

Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica

UNIVERSIDADE DE TRÁS-OS-MONTES E ALTO DOURO

**RELAÇÃO ENTRE A DISPERSÃO URBANA E
OS CUSTOS DE SANEAMENTO BÁSICO**

**Análise paramétrica com base nos municípios de
Portugal Continental**

(Versão Final)

Juliana Leal Salvação

Orientador: Prof. Doutor Ricardo Jorge e Silva Bento

Co-Orientadora: Prof. Doutora Isabel Bentes



Vila Real

2012

Dissertação de mestrado em Sistemas de Informação Geográfica, apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e Arquitectura Paisagista da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, realizada sob a orientação do Professor Dr. Ricardo Jorge e Silva Bento, Professor Auxiliar do Departamento de Engenharias, e co-orientação da Professora Isabel Oliveira Bentes, Professora Associada do Departamento de Engenharias, em conformidade com o Decreto-Lei n.º 216/92 de 13 de Outubro. As doutrinas apresentadas são da exclusiva responsabilidade do autor.

“A pessoa a quem devo tudo!

À minha mãe”

Resumo

RELAÇÃO ENTRE A DISPERSÃO URBANA E OS CUSTOS DE SANEAMENTO BÁSICO. Análise paramétrica com base nos municípios de Portugal Continental.

As dinâmicas populacionais ocorridas nas últimas décadas influenciaram de forma significativa o crescimento das cidades. A migração das populações das zonas rurais para as urbanas é um fenómeno ocorrido em toda a Europa, ao qual Portugal não é exceção. A ocupação urbana do território português apresenta traços marcantes de dispersão urbana, em especial nas regiões mais interiores do país, onde o tecido urbano apresenta uma baixa densidade populacional e uma elevada fragmentação. Presume-se que em territórios de baixa densidade os custos das infraestruturas assumem valores muito relevantes, nomeadamente os custos das infraestruturas de saneamento básico. No entanto, sendo um serviço fundamental para a garantia da saúde pública, do bem-estar e do crescimento económico, é importante por um lado, garantir um acesso universal ao serviço e por outro a sua sustentabilidade económica. É pois, da maior relevância o conhecimento da relação entre a dispersão urbana e os custos do saneamento básico. O estudo desta relação é o objectivo principal deste trabalho sendo que, não menos importante, são a metodologia e as ferramentas utilizadas na sua consecução. A utilização de sistemas de informação geográfica permitiu desenvolver uma metodologia automatizada de quantificação de métricas de dispersão urbana, cujos resultados serviram à análise das suas relações para com os custos dos serviços de saneamento básico (abastecimento de água, drenagem e tratamento de águas residuais e gestão de resíduos urbanos) nos municípios do território nacional. Os resultados obtidos indicam que a densidade populacional está fortemente correlacionada com as métricas de dispersão urbana. Ao nível dos custos com o sistema de águas residuais não foram encontradas evidências de correlação com as métricas de dispersão urbana. Para os sistemas de abastecimento de água e recolha de resíduos urbanos, observa-se que a despesa por habitante diminui com o aumento da complexidade e irregularidade da forma dos aglomerados urbanos. Em ambos os sistemas foram ainda encontradas evidências de que a despesa aumenta à medida que aumenta distância entre os aglomerados urbanos.

Palavras-chave: *Sistemas de informação geográfica, métricas de dispersão urbana, custo dos serviços de saneamento básico.*

Abstract

RELATIONSHIPS BETWEEN WATER AND SANITATION COSTS AND URBAN SPRAWL. Parametric analysis based on Portuguese Municipalities.

The population dynamics occurred in recent decades significantly influenced the growth of cities. The migration of people from rural to urban areas is a phenomenon occurring across Europe, to which Portugal is no exception. The urban occupation of the Portuguese territory has outstanding features of urban sprawl, especially in the innermost regions of the country, where the urban fabric has a low population density and high fragmentation. It is assumed that in areas of low density infrastructure costs assume values very relevant, especially the costs of sanitation infrastructure. However, being a fundamental service to guarantee public health, welfare and economic growth, it is important firstly, ensuring universal access to the service and also to their economic sustainability. It is therefore highly relevant knowledge of the relationship between urban sprawl and the cost of sanitation. The study of this relationship is the main objective of this work is that, not least, are the methodology and tools used in achieving them. The use of geographic information systems allowed the development of an automated methodology for quantifying urban sprawl metrics, the results of which were the basis for analysis of the relationship between the costs of basic sanitation services (water supply, drainage and wastewater treatment and management municipal waste) in municipalities nationwide. The results indicate that the population density is strongly correlated with the metrics of urban dispersion. In terms of costs to the wastewater system found no evidence of its relationship with the metrics of urban sprawl. For systems of water supply and waste collection, it is observed that the expenditure per capita decreases with increasing complexity and irregularity of the shape of urban areas. In both systems were still found evidence that the charge increases as distance increases between the urban areas.

Keywords: Geographic information system, urban sprawl metrics, cost of sanitation services.

Agradecimentos

Após esta nova etapa académica concluída, expresso aqui o meu agradecimento às pessoas que me ajudaram e apoiaram na realização deste relatório, contribuindo para o sucesso do mesmo.

Agradeço, em especial, aos Professores do Curso de Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica pelos preciosos ensinamentos e a todos os colegas que acompanharam o decurso desta etapa de vida.

Aos meus orientadores, Professor Ricardo Bento e Professora Isabel Bentes, por terem sido as pessoas que mais contribuíram com o seu tempo e sabedoria para a realização desta dissertação.

Ao Professor José Aranha, Director do curso de Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica, por ter sido a pessoa que despertou a minha vocação para ver o mundo na “forma espacial”. Muito obrigada pelo conhecimento partilhado e empenho dedicado à formação de bons profissionais.

Um agradecimento especial a minha Mãe, que continua a ser o meu “porto seguro”, pessoa sem a qual não me teria sido possível chegar até aqui. E como não poderia deixar de ser, um agradecimento pessoal ao meu amigo e companheiro José Pedro, pelo carinho e compreensão durante a realização deste curso.

ÍNDICE

Resumo	iv
Abstract	v
Agradecimentos	vi
Índice de Tabelas	ix
Índice de Figuras.....	x
Acrónimos	xii
1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS.....	1
2. O FENÓMENO DA DISPERSÃO URBANA.....	4
2.1. A dispersão urbana	4
2.2. A dispersão urbana, SIG e as métricas espaciais.....	7
3. O EFEITO DA DISPERSÃO URBANA SOBRE OS CUSTOS DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO.....	15
4. CASO DE ESTUDO – MUNICÍPIOS DE PORTUGAL CONTINENTAL	19
4.1 A ocupação dispersa nos municípios de Portugal Continental.....	19
4.2. A Carta de Ocupação do Solo para Portugal Continental	23
4.3. Enquadramento do sector das águas e resíduos em Portugal.....	25
4.3.1. O sector das águas	26
4.3.2. O sector dos resíduos urbanos.....	32
5. METODOLOGIA	34
5.1. Delimitação da área urbana	34
5.2. Cálculo das métricas de dispersão urbana	36
5.3. Recolha de dados estatísticos	39
5.4. Tratamento dos dados	42
6. APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	43
6.1. Análise da dispersão urbana versus demografia	43

6.2. Análise da dispersão urbana versus custos dos serviços de saneamento básico	50
6.2.1. Dispersão urbana versus abastecimento de água.....	50
6.2.2. Dispersão urbana versus drenagem e tratamento de águas residuais	55
6.2.3. Dispersão urbana versus recolha de resíduos urbanos	57
7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	61
8. BIBLIOGRAFIA	64
ANEXOS	

