de densidade populacional a cada grupo de classes de solo

Também assente nos estudos referidos (a maioria da bibliografia sobre o tema tem como objeto de estudo os Estados Unidos), que recorrem a modelos de regressão logística, foi atribuído um peso relativo a cada classe. Dadas as características, a diversidade de povoamento e do padrão de ocupação do solo em Portugal, adaptaram-se os valores por forma a atribuir um maior peso às áreas agrícolas e florestais (Figura 20), locais onde é frequente assentar o povoamento disperso. De igual modo, a individualização dos corpos de água prende-se com o facto de não ser comum no nosso país a habitação em barcos. A proximidade por vezes existente entre as classificações do Urbano contínuo e da floresta/área agrícola levaram a uma redução do peso do primeiro em favor dos segundos. Para além destes valores introduzidos de forma

⁷ Fonte: (Gallego 2008)

manual, testou-se ainda a obtenção do valor de densidade de cada classe por amostragem de um subconjunto do total das zonas de destino que pode estar associada a essa classe auxiliar, recorrendo aos limiares percentuais de cobertura de 100%, 95%, 85% e 75%. Sempre que existem menos de três amostras possíveis (com cobertura inferior à percentagem definida), é utilizado o “*Intelligent Areal Weighting*” (IAW)⁸ para definir a densidade. Para garantir a sua exclusão, atribuiu-se manualmente apenas o valor 0 à classe não considerada como habitada (Corpos de água).



Figura 20 – Exemplos de povoamento disperso classificado como olivais, campos agrícolas e floresta. 1 – Caxarias, Ourém; 2 – Casa Branca, Sousel.

3.1.1 Processamento do Mapa Dasimétrico

A IDM *Toolbox* da EPA tem por base o Mapeamento dasimétrico inteligente, referido no ponto 3.3.1. Por forma a exemplificar o seu funcionamento tabular, adaptando a demonstração prática do algoritmo MDI de Batista e Silva (2009), elaborou-se uma tabela síntese para a freguesia de Casa Branca, Sousel (Dicofre 121502). A *toolbox* automatiza este processo para toda a área de estudo. Este exercício teve por objetivo

⁸ IAW – por cada unidade de origem é somada a população estimada e comparado o resultado com o do valor real da unidade, distribuindo a população residual pelos restantes polígonos não amostrados.

testar o funcionamento da ferramenta (confrontado os resultados obtidos) e consolidar a aprendizagem da metodologia.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Reclas s CLC	População agregada à Freguesia	Nr. total de pixéis na Freguesia	Fração de densidade	Nr. px Classe/ Freg.	$\Sigma 5$	$4 * 5$	$\Sigma 7$	$7/8$	$2*9$	$10/5$
1			0,45	0		0		0	0	-
2			0,34	40		13,6		0,01899 5	23,40177	0,585044
3			0,045	0		0		0	0	-
4			0,02	0		0		0	0	-
5	1232	10105	0,07	4805	10074	336,35	715,98	0,46977 6	578,7637	0,12045
6			0,07	5229		366,03		0,51122 9	629,8346	0,12045
7			0,005	0		0		0	0	-
8			0	31		-		-	-	-

1 - Classes de ocupação do solo com presença de função residencial

2 - População agregada à freguesia estatística

3 - Número total de pixéis na freguesia (área total da secção)

4 - Densidade populacional relativa amostrada para cada classe de ocupação do solo definida pelo utilizador

5 - Número de pixéis de cada classe de ocupação do solo na freguesia estatística

6 - Número total de pixéis com função residencial

7 - Ponderação da área de cada classe de ocupação do solo pela fração de densidade

8 - Somatório de 7

9 - Percentagem de população a alocar a cada classe de ocupação do solo

10 - População alocada por classe de ocupação do solo

11 - População atribuída a cada pixel

Tabela 4 – Aplicação prática do algoritmo de IDM

3.2 Resultados e Discussão

A Figura 21 (ver também Anexo II) apresenta o mapa do total da população obtido através do IDM, utilizando os valores relativos de densidade por classe da Tabela 2. Numa primeira observação, e apesar da escala utilizada para garantir a visibilidade do território continental, é perfeitamente visível o refinamento da densidade populacional nas freguesias mais densamente povoadas, comparativamente ao mapa coropleto de distribuição da população (Figura 22). Também a densidade populacional máxima é muito próxima. Numa análise a maior escala, é ainda mais visível o refinamento que ocorre, fruto da redistribuição da população pelas classes de solo consideradas (Figura

24). Na área de Monsanto, em Lisboa, surge uma clareira correspondente à área do parque. No caso da Figura 24, em freguesias de menor densidade populacional, é perceptível a desagregação da área contínua de distribuição ao nível da freguesia na área do caminho-de-ferro.

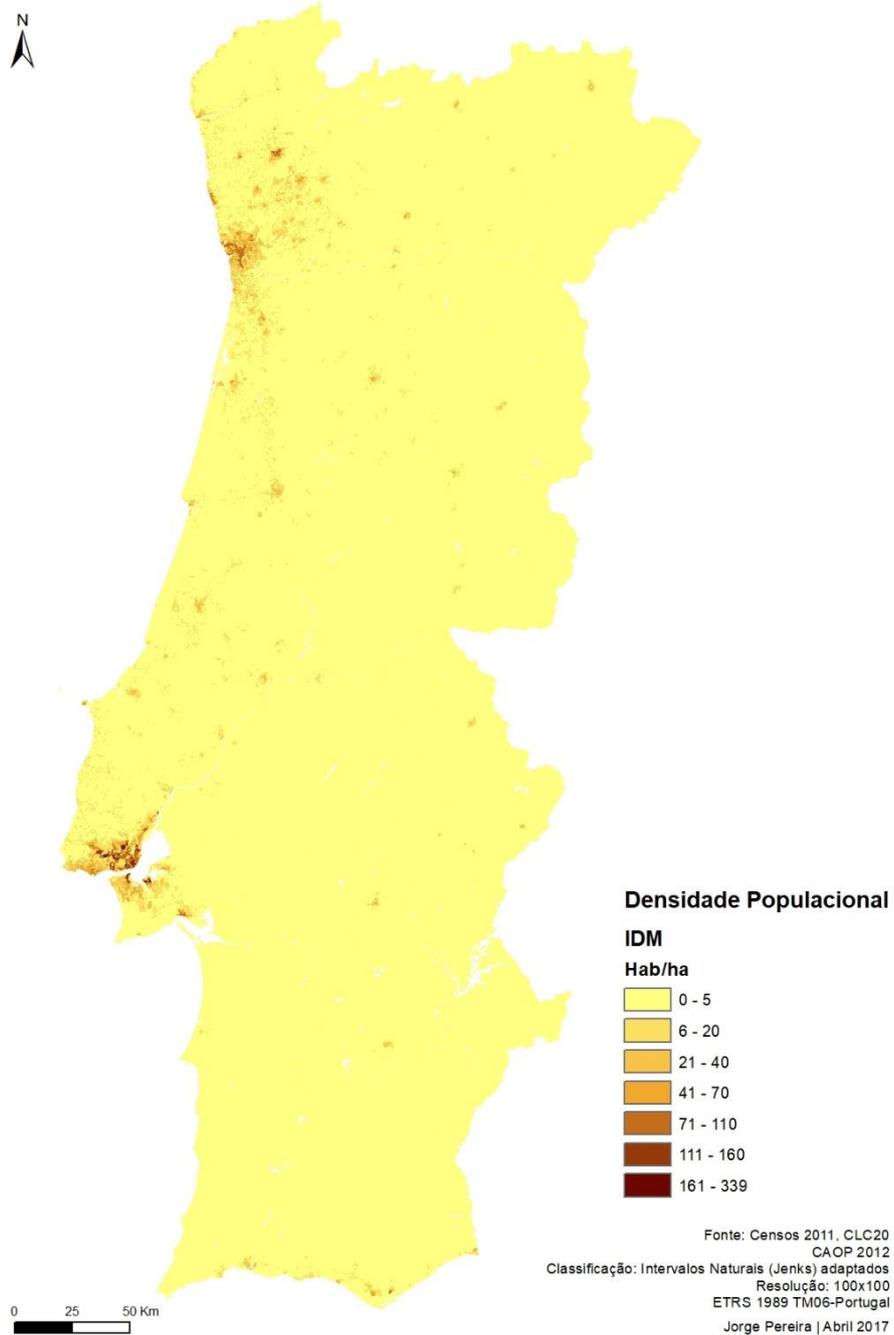


Figura 21 - Mapa dasimétrico da densidade populacional em Portugal, 2011.

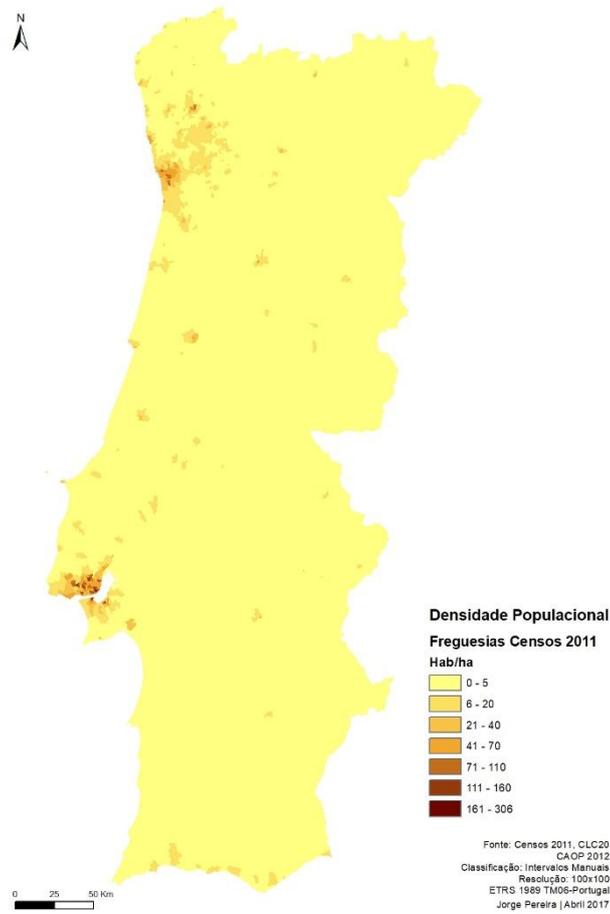


Figura 22 - Densidade populacional em Portugal, por freguesia, 2011.



Figura 23 - Refinamento da Distribuição da População.