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Referências literárias sobre a caracterização da dispersão urbana	6
Tabela 2 - Medição de características da dispersão urbana segundo Torrens (2008).	10
Tabela 3 – Métricas espaciais de quantificação da morfologia urbana	13
Tabela 4 – Influência dos diversos factores no custo das redes de IE urbanas por área urbanizada.	16
Tabela 5 – Características das imagens aéreas orto-rectificadas utilizadas na produção da COS2007.	24
Tabela 6 – Especificações técnicas da COS2007.	25
Tabela 7 – Análise estatística das correlações entre as características demográficas e as métricas de dispersão urbana.	44
Tabela 8 – Síntese do comportamento das métricas de dispersão urbana face à variação da densidade populacional.	47
Tabela 9 – Análise estatística das correlações entre a despesa por habitante, a demografia e as métricas de dispersão urbana.	50
Tabela 10 – Síntese do comportamento das variáveis analisadas face à despesa por habitante com o sistema de abastecimento de água.	52
Tabela 11 – Análise estatística das correlações entre o encargo anual dos utilizadores domésticos com os serviços públicos de abastecimento de águas e as variáveis independentes.	53
Tabela 12 – Análise estatística das correlações entre a despesa por habitante com o sistema de drenagem e tratamento de águas residuais e as variáveis independentes.	55
Tabela 13 – Análise estatística das correlações entre o encargo anual dos utilizadores domésticos com os serviços públicos saneamento de águas residuais urbanas e as variáveis independentes.	56
Tabela 14 – Análise estatística das correlações entre a despesa por habitante com a recolha dos resíduos urbanos e as variáveis independentes.	57
Tabela 15 – Análise estatística das correlações entre o encargo anual dos utilizadores domésticos com os serviços públicos de gestão de resíduos urbanos e as variáveis independentes.	58
Tabela 16 – Síntese do comportamento das variáveis analisadas face à despesa por habitante com o sistema de recolha de resíduos urbanos de água.	59

Índice de Figuras

Figura 1 – Mapa da taxa de variação da população entre 1991 e 2011.	20
Figura 2 – Mapa da densidade populacional em 1991, 2001 e 2011.	21
Figura 3 – Variação da taxa de variação do número de edifícios e alojamentos entre 2001 e 2011.	21
Figura 4 – Mapa de ocupação dos territórios artificializados em 1990 e 2007 em Portugal Continental.	23
Figura 5 – Evolução da população servida por sistemas de saneamento básico, no Continente.	27
Figura 6 – Mapa da população servida por sistemas de abastecimento de água em 1995 e 2009.	28
Figura 7 – Mapa da população servida por sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais.	28
Figura 8 – Investimento realizado (excepto em barragens). Abastecimento de água – Continente – 1987 a 2009.	30
Figura 9 – Investimento realizado. Drenagem e tratamento de águas residuais – Continente – 1987 a 2009.	30
Figura 10 – Mapa da quantidade de RSU produzido por habitante em 2002 e 2010.	33
Figura 11 – Fluxograma de selecção das áreas urbanas dos municípios	35
Figura 12 – Rotina <i>Model Builder</i> aplicada à metodologia.	36
Figura 13 – Fluxograma de cálculo do índice de proximidade média.	38
Figura 14 – Fluxograma de cálculo do índice de centralidade média.	38
Figura 15 – Análise das despesas correntes e de capital entre 2000 e 2005.	41
Figura 16 – Análise das despesas correntes 2000 e 2005	41
Figura 17 – Exemplo da relação entre a densidade populacional para com o índice de percentagem de ocupação e o número de manchas por km ² .	46
Figura 18 – Mapa da densidade populacional por municípios.	48
Figura 19 – Mapa do índice de percentagem de ocupação e do índice de n ^o de manchas por Km ² por municípios.	48
Figura 20 – Mapa do índice de centralidade média e do índice de proximidade média por municípios.	49
Figura 21 – Mapa do índice de compacidade média e do índice de dimensão fractal média por municípios.	49
Figura 22 – Mapa da correlação entre a despesa por habitante com o abastecimento de água e o índice de compacidade média por municípios.	54

- Figura 23** – Exemplo dos resultados obtidos na correlação entre a despesa por habitante com o abastecimento de água e o índice de compacidade média. 54
- Figura 24** – Mapa da correlação entre a despesa por habitante com a recolha de resíduos urbanos e o índice de dimensão fractal média. 60
- Figura 25** – Exemplo dos resultados obtidos na correlação entre a despesa por habitante com a recolha de resíduos urbanos e o índice de dimensão fractal média. 60

Acrónimos

COS - Carta de Ocupação do Solo

DGOTDU - Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano

EA - Estatística do Ambiente

EEA - Agência Europeia do Ambiente

ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

IGP - Instituto Geográfico Português

INE - Instituto Nacional de Estatística

INSAAR - Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento e de Águas Residuais

NUT III - Unidade Territorial Estatística

QREN - Quadro de Referência Estratégico Nacional

RASARP - Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal

SIG - Sistema de Informação Geográfica

1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

A expansão das áreas urbanas é um dos fenómenos antropogénicos mais marcantes ocorridos nos últimos tempos. Verifica-se cada vez mais que, as constantes migrações das populações levam a contrastes demográficos e conduzem a diferentes padrões de ocupação do solo. Um pouco por toda a Europa as grandes áreas metropolitanas, extremamente populosas e dotadas das mais diversas infraestruturas, fazem um contraste marcante com as regiões interiores, que tem vindo a perder a sua população.

Em Portugal, este fenómeno teve um impacto marcante a partir da segunda metade do século XX. Nas últimas décadas a dinâmica populacional ocorrida no território nacional evidencia sinais de uma ocupação dispersa, sendo marcante o contraste entre as grandes áreas metropolitanas de Lisboa e Porto, altamente populosas, e as regiões do interior do País, com baixos índices de densidade populacional.

Atualmente as políticas de ordenamento de âmbito nacional referem que a expansão das áreas urbanas deve ser feita de forma criteriosa, tecnicamente justificada, e que a dispersão descontrolada da edificação em conjunto com o aumento indiscriminado dos perímetros urbanos, agrava os custos e as ineficiências ambientais, sociais e económicas das infraestruturas urbanas, potenciando a sua desestruturação.

No que refere ao provimento de infraestruturas urbanas, percebe-se que a expansão espacial das redes de infraestruturas associada ao aumento dos núcleos urbanos com baixas densidades populacionais vem crescendo os seus custos de implementação e gestão.

Uma vez que os serviços de saneamento básico, que compreendem os serviços de abastecimento de água, drenagem e tratamento de águas residuais e a recolha dos resíduos urbanos, são serviços essenciais à qualidade de vida e bem-estar das populações, torna-se importante compreender o impacto da dispersão urbana nos custos destes serviços e inferir acerca da sua sustentabilidade económica, garantindo a sua acessibilidade a toda a população.

A análise da demografia e da dispersão urbana nos municípios têm grande interesse na medida em que são indicadores que permitem concluir acerca dos padrões de ocupação solo. Por parte das políticas de planeamento e ordenamento essas ferramentas são essenciais para uma análise real do panorama nacional, com particular interesse na tomada de decisões assertivas.

A análise da relação entre a dispersão urbana e os custos dos sistemas de saneamento básico permitem às entidades públicas e/ou privadas compreenderem o comportamento das despesas de funcionamento com estes sistemas e promoverem uma política de proveitos que garanta a sua sustentabilidade.

Deste modo, os objectivos deste estudo são:

- Quantificar a dispersão urbana nos municípios de Portugal Continental através de métricas espaciais;
- Utilizar ferramentas de sistemas de informação geográfica para desenvolver uma metodologia semiautomatizada para o cálculo das métricas de dispersão urbana;
- Compreender as correlações entre a dispersão urbana e a demografia nos municípios do território continental;
- Averiguar sobre a correlação entre a dispersão urbana e os custos “*per capita*” dos sistemas de saneamento básico nos municípios do território continental.

Para atingir os objectivos propostos procedeu-se à selecção das áreas urbanas através da Carta de Ocupação do Solo de 2007, a quantificação da dispersão urbana através de métricas espaciais e a análise de correlações paramétricas. Para tal, foram quantificadas as características demográficas (população residente, densidade populacional), as métricas de dispersão urbana (índice de percentagem de ocupação, índice de número de manchas por km², índice de compacidade média, índice de centralidade média, índice de dimensão fractal média e o índice de proximidade média), bem como os custos por habitante e os encargos anuais dos utilizadores dos serviços de saneamento básico. Para averiguar sobre a veracidade das correlações em estudo realizou-se um teste de aderência a funções e verificou-se a significância do coeficiente de correlação.

Esta dissertação foi organizada em sete capítulos, que pretendem dar a conhecer a informação necessária para compreender, de forma clara e sucinta, o tema em análise.

No presente Capítulo, Capítulo 1, aborda-se a motivação para a realização deste o trabalho onde são apresentados os objectivos do estudo, bem como a estrutura da dissertação.

No Capítulo 2 aborda-se o conceito de dispersão urbana e a importância dos SIG na sua quantificação espacial.

No Capítulo 3 expõe-se a problemática dos efeitos da dispersão urbana sobre as redes de infraestruturas e os custos dos serviços de saneamento básico.

O Capítulo 4 apresenta os municípios de Portugal Continental e um breve enquadramento do sector das águas e resíduos em Portugal.