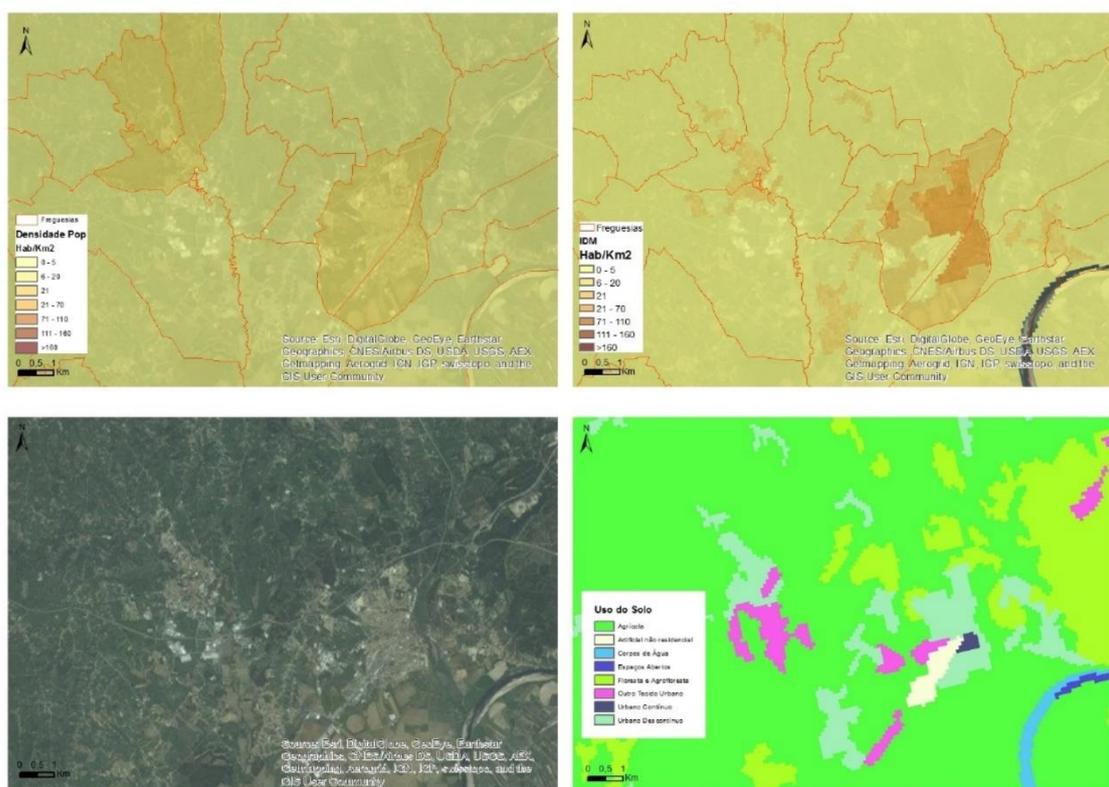


Figura 24 – Refinamento de áreas contínuas de densidade ao nível da freguesia, mesmo em áreas de menor densidade. No caso, a rede de caminho-de-ferro dá lugar a uma mancha de baixa densidade.

Também no caso de Elvas, referido como exemplo, embora seja mitigada a questão da agregação da distribuição da população a uma unidade administrativa, a grande dimensão da freguesia de Ajuda, Salvador e Santo Ildefonso faz com que a área urbana apresente valores muito reduzidos de densidade populacional (Figura 25). Aliás, verificou-se a mesma situação em Estremoz. Sobretudo no caso das áreas urbanas, a avaliação da área de influência da PSP sofrerá forçosamente uma distorção. Uma possível solução poderá ser a agregação das subsecções de cada parte da *feature* por forma a que a população e área seja considerada de forma independente.

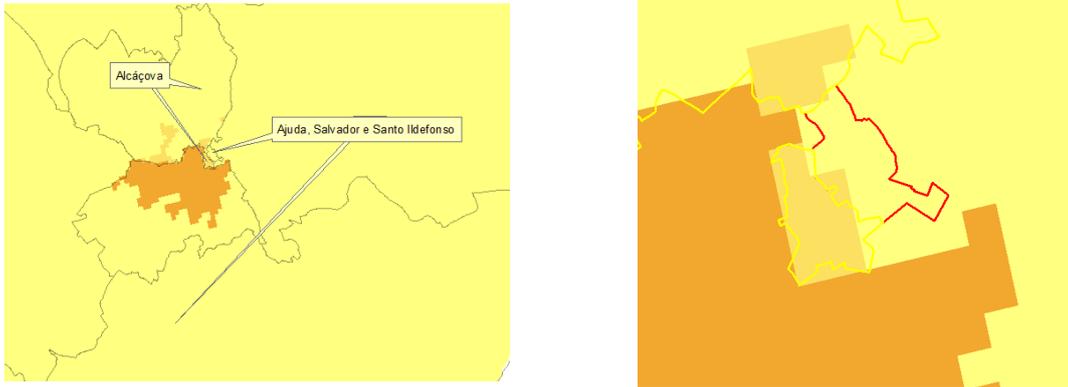


Figura 25 – «Freguesias multipart». Ajuda, Salvador e Santo Ildefonso mantém uma densidade abaixo do expectável para uma área urbana.

Finalmente, uma nota para a já previsível limitação da resolução do mapa auxiliar. No exemplo da freguesia de Casa Branca, Sousel (Figura 26), a mancha urbana que é identificada na subsecção apresenta a mesma densidade que a área envolvente. Este exemplo é ainda mais relevante onde o povoamento é mais disperso. A utilização de outra informação auxiliar, como acontece nos já referidos mapas de alta resolução da EEA para a União Europeia (Gallego *et al.* 2011, Batista e Silva *et al.* 2013), bem como de informação provenientes de maiores escalas, minimizará certamente este problema. Contudo, a dificuldade no acesso a essa informação condiciona a sua aplicação de forma mais sistemática e recorrente.



Figura 26 – Exemplo das limitações de resolução do mapa auxiliar. Casa Branca, Sousel.

3.2.1 Mapas com amostragem

Além da atribuição de pesos relativos a cada grupo de classes de solo, e a título meramente comparativo, foi ainda testada a utilização de amostragem de cada classe de solo nas áreas onde esta apresentasse diferentes valores de cobertura (100%, 95%, 85% e 75%), com o objetivo de avaliar as diferenças na estimação da densidade populacional (Anexo V). Nestes casos, a ferramenta procura identificar amostras em que a classe de solo analisada corresponda à percentagem definida. A resolução da CLC condiciona esta avaliação, sobretudo quando a UMC de 25ha oculta boa parte do povoamento disperso, ao mesmo tempo que a resolução de 100x100 torna mais improvável a recolha de amostras. Para além disso, importa não esquecer as enormes diferenças de densidade populacional e tipo de povoamento existentes no país, bem como a dimensão das freguesias – se encontrar uma freguesia totalmente ocupada pela classe urbano ou urbano descontínuo é provável, dificilmente o será com uma outra classe. Na *toolbox* manteve-se o número mínimo de unidade de amostras predefinido. As tabelas síntese poderão ser consultadas no Anexo III.

Posto isto, foi com naturalidade que, numa cobertura de 100%, apenas dois grupos de classes foram considerados «representativos» e amostrados (urbano e urbano descontínuo), sendo os restantes pesos calculados por IAW. Torna-se claro o elevado peso da densidade relativa na classe «urbano», com os valores de densidade máxima por hectare atingindo algumas diferenças consideráveis relativamente à média, revelando o acima referido relativamente a uma total cobertura por parte de uma classe. Aliás, a análise da correlação permite verificar um grande afastamento relativamente à classificação manual e restantes percentagens de cobertura consideradas (Tabela 5).

Com as restantes coberturas (95%, 85% e 75%), foi possível obter uma maior quantidade de amostras e um maior número de grupos de classes (os grupos de classe 3 e 4 foram sempre amostrados por IAW), existindo uma correlação forte entre os resultados finais obtidos por cada amostragem e a classificação com o peso definido pelo autor. Contudo, é de realçar a diferença existente na percentagem de população atribuída a cada grupo de classes (

Tabela 6; Anexo IV). Enquanto na classificação manual a maior percentagem da

população é atribuída às classes 2 (Urbano Descontínuo), 5 (Agrícola) e 6 (Floresta e Agrofloresta), nas classificações empíricas (que não a com cobertura de 100%), o peso da classe 2 aumenta consideravelmente, sendo o da classe 6 (Floresta e Agrofloresta) praticamente residual. Mais uma vez, a diversidade de povoamento existente em Portugal, em conjunto com a UMC de 25ha da CLC e a resolução de 100x100, surgem como a explicação possível para esta diferença significativa. Essas diferenças são visíveis quando calculamos a diferença entre os *float* de cada uma das distribuições (Figura 27). Portanto, fará sentido aplicar a amostragem apenas quando seja possível garantir uma resolução que permita garantir que o número de amostras é de facto representativo.

	Manual	1	0,95	0,85	0,75
<i>Manual</i>	1				
1	0,592501	1			
0,95	0,873798	0,30208	1		
0,85	0,86653	0,236905	0,996161	1	
0,75	0,874428	0,258919	0,99744	0,999578	1

Tabela 5 – Correlação entre a classificação de grupos de classe conforme as diferentes metodologias utilizadas.

<i>CLC12 Reclass</i>	<i>Frequência</i>	<i>Manual</i>	<i>100%</i>	<i>95%</i>	<i>85%</i>	<i>75%</i>
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	249	8,8	25,7	12,9	8,6	9,6
2	2322	44,6	15,4	69,3	76,3	71,7
3	891	1,8	2,6	1,2	0,7	0,9
4	692	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2
5	3949	23,8	37,0	13,6	10,7	11,7
6	3819	20,7	18,6	2,3	3,1	4,0
7	746	0,1	0,3	0,5	0,4	1,8
8	945	0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 6 – Distribuição percentual da população por grupo de classe em cada método de classificação utilizado.