O Capítulo 5 apresenta a metodologia aplicada no estudo, nomeadamente a selecção da área urbana, a selecção das variáveis de custo, o desenvolvimento de um modelo semiautomático para o cálculo das métricas e o tratamento dos dados estatísticos.

No Capítulo 6 são apresentados, analisados e discutidos os resultados obtidos relativamente às correlações entre a demografia e as métricas de dispersão urbana, bem como às correlações entre o custo dos sistemas de saneamento e as métricas de dispersão.

O Capítulo 7 apresenta as conclusões do estudo e algumas considerações futuras.

Por fim, apresentam-se as referências bibliográficas e um anexo.

2. O FENÓMENO DA DISPERSÃO URBANA

Neste capítulo aborda-se o conceito de dispersão urbana, tratando-se de forma sucinta a sua definição, quantificação e os seus efeitos, em especial no que diz respeito ao impacto sobre os custos dos serviços de saneamento básico, nomeadamente os serviços de abastecimento de água, drenagem e tratamento de águas residuais e de recolha de resíduos urbanos.

2.1. A dispersão urbana

A ocupação humana sobre o território que nos rodeia há muito tem sido assunto de grande preocupação. O impacto do crescimento do tecido urbano traz consequências prejudiciais ao nível ambiental e dos ecossistemas (Agência Europeia do Ambiente - EEA, 2006; Bernhardt, 2007; Cabral et al., 2011; Clifton et al., 2008), ao nível sócio-económico (Carruthers e Ulfarson, 2003; EEA, 2006; Nakamura e Tahira, 2008; Osman et al., 2008) e têm influência sobre as redes de infraestruturas (Danko, 2009; Peterson, 2009; Trubka et al., 2009).

O fenómeno da dispersão urbana é um processo de desenvolvimento em expansão, potenciado pela industrialização e urbanização das cidades, que está intimamente relacionado com o desenvolvimento tecnológico das sociedades e acompanha as mudanças sociais e económicas. Os factores que influenciam a dispersão urbana são multifacetados e incluem condições como o desenvolvimento agrícola, industrial, os fenómenos de migração das populações e a rápida urbanização dos centros mais industrializados. É do senso comum que as cidades crescem com o movimento das pessoas do campo para os centros urbanos, em busca de melhores empregos e condições de vida. Este movimento leva a migrações rural-urbanas das populações, com conseqüente aumento da densidade nos centros urbanos e que, segundo Francesco Indovina (2009), associado à disponibilidade de áreas urbanizáveis, transformam o território de uma forma irreversível.

Ao longo das últimas décadas foram realizados diversos esforços no sentido de tentar desenvolver uma definição abrangente e consensual sobre a dispersão urbana, no entanto o termo dispersão urbana, em inglês “*urban sprawl*”, continua a ser “*um nome para muitas condições*” e a “*literatura à volta do tema confunde causas, consequências e condição*” (Galster et al., 2001).

O termo dispersão urbana é genericamente utilizado para descrever a expansão física das áreas urbanas e segundo a EEA (2006), pode ser definido como “*um padrão físico de expansão das áreas urbanas, disperso e de baixa densidade, que ocorre principalmente à volta das áreas agrícolas e que apresenta grande tendência para a descontinuidade*”.

À semelhança da EEA em 2006, Ewing et al. (2002) já se referiam à dispersão urbana como um fenómeno que apresenta um desenvolvimento de baixa densidade, com padrões de ocupação dispersos e a inexistência de grandes centros urbanos. Os autores acrescentaram ainda que, as condições da rede de transporte também podem ser utilizadas na caracterização da dispersão urbana, uma vez que os padrões de acessibilidade a estas infraestruturas nas regiões mais dispersas são caracterizados por serem deficitárias e fragmentadas.

A definição de um padrão de ocupação do solo que permita definir a dispersão urbana é um processo complexo que pode ocorrer de diferentes formas, pelo que um dos maiores constrangimentos a sua definição são as fronteiras disciplinares que abordam o seu estudo. Neste sentido, Galster et al. (2001) referem que a dispersão urbana deve ser reflectida através da combinação de oito dimensões distintas de padrões de uso do solo e propõem que a “*urban sprawl*” seja definida como “*uma condição do uso do solo que é representada por baixos valores de uma ou mais destas dimensões*”.

Diversos autores referem que a definição da dispersão urbana deve basear-se num conjunto várias perspectivas de análise. Nesta sequência, Bernhardt (2007) analisa a dispersão através de cinco perspectivas: densidade urbana, grau de concentração da área urbana, estrutura e forma das áreas urbanas, efeitos sociais e a existência de normas de uso do solo. De modo semelhante Clifton et al. (2008) procedem a caracterização e a análise da dispersão urbana através de cinco

domínios: ecologia da paisagem, estrutura económica, planeamento dos transportes, design urbano e da comunidade.

As referências bibliográficas sobre a definição da dispersão urbana são vastas e volumosas, poderia dedicar grande parte deste estudo à descrevê-las, no entanto continuaríamos sem conseguir definir de modo claro e objectivo o que é a dispersão urbana. A Tabela 1 extraída de Torrens (2008) cita um vasto conjunto de autores que definem a dispersão urbana através de diversos aspectos tais como sociais, estéticos, descentralização, acessibilidade, densidade, espaço aberto, dinâmicas de ocupação, custos e benefícios e permite ao leitor aprofundar os conhecimentos sobre os diversos temas.

Tabela 1 - Referências literárias sobre a caracterização da dispersão urbana

	Growth	Social	Aesthetic	Decentralization	Accessibility	Density	Open Space	Dynamics	Cost	Benefits
Audirac, et al. (1990)										
Bae & Richardson (1994)										
Benfield et al (1999)										
Burchell, et al. (1998)										
Calthorpe, et al. (2001)										
Clapham Jr. (2003)										
Duany, et al. (2000)										
El Nasser & Overburg (2001)										
Ewing (1997)										
Ewing, et al. (2002)										
Farley & Frey (1994)										
Galster (1991)										
Galster, et al. (2001)										
Gordan & Richardson (1997a)										
Gordan & Richardson (1997b)										
Hasse & Lathrop (2003a)										
Hasse & Lathrop (2003b)										
Hasse (2004)										
HUD (1999)										
James Duncan & Associates et al (1989)										
Lang (2003)										

Ledermann (1967)										
Lessinger (1962)										
Malpezzi (1999)										
OTA(1995)										
Peiser (1989)										
Pendall (1999)										
Real Estate Research Corporation (1973)										
Sierra Club (1998)										
Sudhira et al (2003)										
Fonte: Adaptado de Torrens (2008)										

2.2. A dispersão urbana, SIG e as métricas espaciais

Uma das grandes dificuldades relacionadas com o estudo da dispersão urbana, para além da sua definição, é a sua quantificação. A dispersão urbana reflecte a distribuição espacial da ocupação urbana no território e como não poderia deixar de ser, o seu estudo está intimamente relacionado com as alterações e dinâmicas de usos do solo

As abordagens que envolvem a análise da forma e dispersão urbana baseiam-se na quantificação dos padrões urbanos de ocupação do solo através de medidas espaciais que representam características geométricas do território. Essas medidas são designadas de métricas espaciais, em inglês "*spatial metrics*", e foram inicialmente utilizadas em estudos no âmbito da ecologia (McGarital e Marks, 2002) e posteriormente adaptadas ao contexto urbano.

Existem diversos aspectos da expansão urbana como as componentes socio-econômicas que são impossíveis de "ver" num mapa de uso do solo ou do crescimento urbano, no entanto, muitos outros factores relacionados à expansão são espaciais na natureza e podem ser medidos pela alteração da paisagem (Hasse, 2002).

Os padrões da expansão urbana são modelados com a ajuda de dados espaço-temporais, os quais a convergência dos sistemas de informação geográfica,

a detecção remota e os sistemas de bases de dados tornaram-se uma ferramenta essencial na quantificação, monitorização, modelação e predição do desenvolvimento urbano. Ao nível a utilização das ferramentas de informação geográfica, Huang et al. (2007) referem que *“os SIG e a detecção remota proporcionaram uma nova perspectiva sobre o estudo da forma urbana”*, enquanto Clifton et al. (2008) reportam que o avanço das tecnologias de sistemas de informação geográfica fez com que *“a análise dos padrões espaciais se tornasse em um simples exercício de computador portátil e tão envolvente quanto um jogo de vídeo”*.

Uma questão de grande importância em estudos baseados em informação geográfica prende-se com o tipo de modelo de dados, ou seja, o tipo de representação espacial da informação (matricial ou vectorial). Segundo Rodrigues (2009) *“o modelo de dados utilizados na caracterização espacial do tecido urbano está dependente da origem e natureza dos dados, bem como da intenção de uso que se pretende dar aos mesmos. Certos processamentos analíticos requerem dados matriciais enquanto outros adequam-se melhor a dados vectoriais”*.

Os estudos relacionados com as dinâmicas de ocupação do solo recorrem-se dos dois modelos espaciais de dados, matricial e vectorial. O modelo matricial está associado aos dados obtidos através de imagens aéreas, cuja informação é recolhida em formato matricial. A partir do modelo matricial são realizadas as interpretações e classificações da ocupação/uso do solo, que posteriormente dão lugar a delimitação de polígonos em formato vectorial.

A classificação de unidades no espaço é marcada por uma dimensão de escala, patente à desagregação dos dados espaciais e a dimensão de contexto da área de estudo. A variação da escala afecta inevitavelmente a estrutura da paisagem e, portanto, espera-se que também condicione a sua quantificação através de métricas de paisagem. Uma avaliação sobre métricas de forma em determinada escala de estudo e um contexto específico influencia directamente a análise da sua configuração geo-espacial (área, forma, complexidade), sendo que quanto maior a escala de análise, maior detalhe e quantidade de informação que é possível descrever.

A aplicação de métricas de forma deve ter em conta que aos modelos de dados matriciais está implícito o efeito escala, subjacente à dimensão mínima da quadrícula, ou seja, a resolução espacial do píxel. Deste modo, a análise das métricas da paisagem é fortemente influenciada quando aplicada a esse tipo de dados, na medida em que esta promove a aproximação das formas às formas geométricas padrão e às suas dimensões, podendo levar a interpretações incorrectas da realidade.

É fácil de compreender que o desenvolvimento das novas tecnologias de informação e de ferramentas informáticas cada vez mais potentes proporcionam uma maior capacidade de captar imagens da cobertura do solo, em curtos espaços de tempo, o que potencia a capacidade dos estudos que envolvem as dinâmicas da ocupação solo.

Na última década foram desenvolvidas diversas metodologias de quantificação da forma e da dispersão urbana através da aplicação de métricas espaciais com recurso aos SIG.

Huang et al. (2007) utilizam 77 imagens de satélite de áreas metropolitanas, de diferentes continentes, para calcular sete métricas espaciais que reflectem cinco dimensões morfológicas da dispersão urbana: complexidade, centralidade, compacidade, porosidade e densidade. Para os autores, a complexidade quantifica a irregularidade da forma da mancha urbana (citam McGarital and Marks, 2002 e Longley and Mesev, 2000), a centralidade representa o grau de aproximação dos aglomerados urbanos a capital do distrito (em inglês "*central business district*" - CBD) (citam Galster et al., 2001), a compacidade quantifica a forma individual das manchas urbanas (os autores citam Li and Yeh, 2004), a porosidade mede a razão entre o espaço aberto e a área urbana total.

Torrens (2008) desenvolveu uma metodologia que quantifica a dispersão urbana através de 42 métricas espaciais (tabela 2) que representam sete características da dispersão: desenvolvimento urbano, densidade, características sociais, dinâmicas dos espaços, fragmentação, descentralização e acessibilidade.

Tabela 2 - Medição de características da dispersão urbana segundo Torrens (2008)

Característica	Attributes measured	Number of metrics
Urban growth	Urban footprint of the city; developable land; residential footprint of the city; low-density footprint of the city; total number of urban patches; urban patches by activity (12 land-uses)	18
Density	Gross population density surface, population density surface considered over developable land; population density profile as a function of accessibility to the CBD (considered over all land and developable land); family density profile as a function of accessibility to the CBD; density gradient by OLS regression; density gradient by spatial regression	7
Social	Owner-occupation profile; renter-occupation profile	2
Activity-space	Diversity index; evenness index	2
Fragmentation	Fractal dimension; contagion; interspersion and juxtaposition index	3
Decentralization	Gross global spatial autocorrelation; global spatial autocorrelation over developable land; local spatial autocorrelation over all land; local spatial autocorrelation over developable land; spatial hotspots and coolspots	5
Accessibility	Accessibility to the CBD; to major employers; to schools; to other educational opportunities; to locally-unwanted land-uses	5

Em Portugal foram realizados diversos esforços no sentido de compreender o fenómeno da dispersão urbana através da quantificação de padrões de ocupação/uso do solo. A Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano (DGOTDU) no âmbito da elaboração de normas técnicas de ordenamento do território e do urbanismo desenvolveu uma metodologia que prende-se com a delimitação da ocupação dispersa através da identificação de conjuntos de edifícios por método digital, onde um conjunto de edifícios é representado pelas manchas resultantes da sua agregação em função da distância mínimas entre eles, e com a classificação da ocupação do território como urbano, rural ou disperso, segundo a quantificação de dois critérios o grau de urbanização e o índice de desagregação.

O Projecto “*FURBS: Forma Urbana Sustentável – Desenvolvimento Metodológico para Portugal*”, desenvolvido pelo Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa, quantifica a dimensão morfológica da forma urbana ao nível nacional através de um conjunto de métricas espaciais. O estudo baseia-se na extracção da mancha urbana através da *Corine Land Cover* e na quantificação sete métricas espaciais, nomeadamente compacidade, densidade, dimensão, distância

média ao vizinho mais próximo, expansão, ocupação e proximidade média (<http://www.ceg.ul.pt/FURBS>).

Rodrigues (2009) analisa a dispersão urbana em algumas cidades de Portugal através das métricas referidas por FURBS, no entanto sugere uma metodologia específica para a delimitação da área urbana, assente nas referências publicadas por Borruso (2003), onde a extracção de perímetros urbanos dos aglomerados é realizada através da densidade da rede viária. Esta metodologia consiste na identificação de áreas urbanas através da análise da distribuição e densidade dos nós da rede viária a partir da qual é efectuada a representação espacial da ocupação urbana.

A literatura permite constatar que existem diversas métricas espaciais que permitem quantificar a dispersão urbana sendo de referir o índice de percentagem de ocupação da área urbana, o índice de número de manchas por km², o índice de centralidade média, o índice de compacidade média, o índice de dimensão fractal média e o índice de proximidade média, expostos na Tabela 3.

- **Índice de percentagem de ocupação urbana:** Representa a intensidade da ocupação da área urbana de uma unidade territorial e quantifica a proporção da área urbana face à área total da unidade territorial a que pertence. Deste modo, quanto maior o seu valor maior é a intensidade de ocupação da área urbana. O estudo da variação do índice de percentagem de ocupação urbana ao longo do tempo permite quantificar a taxa de crescimento urbano (Rodrigues, 2009).
- **Índice do número de manchas por Km²:** Representa uma medida simples de densidade média da ocupação dos aglomerados urbanos por Km² da unidade territorial. Quanto maior o seu valor maior é o número de aglomerados urbanos individuais dentro da unidade territorial (Rodrigues, 2009).
- **Índice de centralidade média:** Expressa a intensidade média da expansão periférica dos aglomerados urbanos relativamente a um local “central” da

unidade territorial e representa a distância média dos centróides¹ das manchas urbanas à sede de concelho. Para atenuar o enviesamento provocado pelas dimensões díspares entre as unidades territoriais, a distância média é dividida pelo raio do círculo com a área total da unidade territorial. Quanto maior o índice de centralidade maior é a expansão periféricas dos aglomerados face a sede do concelho. Quando o índice assume o valor de zero as manchas apresentam-se contíguas. (Huang et al., 2007; Rodrigues, 2009).