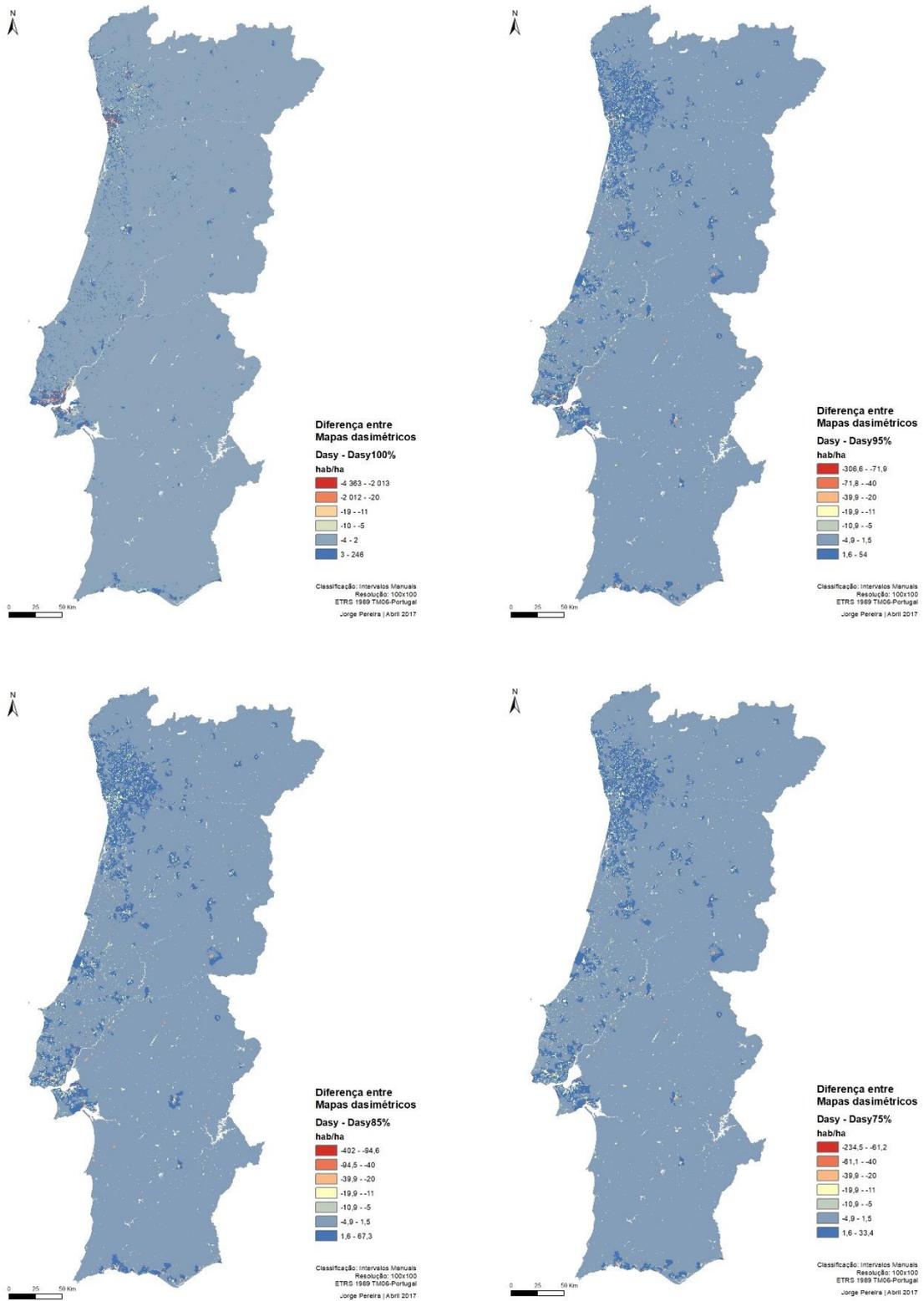


Figura 27 – Diferença entre a densidade populacional calculada com recurso à atribuição manual de pesos por classe e cada uma das classificações empíricas. Para uma facilidade de análise, os intervalos de classe foram ajustados, mantendo-se a referência aos valores extremos.

4. Distribuição da População e Caracterização da Área de Intervenção da PSP e da GNR em Portugal Continental

4.1 Metodologia e dados

Para o cálculo das áreas de influência da PSP e da GNR utilizou-se a informação disponível sobre a localização dos postos territoriais e esquadras⁹, com a respetiva área de atuação – Figura 28 – (Brito 2010). A informação disponível continha algumas lacunas no que concerne à identificação das freguesias de atuação de cada força. Quando uma esquadra de polícia não tem freguesias circundantes associadas (no caso, duas no distrito de Setúbal), assumiram-se as freguesias predominantemente urbanas adjacentes, de acordo com a Tipologia de Áreas Urbanas de 2014 (Instituto Nacional de Estatística 2014) como sendo da responsabilidade da PSP. Relativamente à GNR, foram utilizados como referência os subdestacamentos e postos territoriais, com capacidade direta de intervenção junto da população, tendo sido excluídas as sedes específicas de unidades mais especializadas, como as Unidades de Trânsito, Ação Fiscal ou de Intervenção.

No que concerne ao cálculo das áreas de influência, recorreu-se a extensão *Network Analyst (service area)* do Arcgis 10.4.1, cujos algoritmos estão disponíveis em (ESRI 2017). Criaram-se anéis generalizados com base na distância (metros). Utilizou-se na modelação da rede a rede viária disponibilizada pelo Open Street Maps (Contributors 2017), restringindo-se a área de influência de cada esquadra ao limite das freguesias onde a força nelas presente atua.

⁹ <http://www.psp.pt/Pages/defaultPSP.aspx>, <https://www.mapadocidadao.pt/>, <http://google.pt>, http://www.gnr.pt/MVC_GNR/UnEnderecos, Portaria 1450/2008, de 16 de Dezembro, Lei n° 53/2007 de 31 de Agosto

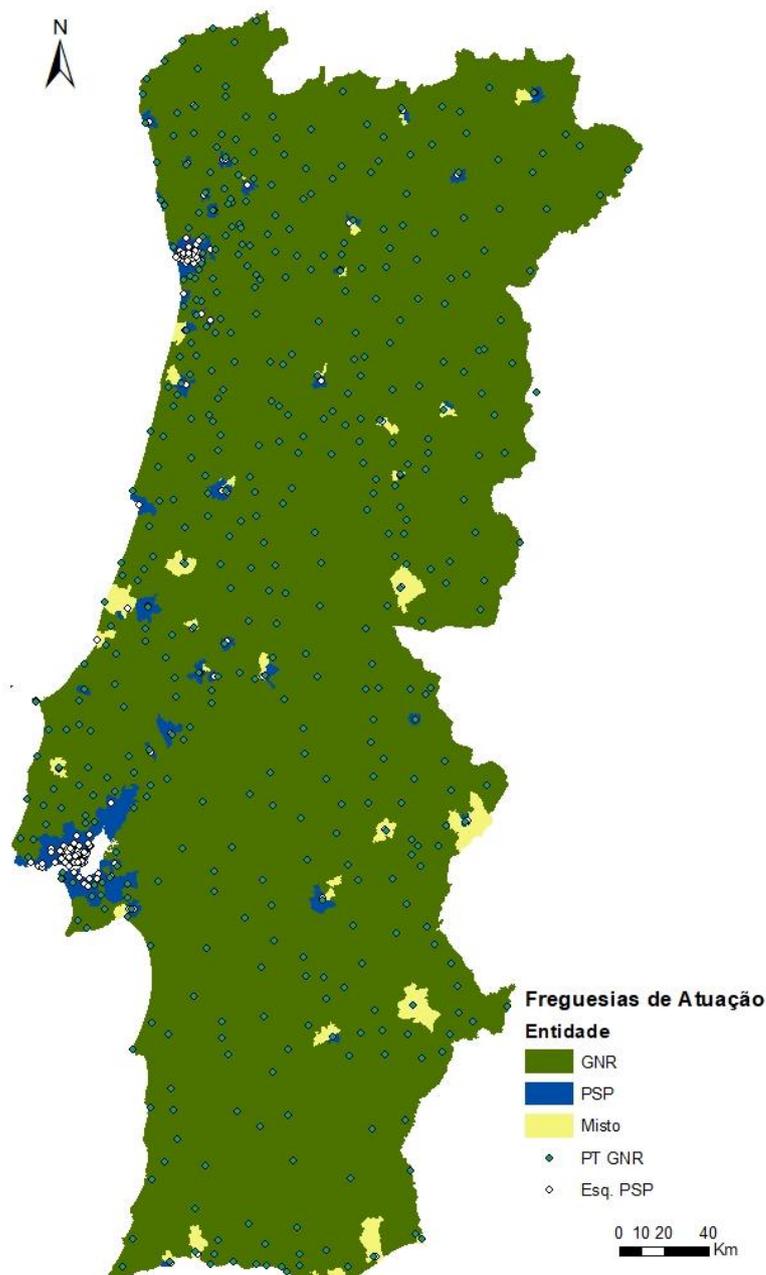


Figura 28 – Postos Territoriais, Esquadras e freguesias de atuação da PSP e da GNR em Portugal Continental.

4.2 Área de Influência da PSP

Com base na informação disponível calcularam-se as áreas de serviço da PSP (Figura 29, Anexo VI, VII e VIII). Sendo uma força urbana, o seu raio de ação está limitado aos principais aglomerados urbanos, com áreas de responsabilidade limitadas. Surge aqui a primeira incongruência da análise. Tendo o mapa dasimétrico sido pensado para a totalidade do território continental, seria talvez mais interessante considerar a criação

de mapas dasimétricos a uma maior escala para cada uma das áreas de intervenção do dispositivo (Figura 30), pese embora se perdesse uma futura análise com base em projeções demográficas, disponíveis apenas ao nível da freguesia.

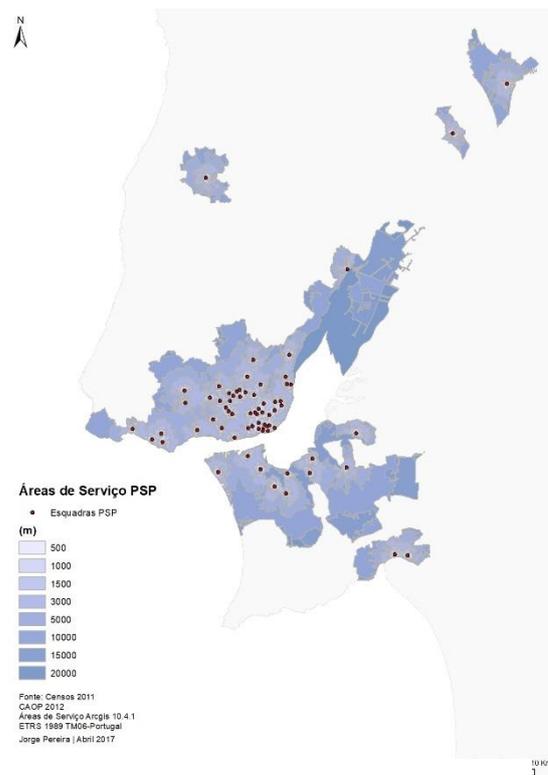


Figura 29 – Áreas de Serviço da PSP na Área Metropolitana de Lisboa (metros).



Figura 30 – Dispositivo da PSP e área de atuação em Portugal Continental.

Não obstante, e considerando que a limitação à unidade estatística «freguesia» mitiga qualquer possível erro de estimação, o mapa dasimétrico foi depois utilizado para analisar as áreas de influência de cada esquadra da PSP, utilizando o mapa dasimétrico com classificação manual. A PSP serve um total de 4.767.848,00 habitantes em Portugal continental, de acordo com a informação censitária e considerando também as freguesias com atuação «mista».

As áreas de serviço calculadas, considerando as características da área de intervenção, variaram entre 500 metros e 20 quilómetros, delimitadas pelas freguesias de atuação. Para apuramento dos valores de população das unidades censitárias (polígonos das freguesias), foi considerado o total de população do polígono desde que o mesmo fosse

intersetado pela área de serviço¹⁰ (Tabela 7).

<i>Distância área de Serviço</i>	Mapa Dasimétrico		Mapa Freguesias	
	População Servida (n.º)¹¹	(% total população servida)	População Servida (n.º)	(% total população servida)
<i>500m</i>	365 901	7,7	3 085 328	64,7
<i>1000m</i>	1 094 663	23,0	3 787 496	79,4
<i>1500m</i>	1 824 943	38,3	4 021 543	84,3
<i>3000m</i>	3 220 876	67,6	4 401 812	92,3
<i>5000m</i>	3 964 632	83,2	4 645 429	97,4
<i>10Km</i>	4 538 190	95,2	4 724 502	99,1
<i>15Km</i>	4 638 746	97,3	4 725 385	99,1
<i>20Km</i>	4 698 205	98,5	4 763 675	99,9

Tabela 7 – População servida pela PSP em Portugal Continental.

Como expectável, as grandes diferenças de cobertura verificam-se num raio menor, até cerca de três a cinco quilómetros de distância da esquadra, diminuindo com a distância. A densidade populacional das áreas urbanas assim o justifica. Não deixa de ser relevante o facto de cerca de 17% da população residir a mais de 5 quilómetros da esquadra mais próxima e cerca de 5% a mais de 10 quilómetros, o que pode gerar algum sentimento de insegurança.