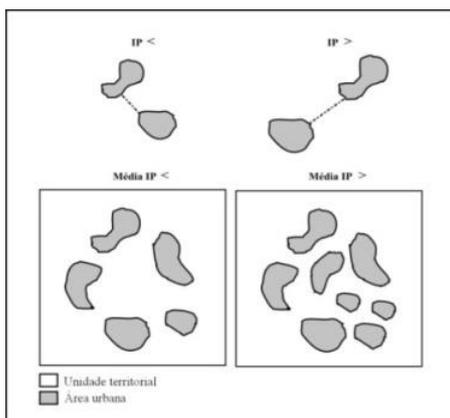
- **Índice de compacidade média:** Revela irregularidade média da forma dos aglomerados urbanos. Quanto mais alto o seu valor maior é a irregularidade da forma dos aglomerados urbanos, a medida que o seu valor aproxima-se 1 atinge a compactação máxima. (Rodrigues, 2009; Costa et al., 2009; FURBS).
- **Índice de dimensão fractal média:** Representa a complexidade do perímetro da forma. É obtido através de uma relação entre o perímetro e a área forma urbana. Aproxima-se de 1 para formas mais simples e de 2 a medida que a forma torna-se mais complexa (MacGarigal & Marks, 2002; Huang et al., 2007).
- **Índice de proximidade média:** Indica a proximidade média entre os aglomerados urbanos de uma unidade territorial. É obtido através da distância euclidiana “*edge-to-edge*” de um aglomerado urbano ao seu vizinho mais próximo. Aproxima-se de zero à medida que as manchas são mais contíguas e aumenta a medida que a distância média entre os aglomerados aumenta (Costa et al., 2009; FURBS).

¹ Centróide: é um ponto que representa o centro geométrico de um polígono fechado. Se o polígono apresenta uma forma muito irregular, o seu centro geométrico pode estar localizado fora do perímetro da sua área. Neste caso em particular definiu-se a localização do centróide no interior do polígono (opção “*inside*”).

Tabela 3 – Métricas espaciais de quantificação da morfologia urbana

	<p>Índice de percentagem de ocupação urbana</p>
	$\frac{\sum_{i=1}^n area_i}{AT} \times 100$ <p>area_i: área da mancha urbana i AT: Área total do município Unidade: % Intervalo de variação: 0 < POCUP < 100</p>
	<p>Índice do número de manchas por km²</p>
	$\frac{\sum_{i=1}^n n}{AT}$ <p>n = nº de manchas urbanas do concelho AT: Área total do município Unidade: Nº/Km² Intervalo de variação: NMKM2 > 0</p>
	<p>Índice de compactidade média</p>
	$\frac{\sum \left(\frac{p_i}{2\pi \times \sqrt{\frac{area_i}{\pi}}} \right)}{n}$ <p>area_i: área da mancha urbana i p_i: perímetro da mancha urbana i n: número de manchas urbanas Unidade: sem dimensão Intervalo variação: COMP > 1</p>
<p>Continua na página seguinte</p>	

Continuação da página anterior.



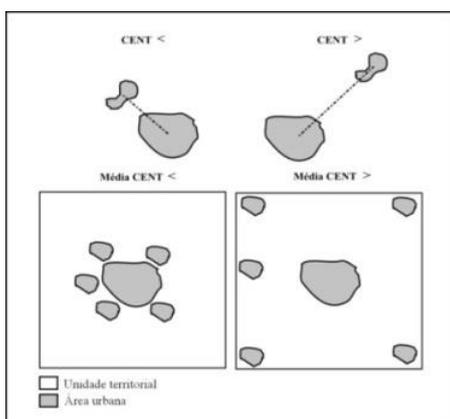
Índice de proximidade média

$$\frac{\sum_{i=1}^n dist_i}{n}$$

dist_i: distância euclidiana (*edge-to-edge*) da mancha urbana *i* ao seu vizinho mais próximo

Unidade: metros

Intervalo variação: PROX > 0



Índice de centralidade média

$$\frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^n dist_i}{R}\right)}{n}$$

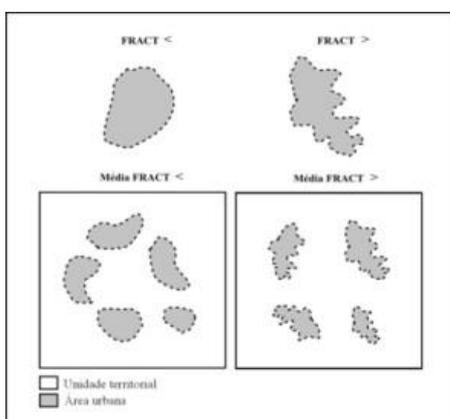
dist_i: distância do centróide da mancha urbana *i* à sede do município

R: Raio do círculo com a área igual à área total do município

n: número de manchas urbanas do município

Unidade: metros

Intervalo de variação: CENT > 0



Índice de dimensão fractal média

$$\sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{2 \ln\left(\frac{p_i}{2\sqrt{\pi}}\right)}{\ln area_i} \right) \times \left(\frac{area_i}{\sum_{i=1}^n area_i} \right) \right]$$

area_i: área da mancha urbana *i*

p_i: perímetro da mancha urbana *i*

n: número de manchas urbanas

Unidade: sem dimensão

Intervalo variação: 1 ≤ FRACTAL ≤ 2

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2009), com base em MacGarigal & Marks (2002) e Huang et al. (2007).

3. O EFEITO DA DISPERSÃO URBANA SOBRE OS CUSTOS DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO

Atualmente a dispersão urbana tornou-se uma questão de grande preocupação não só por causa da intensidade do processo, mas pelo grande impacto ambiental, social e económico causado nas sociedades (Hortas-Rico e Solé-Ollé, 2008).

A expansão dispersa das cidades tem diferentes repercussões no meio humano e ambiental. No relatório publicado pela Agência Europeia do Ambiente em 2006, são mencionadas inúmeras consequências ambientais e socio-económicas resultantes do impacto negativo causado pelo desenvolvimento disperso das áreas urbanas, nomeadamente, sobre os recursos naturais e energéticos, a emissão de CO₂, a degradação dos habitats naturais e ecossistemas protegidos, o isolamento e exclusão social, condições de deslocação e acessibilidade das populações, o aumento do custo de vida e das condições de saúde e bem-estar. Associam-se a estes os impactos relativos ao provimento de infraestruturas urbanas e os gastos com os serviços públicos (Carruthers e Ulfarsson, 2003; Trubka et al., 2009; Hortas-Rico, 2010).

Para fins da análise de custos, cabe antes de mais, esclarecer o próprio conceito de “custo”. Pode-se considerar o “custo” como um recurso físico, monetário, temporal, social ou psicológico, despendido na produção de determinado bem ou serviço, geralmente num referencial monetário. No âmbito urbano o “custo” compreende todas as despesas, públicas ou privadas, que se façam necessárias para dotar as áreas urbanas de infraestruturas que permitam o seu melhor funcionamento.

A infra-estrutura urbana pode ser entendida como *“um sistema técnico de equipamentos e serviços necessários ao desenvolvimento das funções urbanas, podendo estas funções serem vistas sob o aspecto social, económico e institucional”* (Figueiredo, 2009).

O funcionamento da infra-estrutura urbana é viabilizado pela parte física dos sistemas, as redes de infra-estrutura, cujos custos são influenciados por diversos factores tais como como o tipo de traçado, área, forma e declive do terreno, e a densidade de urbanização (tabela 4). O tipo de traçado é o factor que apresenta maior impacto no custo das redes uma vez que este é influenciado pelo desenho do sistema viário. (Figueiredo (2009) cita Mascaró (1979 e 1987) e Abiko et al. (2003)).

Tabela 4 – Influência dos diversos factores no custo das redes de IE urbanas por área urbanizada.

Rede	Tipo de traçado	Área do terreno	Forma do terreno	Densidade de urbanização	Declive do terreno
Água	A ⁽¹⁾	B ⁽²⁾	(-)	C	(-)
Esgoto	A ⁽³⁾	C	(-)	(-)	B ⁽⁴⁾
Drenagem	(-)	A	B ⁽⁵⁾	(-)	B ⁽⁶⁾
Pavimentação	A ⁽¹⁾	(-)	(-)	(-)	A ⁽⁷⁾
Energia eléctrica e iluminação	A ⁽¹⁾	C	(-)	(-)	(-)

Legenda: A – alta influência; B – média influência; C – baixa influência; (-) insignificante / não detectada / não estudada / não conclusiva.

Notas:

- (1) Quanto maior a extensão do traçado, maior o custo da rede para a mesma população.
- (2) Os custos aumentam muito para as áreas grandes (acima de 400 ha) e medianamente para áreas menores.
- (3) Quanto menor o tamanho do quarteirão, maior o custo da rede.
- (4) Os custos aumentam quanto o declive é inferior a 1% e superior a 7%.
- (5) Quanto mais alongada a bacia, maior o custo da rede.
- (6) Até 4% de declive os custos diminuem, mas também podem - dentro de certos limites – diminuir, dependendo das condições do solo, tráfego e das alternativas tecnológicas disponíveis.

Fonte: Figueiredo (2009), com base em de Mascaró (1979 e 1987) e Abiko et al. (2003).