Perfeitamente visível é a diferença quando comparamos a população considerada utilizando os valores do mapa produzido por via da cartografia dasimétrica e do mapa coropleto com dados censitários, sobretudo em distâncias mais curtas, onde a área da freguesia é de facto uma condicionante. Na área de serviço com o *buffer* de 500 metros, é notório a diferença entre as duas formas de representação. Também interessante é a comparação com a subsecção estatística. Neste caso, obteríamos uma população servida de 729.100 habitantes, o que demonstra a vantagem da metodologia, mesmo

¹⁰ Uma alternativa teria sido a utilização de um *raster* com o mesmo número de células do mapa dasimétrico (Figura 22)

¹¹ Dados obtidos com recurso à ferramenta «Zonal Statistics as Table».

quando comparando com o nível de desagregação censitário mais baixo disponibilizado. Trata-se, portanto, de uma importante ferramenta para uma maior acuidade na análise da organização das forças de segurança, garantindo um retrato exato e atual. Sendo a PSP uma força eminentemente urbana, onde a resolução da CLC coloca diversos problemas, será interessante a utilização de outros dados auxiliares, mais comuns a grandes escalas.

Igualmente relevante é o facto de, se assumirmos apenas a informação obtida com base nos mapas coropletos, assume-se que a percentagem de cobertura é muito superior ao que se verifica na realidade. Considerando o limite dos 1500 metros, o mapa coropleto indica uma cobertura de 84,5% da população, quando o mapa dasimétrico aponta apenas para 38,3%. Mesmo o recurso aos dados com desagregação ao nível da subsecção, a percentagem de cobertura indicada continua a ser de 52,7%. Assumindo algum grau de imprecisão em função dos dados de base utilizados – a CLC tem um pixel de 100x100 –, não deixa de ser relevante a diferença. Será de facto interessante procurar melhorar a resolução dos dados auxiliares no sentido de poder obter um instrumento de análise mais fiável.

4.3 Área de Influência da GNR

A GNR atua sobretudo fora dos grandes centros urbanos (Figura 31; Anexo IX). A menor densidade populacional destas áreas faz com que, apesar de ter uma área de atuação próxima dos 87.000 km², serve uma população apenas ligeiramente superior à PSP – 5.958.663 de habitantes. Também o tipo de povoamento é em tudo diferente, longe dos grandes centros urbanos onde o tecido urbano contínuo é dominante. Por isso não surpreende que apenas após o limite dos três quilómetros encontremos um aumento da população servida – Tabela 8.

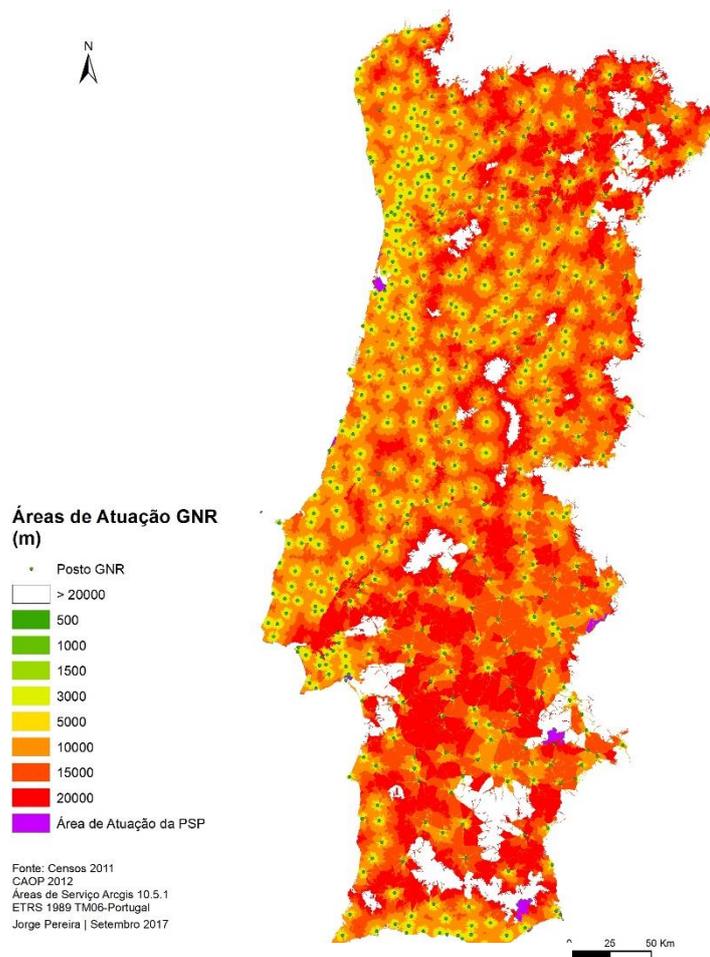


Figura 31 - Áreas de serviço da GNR

<i>Distância área de Serviço</i>	Mapa Dasimétrico		Mapa Freguesias	
	População Servida (n.º)	(% total população servida)	População Servida (n.º)	(% total população servida)
<i>500m</i>	119 164	2,0	2 399 293	40,3
<i>1000m</i>	329 216	5,5	2 679 848	45,0
<i>1500m</i>	581 523	9,8	3 038 207	51,0
<i>3000m</i>	1 394 206	23,4	4 061 591	68,2
<i>5000m</i>	2 616 524	43,9	5 023 110	84,3
<i>10Km</i>	4 805 026	80,6	5 851 177	98,2
<i>15Km</i>	5 600 398	94,0	5 950 117	99,9
<i>20Km</i>	5 850 037	98,2	5 958 314	100,0

Tabela 8 – População servida pela GNR em Portugal Continental.

As características do seu território de atuação comprovam ainda mais a necessidade de considerar alternativas aos tradicionais mapas coropletos na avaliação das políticas territoriais e, neste caso concreto, das foças de segurança, bem com da sua organização e atuação. Rapidamente se verifica que há discrepâncias muito significativas entre os dados de população obtidos, sobretudo a menores distâncias, quando se sobrepõem as áreas de serviço ao mapa dasimétrico e ao mapa censitário das freguesias. No limite dos 500 metros os valores de 119.000 habitantes do mapa dasimétrico (2%) face aos 2,4 milhões do mapa com os limites das freguesias (40,3%!) representam uma janela que dá azo a interpretações completamente desfasadas da realidade. Mesmo o recurso aos dados das subseções estatísticas apresenta uma disparidade de valores relevante. A título de exemplo, no limite de cobertura até 500 metros são abrangidos 602.048 habitantes (10,1%). Outra nota descritiva com algum significado – embora com pouca expressão numérica – diz respeito à cobertura no limite de 20 quilómetros, à semelhança do que se verificou na análise feita à área de atuação da PSP. É diferente assumir que temos 100% da população coberta até esse limite do que 98,2%.

Também as desigualdades regionais são bem visíveis nesta avaliação. Se a faixa junto ao litoral entre as duas áreas metropolitanas (tal com o litoral Algarvio), onde já se localiza o grosso do dispositivo da PSP, apresenta uma elevada cobertura por parte da GNR numa distância até 3 quilómetros, no «interior», sobretudo a Sul do Tejo, a situação é bastante diferente. Se por um lado esta realidade espelha as diferenças nas características do povoamento, por outro há uma realidade socioeconómica que merece especial atenção. Sendo estas regiões aquelas onde se concentra a população mais envelhecida e com menor acessibilidade, e não obstante o baixo índice de criminalidade, o combate ao sentimento de insegurança implica um policiamento de proximidade de grande flexibilidade e mobilidade. Não deixa de ser digno de registo o facto de 20% da população estar a mais de 10 quilómetros do posto mais próximo. Os quase 2% a mais de 20 quilómetros, sendo um número absoluto não muito elevado, representam uma percentagem significativa, atendendo mais uma vez às suas características sociodemográficas.

4.4 Notas Finais

Merece também nota a comparação entre a população servida quando consideradas as freguesias como área de intervenção e a população servida quando aplicamos as áreas de serviço sem essa limitação espacial (Tabela 9). Sendo a delimitação administrativa muitas vezes a utilizada na organização dos serviços do Estado – neste caso, das forças de segurança – nem sempre a perceção e atuação do cidadão comum a ela se restringe, sendo a proximidade geográfica muitas vezes o fator decisivo na tomada de decisão de cada indivíduo (veja-se o caso da saúde, por exemplo¹²). Como tal, merecerá uma reflexão a possível adoção da real distribuição da população como alternativa às fronteiras administrativas no que concerne a uma hipotética redistribuição de equipamentos e recursos.

<i>Distância área de Serviço</i>	População Servida	
	Incluindo apenas as freguesias de atuação	Sem limitação espacial da área de atuação
<i>500m</i>	365 901	366 142
<i>1000m</i>	1 094 663	1 092 815
<i>1500m</i>	1 824 943	1 831 026
<i>3000m</i>	3 220 876	3 300 177
<i>5000m</i>	3 964 632	4 314 107
<i>10Km</i>	4 538 190	5 946 760
<i>15Km</i>	4 638 746	7 010 210
<i>20Km</i>	4 698 205	7 851 762

Tabela 9 – População servida pela PSP com e sem limitação da área de atuação.

¹² O exemplo dos serviços de saúde é claro. Por experiência pessoal, exemplifico o caso do Distrito de Portalegre. No período da noite, as urgências médicas funcionam apenas nos hospitais de Portalegre e Elvas. Boa parte da população que reside no sul do distrito, quando necessário e recorrendo a meios próprios – o INEM ou o serviço Saúde 24 encaminham apenas para os hospitais do distrito –, recorre invariavelmente ao centro de saúde de Estremoz, ou ao hospital de Évora, a uma distância bastante inferior.

De igual modo, o facto de haver diferentes usos do espaço em diferentes momentos do dia-a-dia, muitos dos quais escapam às análises com recurso à população residente, representa um desafio para a criação de informação de auxílio à decisão.

Na ausência de informação mais precisa, a utilização de mapas dasimétricos, sobretudo quando elaborados em função da escala de análise que se pretende e com recurso a informação auxiliar mais diversificada, poderá contribuir para um retrato territorial mais exato e para uma informação mais capaz de auxiliar na avaliação e potencial redistribuição do efetivo no território.

5. Conclusões

A presente dissertação procurou demonstrar a maior valia da utilização dos mapas dasimétricos enquanto retrato mais exato da distribuição da população, comparativamente aos tradicionais mapas coropletos. Mesmo com as diversas limitações que apresentam, são um importante instrumento de apoio à decisão que importa trazer para a elaboração de planos, estudos e visões do território. Apesar das limitações no acesso a informação auxiliar que permita obter uma maior resolução e mais atual para a escala escolhida – Portugal continental –, não deixa de ser relevante que os resultados obtidos representem uma grande melhoria relativamente aos tradicionais mapas coropletos.

Fruto das características dos dados disponíveis – nomeadamente, a resolução da CLC –, a técnica do mapeamento dasimétrico inteligente com recurso a valores empíricos tem um resultado que se aproxima mais da realidade, comparativamente à utilização de amostragem. Um pixel de 100x100, com uma UMC de 25ha na informação auxiliar, oculta parte de um país onde o povoamento disperso predomina. Mesmo quando as percentagens são introduzidas tendo em consideração um país tão diverso, há sempre compromisso na atribuição de pesos às diferentes classes. Estudos a escalas diferentes produzirão certamente distribuições mais próximas da realidade, com pesos que serão certamente distintos consoante a área em questão.

Considerando a profunda alteração demográfica que ocorreu em Portugal nas últimas décadas, com particular repercussão nas desigualdades inter e intrarregionais da sua distribuição, é importante garantir que se avalia com o maior rigor possível a atual organização das forças de segurança, melhorando a sua efetividade e organização. A utilização do mapa dasimétrico provou ser capaz de fornecer um retrato mais preciso que o produzido através da análise dos tradicionais mapas coropletos, mesmo quando se recorre à unidade censitária de maior escala disponível – a subsecção. As percentagens de cobertura populacional – ou, para precisar, de distância relativamente aos postos/esquadras mais próximos – reduzem-se drasticamente, o que deve ser correlacionado com algum sentimento de insegurança que as populações, sobretudo os mais idosos, vão presentindo. Numa distância de até 500 metros da esquadra/posto

mais próximo, é relevante na análise considerar uma diferença de cobertura obtida por via dos mapas coropletos na ordem dos 65%, ou de apenas 7,7% no mapa dasimétrico, no caso da PSP – 40,3% vs 2% no caso da GNR. Mesmo numa distância de até três quilómetros se verificam disparidades na cobertura que oscilam, no caso da PSP, entre os 68% e os 92%, e, no caso da GNR, entre os 23% e os 68%. Nos casos de distâncias até 20 quilómetros, e apesar da diferença não ser significativa em termos absolutos – e até relativos –, não será de descurar o impacto de se afirmar a existência de uma cobertura de 100%, obtida pelo cruzamento das áreas de cobertura com os mapas coropletos, quando o mapa dasimétrico aponta para valores na ordem dos 98%. Sobretudo quando sabemos que as características sociodemográficas da população englobada nessa margem aparentemente marginal – sobretudo população envelhecida e fragilizada, residente em locais mais isolados. Futuras alterações na estrutura, organização e forma de funcionamento das forças de segurança beneficiam dum olhar mais detalhado sobre o território e a forma como dele se apropriam os cidadãos.

Importa ainda não descurar que, para além dos locais de residência, há espaços que diariamente são ocupados e que também eles carecem de segurança. Nomeadamente em áreas mais urbanas, o refinamento da informação a utilizar na criação dos mapas, associado a outras formas de elaboração para fins específicos também mencionados – como as redes sociais – acrescentará certamente valor à informação que sirva de base à tomada de decisão.

Futuros trabalhos passam sobretudo por tentar garantir um maior nível de acuidade na disponibilização da informação. Para fazer uso das diferentes fontes de informação auxiliar que a tecnologia vai permitindo disponibilizar a ritmos cada vez maiores, é necessário trabalhar a escalas maiores, mais próximas do território. De igual modo, seria interessante olhá-lo sem as limitações das divisões administrativas, numa perspetiva mais focada na dimensão geográfica. Pese embora a profunda reformulação que daí provavelmente advenha, as políticas com implicações territoriais teriam certamente uma maior eficácia.

No que concerne à análise aqui efetuada, seria importante detalhar e caracterizar a população abrangida, identificado os grupos mais vulneráveis e diferenciando as potenciais propostas de intervenção em função das idiossincrasias de cada espaço. A

aplicação de projeções com base em redes neuronais foi também um desafio que ficou por cumprir. Esta beneficiaria de dados de partida que pudessem garantir uma análise mais fina, minimizando o erro que olhar o futuro sempre acarreta.

Bibliografia

- Bandeira, M.L., Azevedo, A.B., Gomes, M.C., Mendes, M.F., Baptista, M.I., and Moreira, M.J., 2014. *Dinâmicas demográficas e envelhecimento da população portuguesa: 1950-2011 evolução e perspectivas*. Lisboa: Fundação Francisco Manuel dos Santos.
- Baptista, M.I.R., 1963. *Análise social : revista do Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa*. *Análise Social*. Gabinete.
- Barrozo, L.V., Pérez-Machado, R.P., Small, C., and Cabral-Miranda, W., 2015. Changing spatial perception: dasymetric mapping to improve analysis of health outcomes in a megacity. *Journal of Maps*, 5647 (October), 1–6.
- Batista e Silva, F., 2009. Modelação Cartográfica e Ordenamento Do Território: um ensaio metodológico de cartografia dasimétrica aplicado à região Oeste e Vale do Tejo. Faculdade de Letras da Universidade do Porto.
- Batista e Silva, F., Gallego, J., and Lavallo, C., 2013. A high-resolution population grid map for Europe. *Journal of Maps*, 9 (1), 16–28.
- Beale, L., 2012. Apportioning population between areas. *Esri International User Conference*.
- Bielecka, E., 2007. Mapping population density using dasymetric methods, 209–215.
- Brito, J.M.R. de, 2010. O modelo de polícia dos postos da guarda. UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA.
- Contributors, O., 2017. Planet dump retrieved from <https://planet.osm.org> [online]. Available from: <http://download.geofabrik.de/> [Accessed 1 Apr 2017].
- Direção Geral do Território, 2017. CLC 2012 - DGT [online]. Available from: http://www.dgterritorio.pt/cartografia_e_geodesia/projetos_em_curso/clc_2012/ [Accessed 6 Mar 2017].
- Eicher, C.L. and Brewer, C.A., 2001. Dasymetric Mapping and Areal Interpolation: Implementation and Evaluation. *Cartography and Geographic Information Science*, 28 (2), 125–138.
- ESRI, 2017. Algorithms used by the ArcGIS Network Analyst extension [online].

- Available from: <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/network-analyst/algorithms-used-by-network-analyst.htm#GUID-A4561BEC-54E8-438D-9904-58CCA90A5A3A> [Accessed 6 Apr 2017].
- Ferrão, J., 2003. Dinâmicas Territoriais e Trajectórias de Desenvolvimento: Portugal 1991-2001. *Revista de Estudos Demográficos*.
- Gallego, F., 2008. Downscaling population density in the European Union with a land cover map and a point survey. *Submitted to Population and Environment*, 1–12.
- Gallego, F.J., 2009. Population density grid of EU-27+, version 5. Summary of the downscaling method.
- Gallego, F.J., 2010. A population density grid of the European Union. *Population and Environment*, 31 (6), 460–473.
- Gallego, F.J., Batista, F., Rocha, C., and Mubareka, S., 2011. Disaggregating population density of the European Union with CORINE land cover. *International Journal of Geographical Information Science*, 25 (12), 2051–2069.
- Gallego, J. and Peedell, S., 2001. Using CORINE Land Cover to map population density. *Towards Agri-environmental indicators, Topic report 6/2001*, 92–103.
- Holt, J.B., Lo, C.P., and Hodler, T.W., 2004. Dasymetric Estimation of Population Density and Areal Interpolation of Census Data. *Cartography and Geographic Information Science*, 31 (2), 103–121.
- INE, n.d. *Recenseamento Geral da População (Censos de 1960, 1970, 1981, 1991, 2001, 2011)*. Lisboa.
- INE, I.N. de E.-, 2016. *Estimativas anuais de População Residente, Portugal, 2015*.
- Instituto Nacional de Estatística, 2013. *Censos 2011 - Preparação, Metodologia e Conceitos*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, IP.
- Instituto Nacional de Estatística, 2014. Tipologia de áreas urbanas 2014, 1–20.
- Instituto Nacional de Estatística, 2015. *Estatísticas Demográficas 2014*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, IP.
- Langford, M., 2003. Refining methods for dasymetric mapping using satellite remote sensing. In: V. Mesev, ed. *Remotely sensed cities*. London: Taylor & Francis,

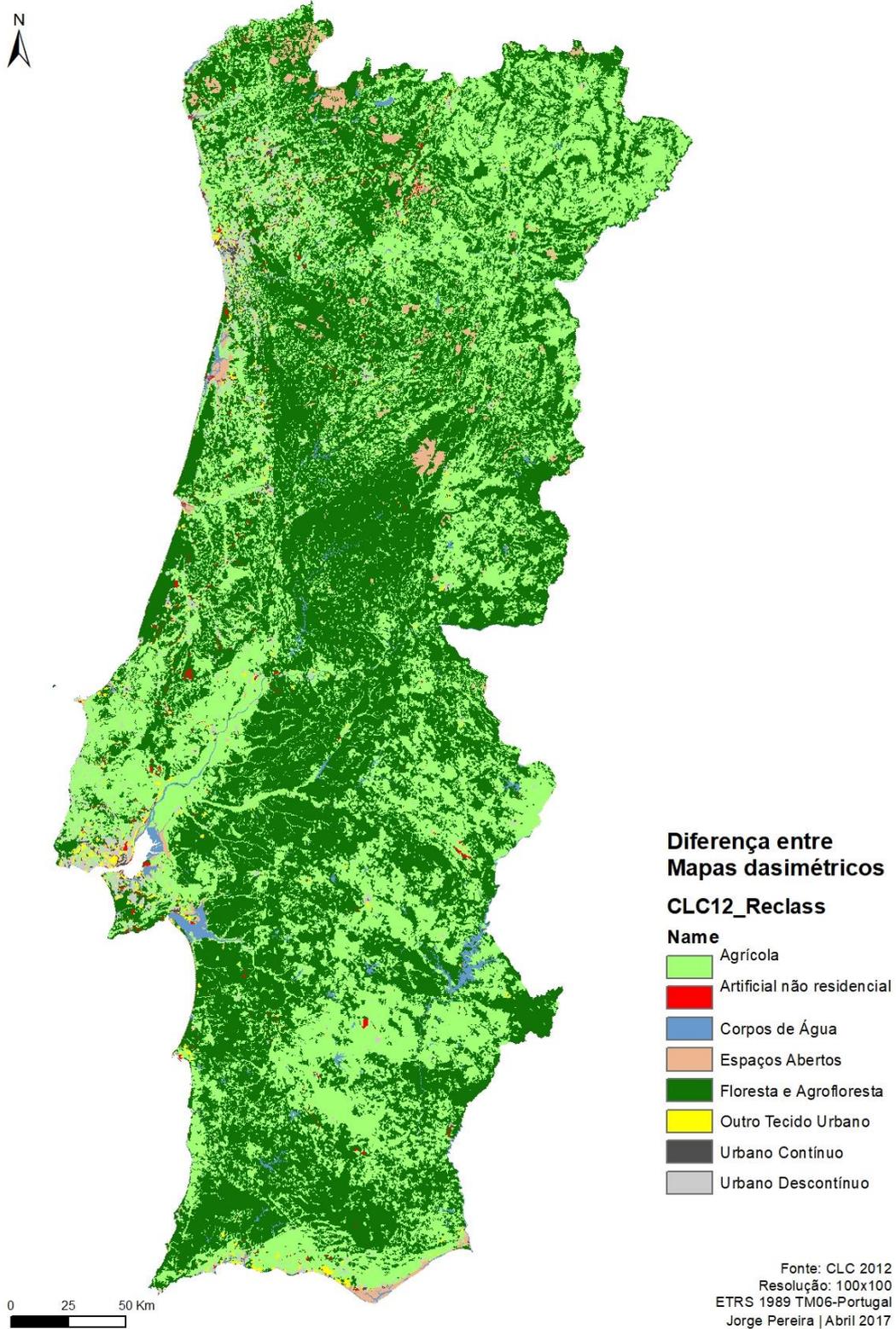
137–156.