Uma vez que a dispersão urbana apresenta longas redes de infraestruturas para baixos índices de atendimento, os efeitos da economia de escala presentes nas aglomerações mais compactas não são reflectidos, uma vez que, em princípio, pode-se assumir que quanto maior for o atendimento menor são os custos individuais de utilização das redes (Mancini, 2008 e Litman, 2011).

Deste modo, a dispersão urbana interfere directamente nos custos associados à instalação, manutenção e expansão das redes de infra-estrutura. A dispersão das áreas urbanas promove a crescente expansão das suas redes para servir relativamente poucos habitantes, em vez de promover a optimização das

redes já existentes, acarretando um aumento contínuo das despesas públicas no provimento das infraestruturas urbanas e altos custos de investimento “*per capita*”. (Carruthers e Ulfarsson, 2003; Mancini, 2008; Figueiredo, 2009).

Para além da dispersão urbana do território, outro aspecto que influencia o custo das infraestruturas urbanas é a densidade populacional, representada como o número total da população de uma área, expressa em habitantes por unidade de território. Elevadas densidades populacionais demonstram uma maior eficiência de utilização das infraestruturas urbanas. Em contraponto, a baixa densidade populacional, característica da dispersão urbana, aumenta os custos de implementação das infraestruturas urbanas, com consequente aumento das despesas públicas locais e elevação dos custos “*per capita*” (Carruthers e Ulfarsson, 2003; Nakamura e Masanori, 2008; Hortas-Rico e Sollé-Ollé, 2008; Trubka et al., 2009; Hortas-Rico, 2010; Litman, 2011).

As elevadas densidades populacionais podem acarretar problemas de saturação das redes de infraestruturas e a degradação da qualidade de vida das populações. As consequências podem ser observadas ao nível dos diferentes sistemas urbanos como o tráfego, drenagem, abastecimento e drenagem de águas, que rapidamente ficam obsoletos.

No caso dos sistemas de abastecimento de água e drenagem/tratamento de águas residuais, o aumento da densidade populacional proporciona uma melhor utilização dos mesmos na medida em que é necessário um menor comprimento de rede para servir um maior número de utilizadores. Por outro lado, uma baixa densidade populacional permite a adopção de soluções técnicas mais flexíveis, assentes em bases financeiras mais adequadas (Mancini, 2008).

O sistema de abastecimento é composto na sua grande maioria pela captação, adução, tratamento, e distribuição. O sistema de drenagem e tratamento de águas residuais, geralmente designado de sistema de esgotos, é composto pela redes de esgotos sanitários, ligações prediais, caixas de visita, estações elevatórias e de tratamento (Dias, 2010).

Quanto ao sistema de recolha de resíduos urbanos, as densidades populacionais mais elevadas facilitam concentração e a recolha dos resíduos. Em contrapartida, as baixas densidades em locais dispersos obrigam a maiores

deslocações para atender a um menor número de pessoas (Carruthers e Ulfarsson, 2003).

O sistema de gestão dos resíduos urbanos é dividido em quatro fases, na primeira fase decorre a recolha (indiferenciada e selectiva) e o transporte dos resíduos, na segunda fase a triagem, operação de selecção dos resíduos passíveis de serem valorizados, na terceira fase a valorização dos resíduos através da sua reciclagem e finalmente dá-se a eliminação dos resultantes das operações (RASARP, 2010).

Presume-se que a ocupação dispersa do território é um padrão de desenvolvimento pouco sustentável, que acarreta um aumento do custo dos serviços básicos para os consumidores e para a sociedade.

4. CASO DE ESTUDO – MUNICÍPIOS DE PORTUGAL CONTINENTAL

Para compreender o impacto da dispersão urbana nos custos com os serviços de saneamento nos municípios de Portugal Continental é necessário compreender a variação da demografia e da ocupação urbana, bem como a evolução do sector das águas e resíduos no território nacional.

4.1 A ocupação dispersa nos municípios de Portugal Continental

Os padrões urbanos de ocupação do território português alteraram-se significativamente ao longo do último século. Portugal passou de uma sociedade essencialmente rural a uma sociedade predominantemente urbana. Esta profunda modificação da base económica e cultural da organização social do país foi acompanhada pelo acentuar da concentração litoral das actividades e da população. Movimento a que correspondeu um progressivo recuo do povoamento das áreas rurais, em especial das mais interiores, ainda que acompanhado do reforço das principais cidades médias (DGOTDU, 2011).

O crescimento urbano, em particular o crescimento das áreas de baixa densidade, é um fenómeno de expressão crescente em Portugal. As políticas de ordenamento urbano e os instrumentos de gestão territorial tem procurado, cada vez mais, mitigar os efeitos negativos dessa expansão através orientações que promovam o desenvolvimento de formas urbanas mais compactas e canalizadas para o desenvolvimento de núcleos urbanos mais consolidados (DGOTDU, 2011).

As dinâmicas demográficas ocorridas nas últimas décadas mostram um fenómeno de êxodo rural e concentração urbana. Apesar do aumento da população residente no território nacional, entre 1991 e 2011, mais de metade dos municípios do continente (163) viu a sua população reduzida, em especial os municípios do interior do País, onde os fluxos populacionais originaram um êxodo massivo das populações do interior rumo às sedes de distrito e às regiões litorais. A Figura 1 mostra o contraste marcante da dinâmica populacional ocorrida no território

português nas duas últimas décadas. No interior do País a dinâmica da população evidencia uma tendência concentrada e pontual, com o aumento da população nos municípios capital de distrito em detrimento dos concelhos envolventes. Por outro lado, as regiões litorais registaram um aumento populacional, em especial nos municípios limítrofes às zonas metropolitanas do Porto e Lisboa, sendo ainda de registar Braga, Leiria, Loulé e outros municípios do Algarve.

A Figura 2 mostra a variação da densidade populacional por freguesias entre 1991, 2001 e 2011. As freguesias que registram o maior aumento da densidade populacional nas últimas décadas estão localizadas na região de Lisboa, freguesia de Socorro com um aumento 3074hab/km², seguido da freguesia de Fraião, no município de Braga, com um aumento de 2020hab/km². Nos municípios do interior do país é notório a migração da população das freguesias limítrofes para as proximidades das sedes de concelho.

Verifica-se assim que grande parte do território nacional apresenta um povoamento urbano de baixa densidade populacional, fragmentado e descontínuo, sobretudo nas zonas periurbanas e/ou rurais, que potenciam, cada vez mais, as problemáticas associadas ao fenómeno da dispersão urbana.

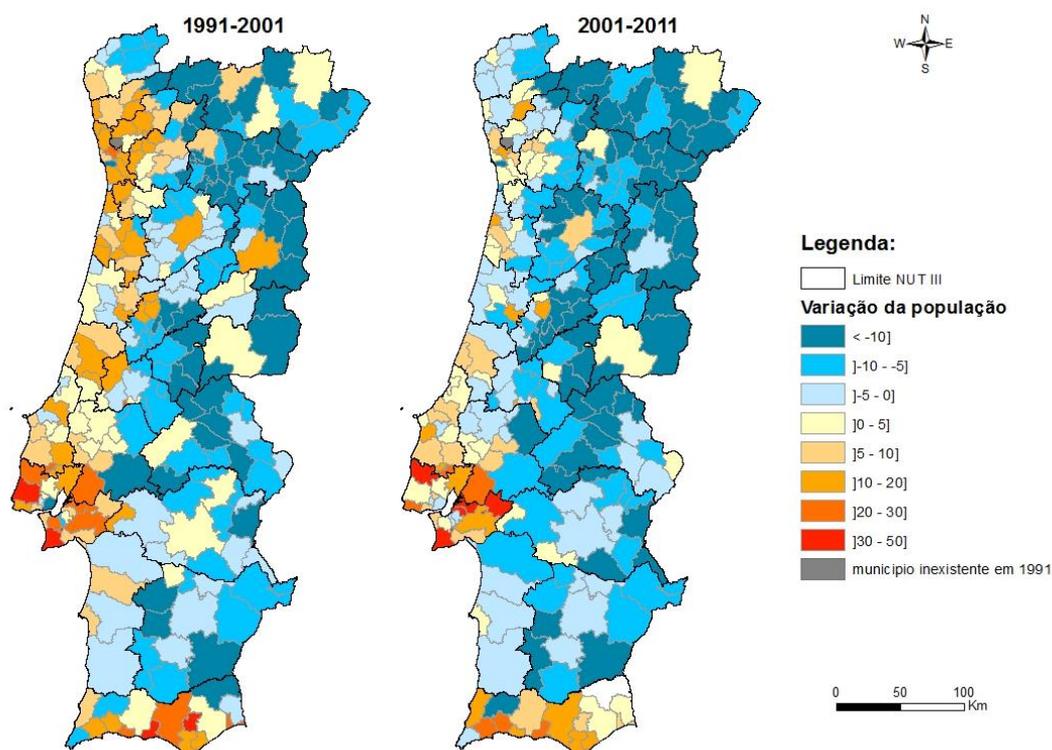


Figura 1 – Mapa da taxa de variação da população residente entre 1991 e 2011.