- Langford, M., Higgs, G., Radcliffe, J., and White, S., 2008. Urban population distribution models and service accessibility estimation. *Computers, Environment and Urban Systems*, 32 (1), 66–80.
- Langford, M. and Unwin, D.J., 1994. Generating and mapping population density surfaces within a geographical information system. *The Cartographic journal*, 31 (1), 21–26.
- Mennis, J., 2003. Generating Surface Models of Population Using Dasymetric Mapping*. *The Professional Geographer*, 55 (August 2002), 31–42.
- Mennis, J., 2016. Dasymetric Spatiotemporal Interpolation. *The Professional Geographer*, 68 (1), 92–102.
- Mennis, J. and Hultgren, T., 2005. Dasymetric Mapping for Disaggregating Coarse Resolution Population Data. *22nd International Cartographic Conference, July 11-16, 2005, Coruna, Spain*, (January), 9.
- Mennis, J. and Hultgren, T., 2006. Intelligent Dasymetric Mapping and Its Application to Areal Interpolation. *Cartography and Geographic Information Science*, 33 (3), 179–194.
- Moreira, M.J.G. and Rodrigues, T.F., 2004. *As Regionalidades Demográficas do Portugal Contemporâneo*.
- Nagle, N.N., Battenfield, B.P., Leyk, S., and Speilman, S., 2014. Dasymetric Modeling and Uncertainty. *Annals of the Association of American Geographers. Association of American Geographers*, 104 (1), 80–95.
- Petrov, A., 2012. One Hundred Years of Dasymetric Mapping: Back to the Origin. *Cartographic Journal, The*, 49 (3), 256–264.
- Qiu, F., Zhang, C., and Zhou, Y., 2012. The Development of an Areal Interpolation ArcGIS Extension and a Comparative Study. *GIScience & Remote Sensing*, 49 (5), 644–663.
- Reibel, M. and Agrawal, A., 2012. Areal interpolation of population counts using pre-classified land cover data. *Population Research and Policy Review*, 26 (5), 619–

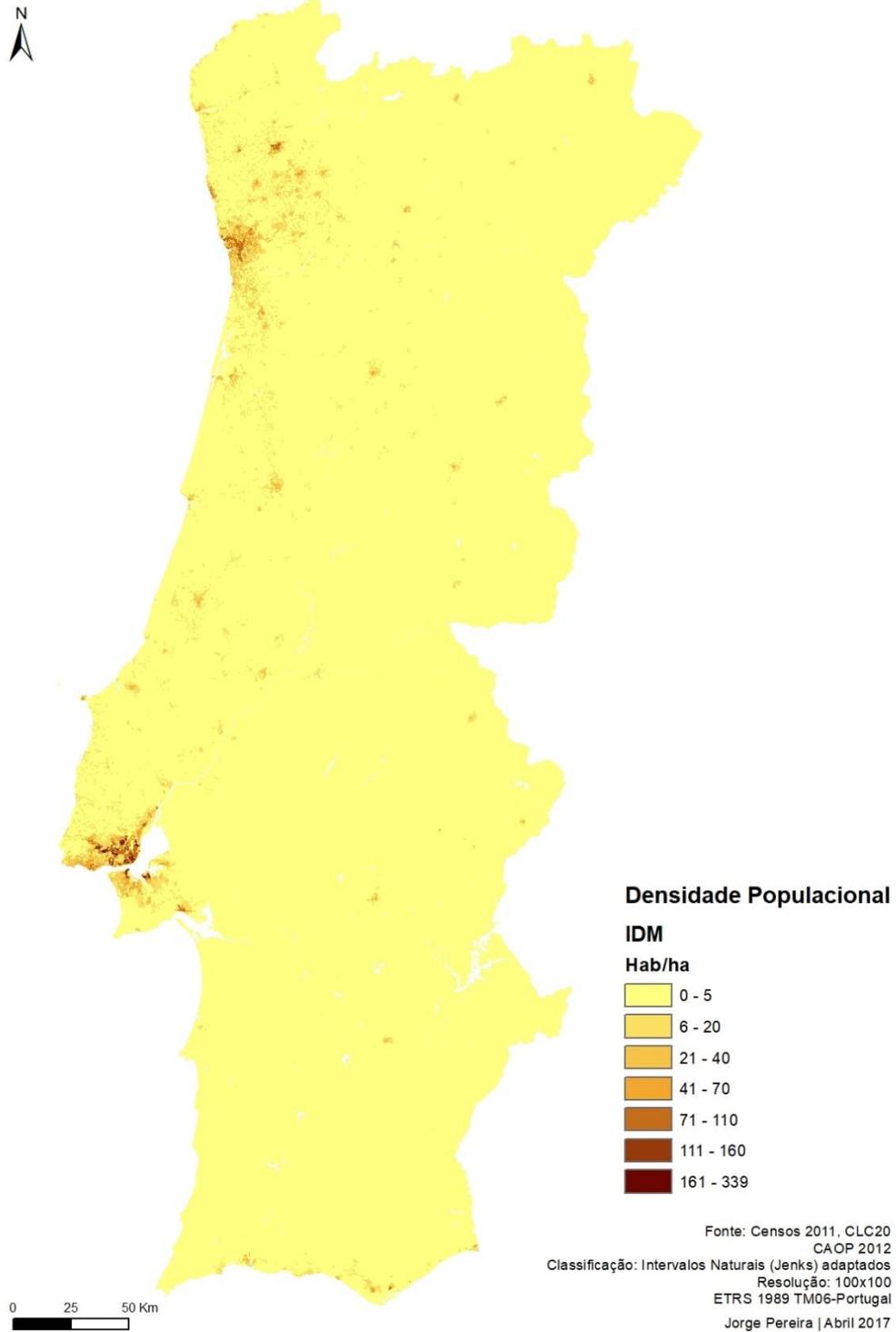
- República, A. da, 2005. Constituição da república portuguesa. *Assembleia da República Portuguesa*, 91.
- Rodrigues, T.F., Painho, M., Henriques, R., and Cabral, P., 2016. SIM4SECURITY. A Forecast and Spatial Analysis Model for Homeland Security. Portugal 2030. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1–10.
- Rodrigues, T.F. and Ribeiro, S., 2017. *Portugal. Projeções de População Residente a Nível Concelhio, 2011- 2014. Metodologia e Resultados*. Lisboa, No. Working paper 3.
- Spyratos, S., Stathakis, D., Lutz, M., and Tsinaraki, C., 2016. Using Foursquare place data for estimating building block use. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 0(0) (0), 1–25.
- Stathakis, D., 2016. Forecasting Urban Expansion Based on Night Lights. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLI-B8, 1049–1054.
- United States Environmental Protection Agency, 2017. Intelligent Dasymetric Mapping (IDM) Toolbox [online]. Available from: <https://www.epa.gov/enviroatlas/dasymetric-toolbox> [Accessed 2 Feb 2017].
- Wikipedia, 2017. Modifiable areal unit problem [online]. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Modifiable_areal_unit_problem [Accessed 5 Mar 2017].
- Wu, S.-S., Qiu, X., and Wang, L., 2005. Population Estimation Methods in GIS and Remote Sensing: A Review. *GIScience & Remote Sensing*, 42 (1), 80–96.
- Yuan, Y., Smith, R.M., and Limp, W.F., 1998. Remodeling Census Population With Spatial Information From Landsat Tm Imagery. *Computers, Environment and Urban Systems*, 21 (3), 245–258.

Anexos

Anexo I – Mapa de reclassificação da CLC 2012



Anexo II – Mapa Dasimétrico



Anexo III – Tabelas Síntese da amostragem aleatória e classificação manual

CLC12_Recl	FREQUENCY	SUM_NEW_PO	MEAN_NEWDE	MIN_NEWDEN	MAX_NEWDEN	STD_NEWDEN
1	249	881412,89	70,2563992	0,5575115	338,8820639	56,1284244
2	2322	4480321,21	14,6367003	0,0980106	256,0442260	23,6556910
3	891	177131,80	2,7812820	0,0229369	29,5752577	3,7582055
4	692	27088,94	1,0288450	0,0068448	10,3065874	1,5584442
5	3949	2389978,94	1,6267094	0,0089109	36,0730560	2,8452479
6	3819	2078210,27	1,3769707	0,0089109	25,1218660	2,0619600
7	746	13476,94	0,1110250	0,0022498	1,5442252	0,1753172
8	945	0,00	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000

Tabela 10 – Tabela síntese final – classificação manual

CLC12_Recl	FREQUENCY	SUM_NEW_PO	MEAN_NEWDE	MIN_NEWDEN	MAX_NEWDEN	STD_NEWDEN
1	249	2581702,11	366,3388003	6,7934241	4553,974246	562,3028148
2	2322	1551841,59	4,2821887	0,0225665	208,4673525	11,2098700
3	891	260014,77	4,2425364	0,0229629	134,5063101	9,9295309
4	692	34614,95	1,3004987	0,0049531	42,9649519	3,4041062
5	3949	3716313,54	3,1651318	0,0123698	220,9012059	9,0061345
6	3819	1870628,10	1,4209729	0,0066655	81,1807269	3,3442767
7	746	32505,93	0,4900439	0,0083812	18,7712307	1,1980572
8	945	0,00	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000

Tabela 11 - Tabela síntese final – Amostragem – 100% cobertura

CLC12_Recl	FREQUENCY	SUM_NEW_PO	MEAN_NEWDE	MIN_NEWDEN	MAX_NEWDEN	STD_NEWDEN
1	249	1291234,17	110,9683469	12,3353795	471,4268690	68,1443244
2	2322	6959298,32	30,3464795	1,8505491	313,8782828	25,9996277
3	891	116967,06	2,0759553	0,1737376	22,1905240	1,7875886
4	692	30799,12	1,1395060	0,0315541	11,1520886	1,1954049
5	3949	1365844,49	0,7146455	0,0192105	8,3255706	0,8147888
6	3819	230345,10	0,0819200	0,0022247	0,9641466	0,0948793
7	746	53132,75	0,6008071	0,0497580	4,5930508	0,6182751
8	945	0,00	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000

Tabela 12 - Tabela síntese final – Amostragem – 95% cobertura

<i>CLC12_Recl</i>	<i>FREQUENCY</i>	<i>SUM_NEW_PO</i>	<i>MEAN_NEWDE</i>	<i>MIN_NEWDEN</i>	<i>MAX_NEWDEN</i>	<i>STD_NEWDEN</i>
1	249	866449,27	68,7504120	9,8176341	306,2000000	45,1127390
2	2322	7668065,00	35,0638178	2,6913426	409,2705813	33,1129657
3	891	69021,13	1,2640035	0,0941416	18,9786030	1,3405666
4	692	19604,30	0,7438393	0,0280263	9,5379028	0,9693777
5	3949	1076612,09	0,5716851	0,0172452	7,9695621	0,7583688
6	3819	309462,47	0,1155018	0,0035005	1,6177032	0,1554852
7	746	38406,74	0,4167885	0,0305828	3,6308631	0,4984646
8	945	0,00	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000

Tabela 13 - Tabela síntese final – Amostragem – 85% cobertura

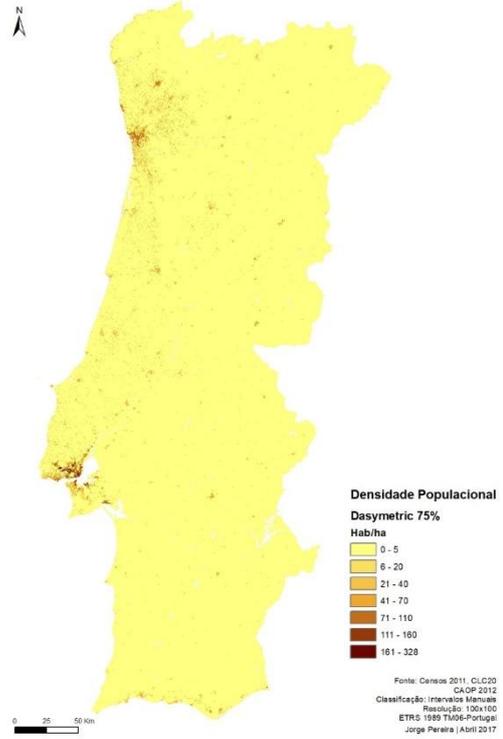
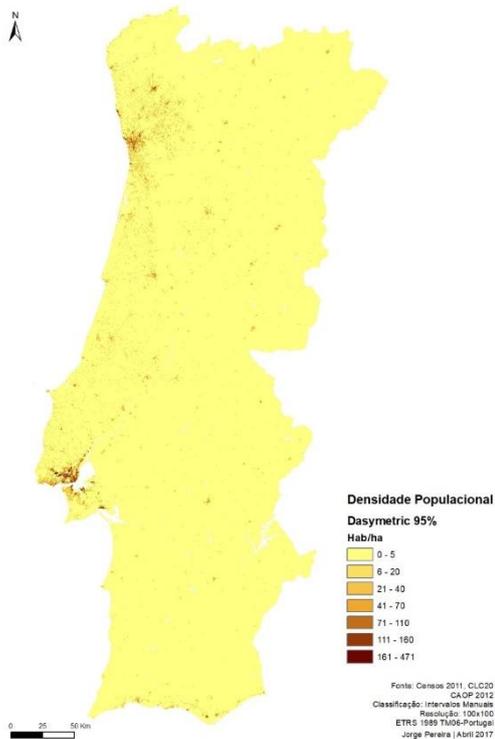
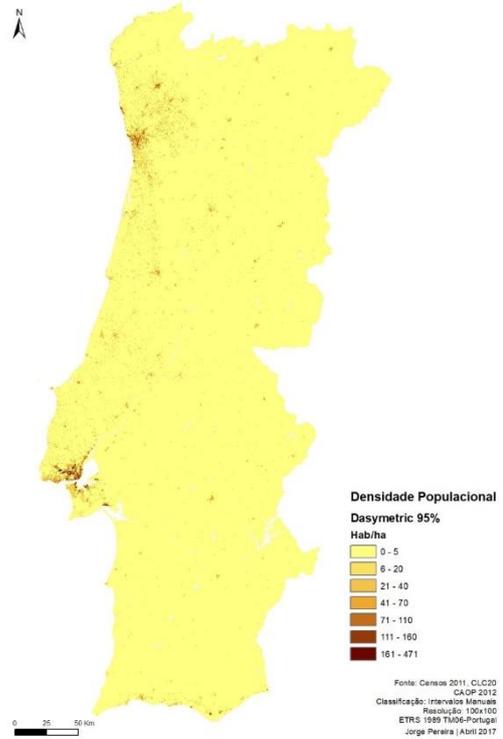
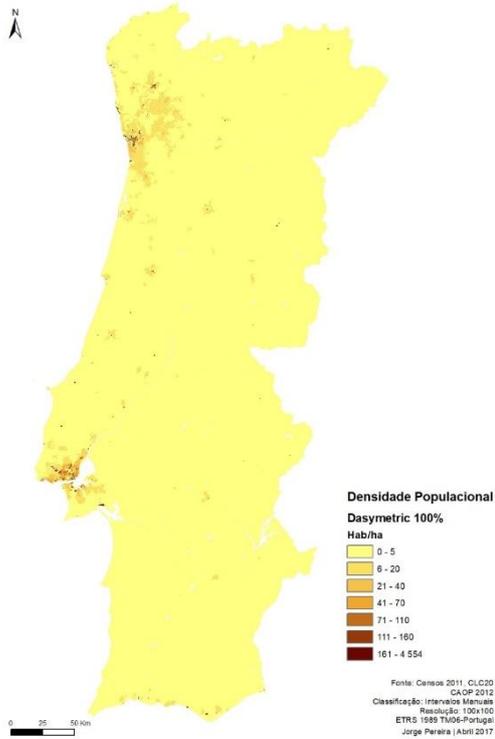
<i>CLC12_Recl</i>	<i>FREQUENCY</i>	<i>SUM_NEW_PO</i>	<i>MEAN_NEWDE</i>	<i>MIN_NEWDEN</i>	<i>MAX_NEWDEN</i>	<i>STD_NEWDEN</i>
1	249	968541,18	78,7734486	8,2359011	327,9936588	51,1530534
2	2322	7202083,31	31,2010359	1,9984675	260,1273780	28,0886681
3	891	95265,16	1,6705792	0,1262201	18,6754093	1,4849186
4	692	24242,46	0,8961203	0,0281386	9,5254225	0,9720541
5	3949	1180237,93	0,6044365	0,0095173	7,8197882	0,7152652
6	3819	400882,55	0,1538376	0,0024649	2,0252275	0,1853354
7	746	176368,40	2,4740830	0,0551141	22,5841972	2,5212984
8	945	0,00	0,0000000	0,0000000	0,0000000	0,0000000

Tabela 14 - Tabela síntese final – Amostragem – 75% cobertura

Anexo IV – Distribuição da população por grupo de classe, de acordo com a metodologia utilizada

CLC12_Rec I	FREQUENC Y	Pop	100%	95%	85%	75%
1	249	881 412,89	2 581 702,11	1 291 234,17	866 449,27	968 541,18
2	2322	4 480 321,21	1 551 841,59	6 959 298,32	7 668 065,00	7 202 083,31
3	891	177 131,80	260 014,77	116 967,06	69 021,13	95 265,16
4	692	27 088,94	34 614,95	30 799,12	19 604,30	24 242,46
5	3949	2 389 978,94	3 716 313,54	1 365 844,49	1 076 612,09	1 180 237,93
6	3819	2 078 210,27	1 870 628,10	230 345,10	309 462,47	400 882,55
7	746	13 476,94	32 505,93	53 132,75	38 406,74	176 368,40
8	945	0	0	0	0	0

Anexo V – Mapas dasimétricos - Amostra Empírica



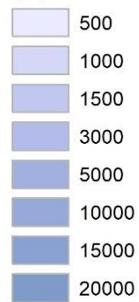
Anexo VI – Áreas de Serviço da PSP – Portugal Continental



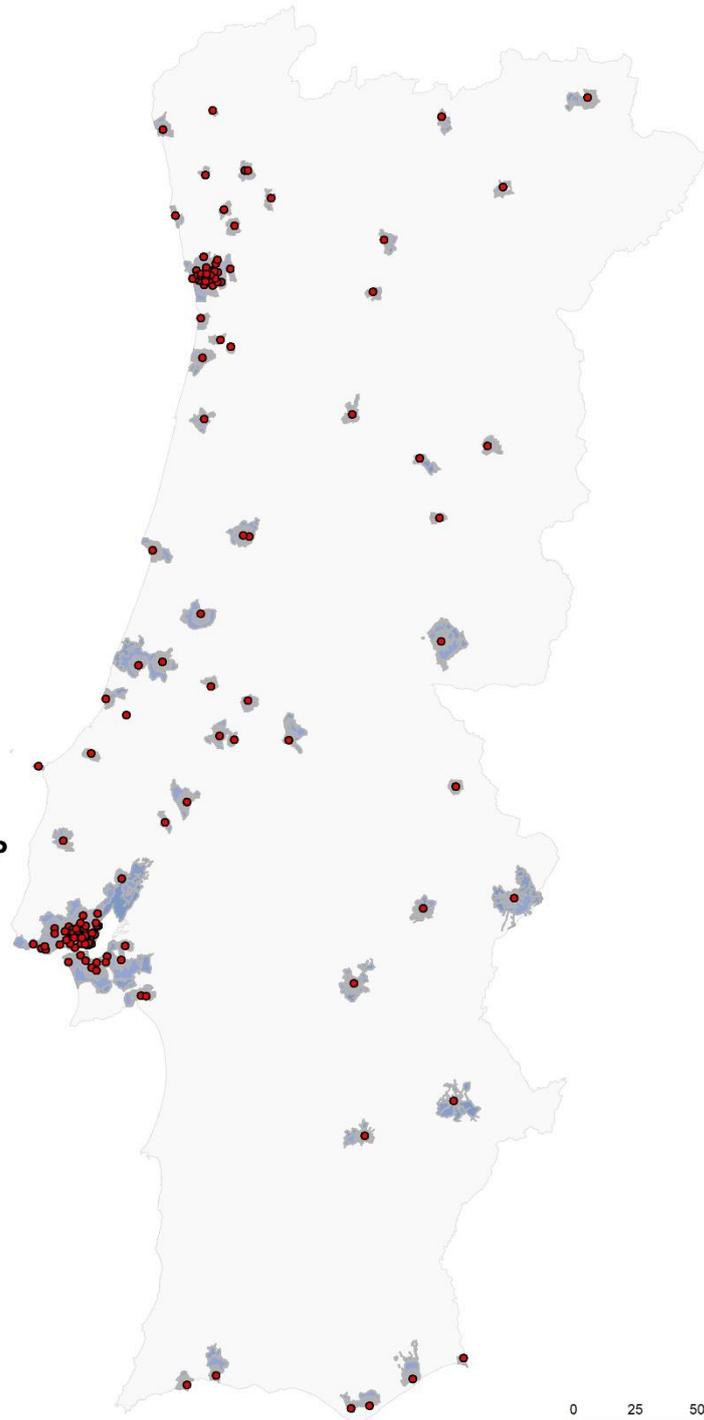
Áreas de Serviço PSP

● Esquadras PSP

(m)