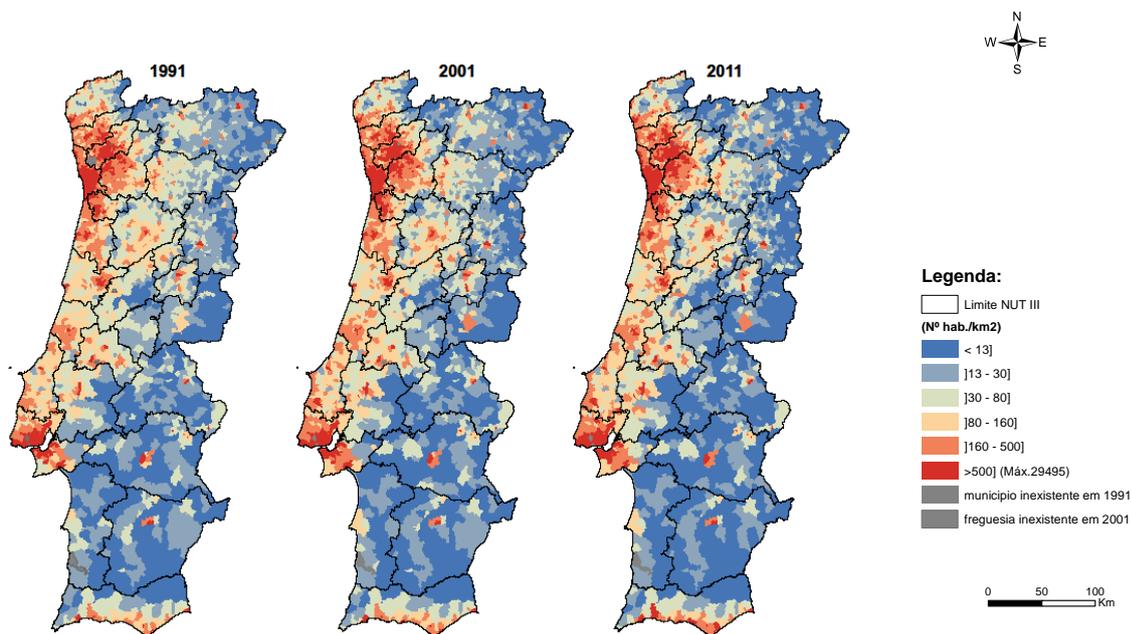


Figura 2 – Mapa da densidade populacional em 1991, 2001 e 2011.

Apesar das diferentes dinâmicas populacionais existentes no território, o recenseamento à população e à habitação confirmam que, nas últimas décadas, a taxa de crescimento de alojamentos e edifícios foi sempre muito superior à taxa de crescimento demográfico.

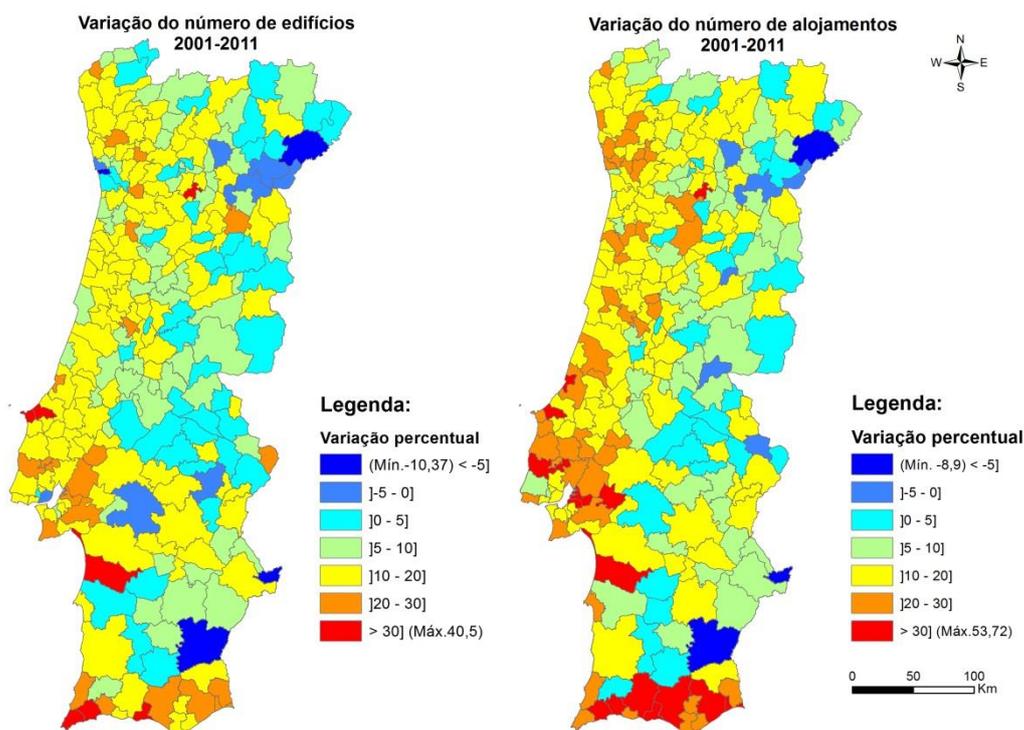


Figura 3 – Mapa da taxa de variação do número de edifícios e alojamentos entre 2001 e 2011.

Na última década, o crescimento do parque habitacional, nomeadamente do número de edifícios² e alojamentos³, ocorreu de forma distinta entre a região litoral e interior do país. Os municípios litorais do Porto, Matosinhos e Lisboa apresentam uma diminuição do número de edifícios e um aumento substancial do número de alojamentos, indicando que nestes municípios a população vive cada vez mais de forma concentrada. Por outro lado, nas regiões do interior do país o parque habitacional desenvolve-se de forma pontual, essencialmente nos municípios capital de distrito (figura 3).

A Agência Europeia do Ambiente (2006) refere que Portugal teve um dos mais rápidos aumentos do desenvolvimento urbano na União Europeia, essencialmente centrado em torno de duas grandes áreas metropolitanas: Lisboa e Porto, ao longo da costa de Lisboa/Setúbal e Porto/Viana do Castelo e, mais recentemente, ao longo da costa do Algarve. Em 2000, 50% das áreas urbanas de Portugal Continental foram localizadas dentro do limite de 13 km da costa, numa área que representa apenas 13% da área total do território.

Na Figura 4 é possível observar a tendência da maior urbanização das zonas costeiras do território continental, em especial nas regiões metropolitanas de Lisboa e Porto. Apesar da maior urbanização do litoral, os municípios do interior também mostram um aumento da área urbana, que ocorre de forma pulverizada e irregular. Através da análise da carta de ocupação do solo (COS) para Portugal Continental, verifica-se que entre 1990 e 2007 houve um aumento de 1,58% da ocupação territórios artificializados no território continental, passando-se de 286227ha em 1990 (fonte COS1990, estimativa com excepção das cartas militares não publicadas nºs: 402a, 522, 523 e 524) para 426723ha em 2007 (fonte: COS2007).

² **Edifício:** Construção permanente, dotada de acesso independente, coberta e limitada por paredes exteriores ou paredes-meias que vão das fundações à cobertura e destinada à utilização humana ou a outros fins.

³ **Alojamento:** Local distinto e independente que, pelo modo como foi construído, reconstruído, ampliado, transformado ou está a ser utilizado, se destina a habitação com a condição de não estar a ser utilizado totalmente para outros fins no momento de referência: por distinto entende-se que é cercado por paredes de tipo clássico ou de outro tipo, é coberto e permite que uma pessoa ou um grupo de pessoas possa dormir, preparar refeições ou abrigar-se das intempéries separado de outros membros da colectividade; por independente entende-se que os seus ocupantes não têm que atravessar outros alojamentos para entrar ou sair do alojamento onde habitam (INE, 2011).