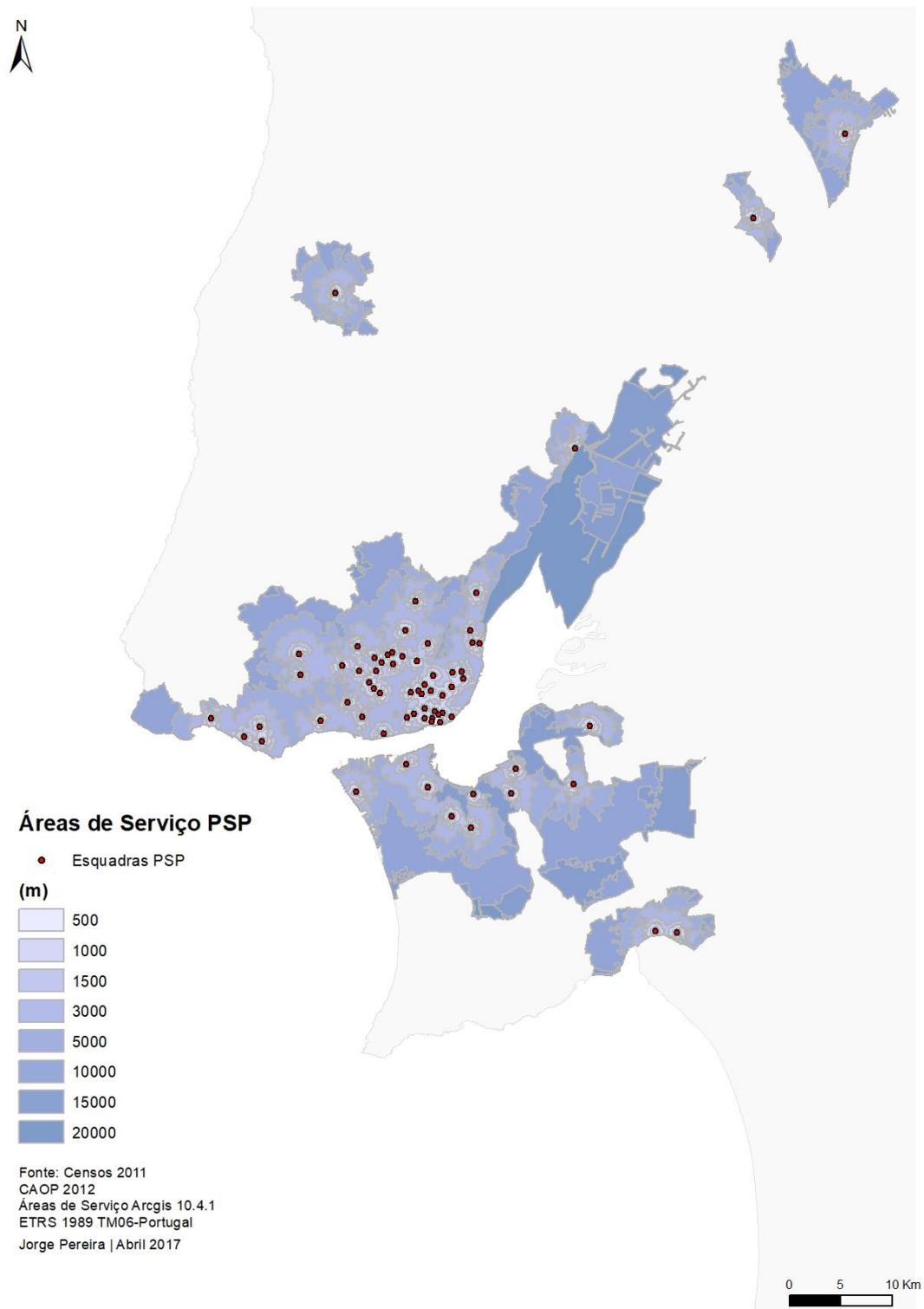


Fonte: Censos 2011
CAOP 2012
Áreas de Serviço Arcgis 10.4.1
ETRS 1989 TM06-Portugal
Jorge Pereira | Abril 2017

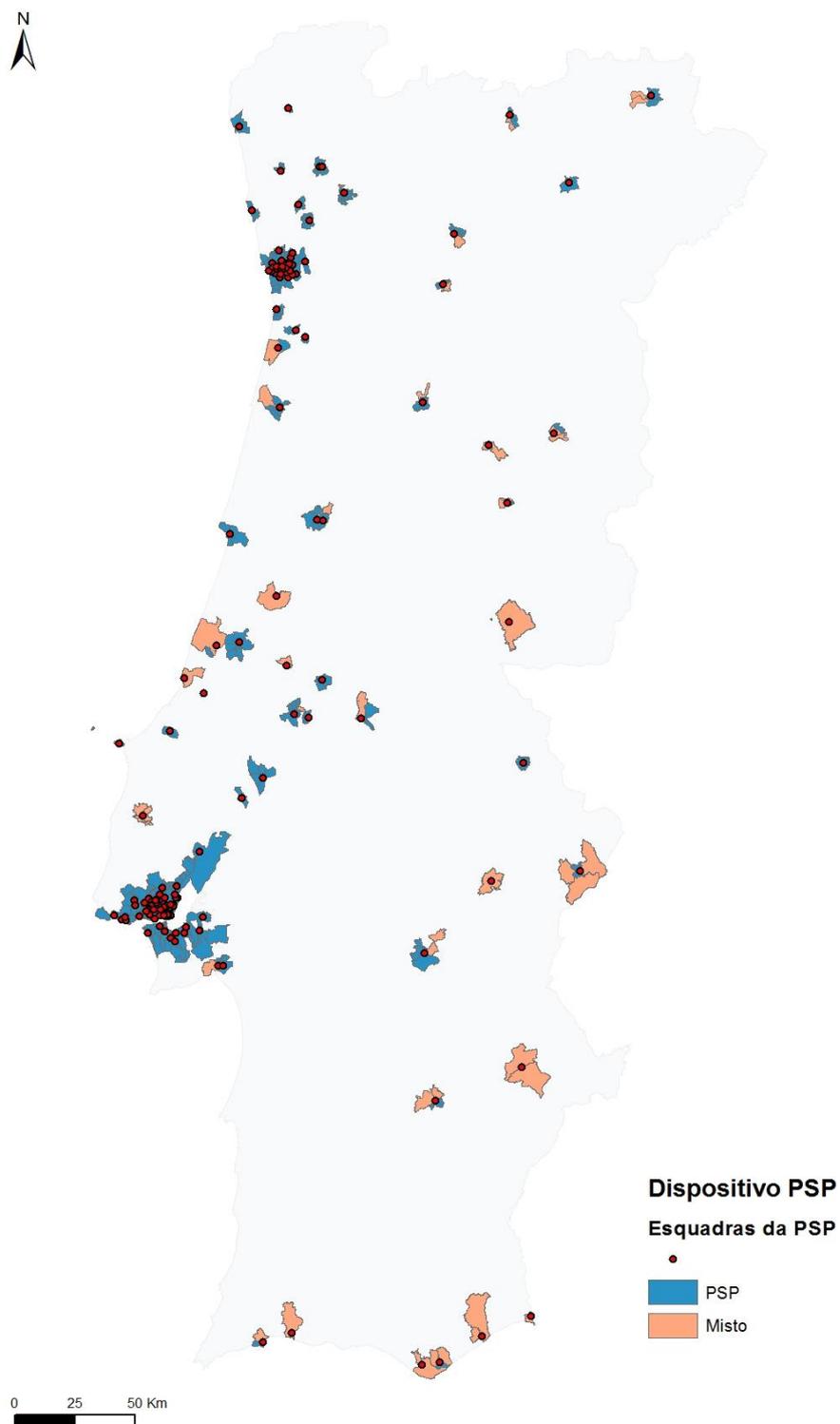


0 25 50 Km

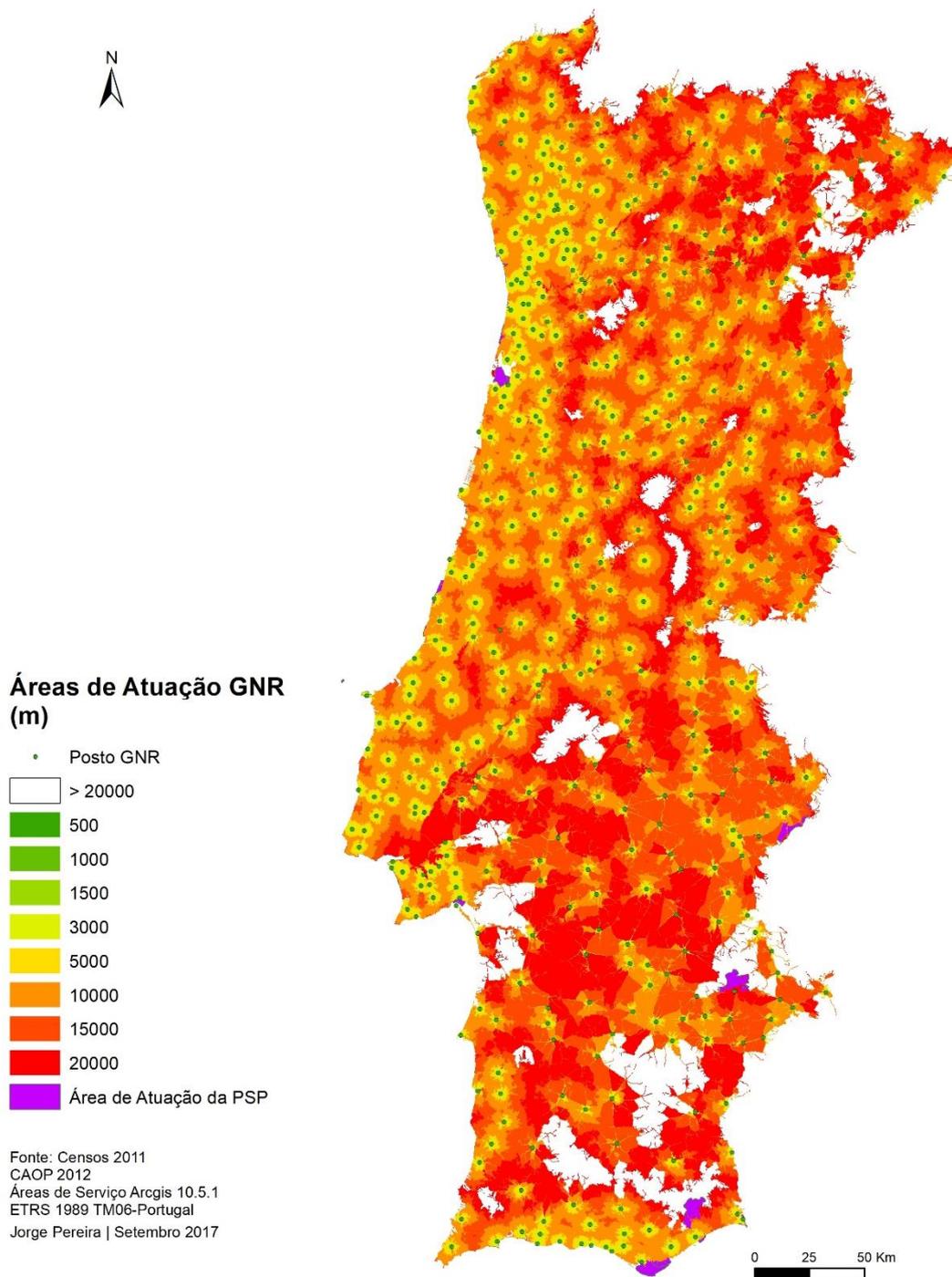
Anexo VII – Áreas de Serviço da PSP - AML



Anexo VIII – Dispositivo da PSP – Portugal Continental



Anexo IX – Áreas de Serviço da GNR



C& SIG



UNIGIS PT