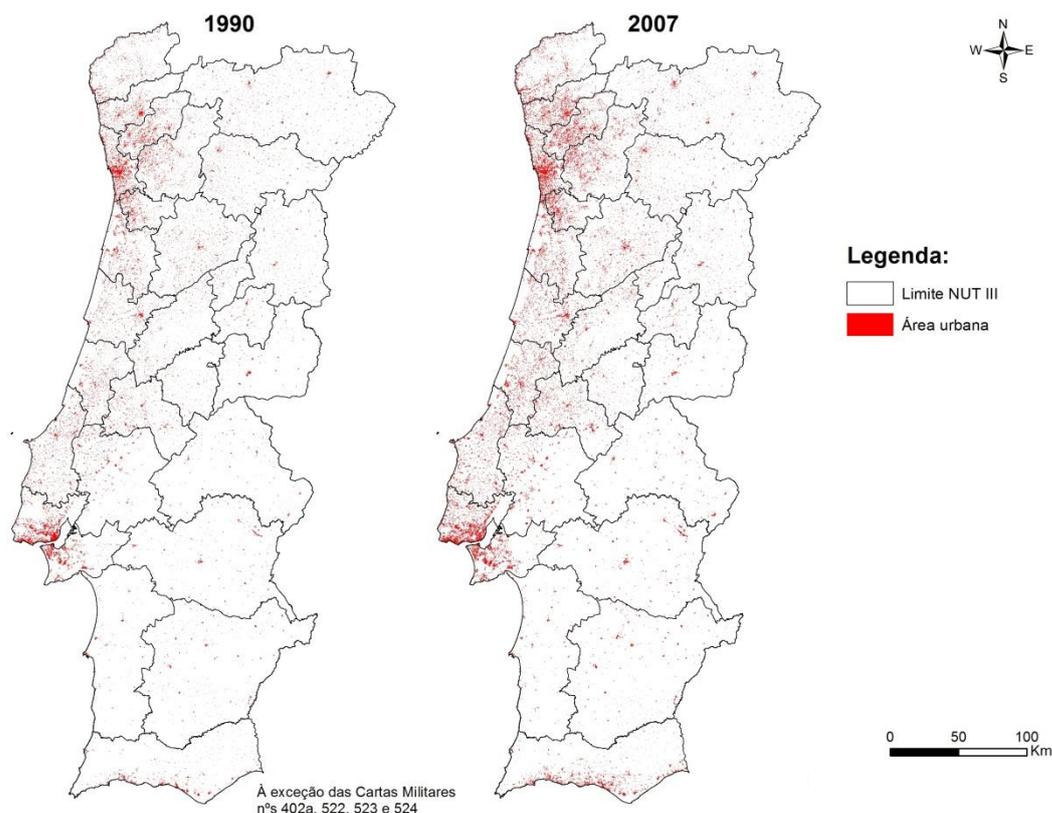


Figura 4 – Mapa de ocupação dos territórios artificializados em 1990 e 2007 em Portugal Continental.

4.2. A Carta de Ocupação do Solo para Portugal Continental

“A Cartografia de Ocupação do Solo (COS) tem como principal função a disponibilização de informação geográfica de ocupação/uso do solo de grande escala, para Portugal Continental, e constitui uma fonte de informação para a produção de análises geo-estatísticas de apoio à decisão, através das quais é possível perceber, com base em diferentes escalas temporais, o resultado das políticas desenvolvidas, nomeadamente ao nível dos seus impactes na agricultura, floresta, ambiente, ordenamento, emprego, e mais um sem fim de sectores estruturantes da economia Portuguesa. O elevado detalhe temático e espacial da informação fornecida pela COS permite a sua aplicação a estudos ao nível regional e local” (Caetano et al., 2008).

A COS é um produto de âmbito nacional desenvolvido pelo Instituto Geográfico Português (IGP) que conta com duas edições para os anos de 1990 e 2007. A última edição COS 2007 introduziu uma série de alterações ao nível das especificações técnicas em relação ao seu produto anterior COS90. As principais alterações nas especificações técnicas prenderam-se com a adopção de uma nova nomenclatura, critérios de controlo de qualidade temática e geométrica e com a utilização de um sistema de referência standard internacional. A qualidade da informação produzida, caracterizada por um maior detalhe temático espacial permite a sua aplicação ao nível regional e local.

A COS é um produto cartográfico em formato vectorial, desenvolvido a partir da interpretação e classificação de imagens aéreas. Os dados de base para a sua produção são imagens aéreas orto-rectificadas, com uma resolução espacial de 0,5 m e 4 bandas espectrais (no visível e infravermelho próximo), recolhidas em 2007, a partir das quais foi efectuada a interpretação visual. As características das imagens de aéreas orto-rectificadas são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 5 – Características das imagens aéreas orto-rectificadas utilizadas na produção da COS2007.

Direitos de propriedade	IGP
Câmara	Norte – Ultracam; Sul – DMC
Altura do voo	Aproximadamente 5800m
Formato das imagens	TIFF
Seccionamento de cada orto-imagem	4 km x 5 km
Resolução espacial	0,5 m no terreno
Resolução radiométrica	8 bits por banda
Resolução espectral	4 Bandas: Azul, Verde, Vermelho e Infravermelho próximo
Sistema de georreferência	ETRS89/PT-TM06
Data das imagens aéreas	2007-07-21 a 2007-10-09

Fonte: Memória descritiva COS2007

Para a delimitação das classes de ocupação/uso do solo a unidade mínima cartográfica definida para a COS2007 é de 1ha, onde um polígono representa uma unidade homogénea, e corresponde a qualquer área de terreno superior ou igual à unidade mínima cartográfica. Desta forma, uma ocupação/uso do solo descrita na nomenclatura representa uma área igual ou superior a 75% do polígono onde está incluída, independentemente de poderem existir também áreas de outras ocupações e desde que estas representem menos de 25% do polígono a gerar. As especificações técnicas de produção da COS2007 são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 – Especificações técnicas da COS2007.

Modelo de dados	Vectorial
Estrutura dos dados	Polígonos
Unidade Mínima Cartográfica (UMC)	1 ha
Distância mínima entre linhas	20 m
Largura mínima entre linhas	20 m
Sistema de georeferência	ETRS89/PT-TM06
Elipsóide	GRS80
Projecção	Transversa de Mercator
Origem das coordenadas rectangulares – Latitude	39° 40' 05",73 N
Origem das coordenadas rectangulares – Longitude	08° 07' 59",19 W
Falsa origem das coordenadas rectangulares	$\Delta X = 0$ m e $\Delta Y = 0$ m
Nomenclatura	Nomenclatura hierárquica com cinco níveis de detalhe e 193 classes no 5º nível
Exactidão temática	$\geq 85\%$
Exactidão posicional	Melhor ou igual a 5,5 m
Dados de base	Imagens aéreas ortorretificadas de 2007
Referência de delimitação administrativa	Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP), versão 2008.1

Fonte: Memória descritiva COS2007

4.3. Enquadramento do sector das águas e resíduos em Portugal

“O sector das águas e resíduos é considerado como serviço público essencial e que contribui significativamente para o desenvolvimento económico e social do País, tanto pela capacidade de gerar actividade económica e, consequentemente, de criar emprego e riqueza, como pela crescente melhoria que tem conferido às condições de vida da população” (RASARP, 2010).

Atualmente, em Portugal, os serviços de águas e resíduos são classificados segundo a designações de alta e baixa, consoante as actividades realizadas pelas várias entidades gestoras. Esta classificação advém da criação dos sistemas multimunicipais, responsáveis pelo sistema em alta, e dos sistemas municipais, responsáveis pelo sistema em baixa, responsáveis pelas diversas actividades do sector (Paranhos, 2010).

4.3.1. O sector das águas

As primeiras décadas do séc. XX foram marcadas por processos de regulação das condições sanitárias que procuravam orientar os serviços de abastecimento e saneamento para as actividades autárquicas. Até meados da década de 90 os investimentos no sector mantiveram-se essencialmente sob atribuição do Estado. Com a entrada de Portugal para a Comunidade Europeia foram criadas condições financeiras que permitiram efectivar o investimento no sector e modificar a estratégia com os principais objectivos de melhorar a cobertura e a qualidade de serviço prestado aos cidadãos. A partir de 1993 foram adoptadas soluções institucionais do tipo empresarial, através da concessão dos sistemas a empresas concessionárias, resultantes de parcerias entre o Estado e os municípios do espaço geográfico abrangidos pelo sistema, tendo sido criados diversos instrumentos legais que regulam as actividades no sector, sendo de salientar:

- Despacho Conjunto A-75/94-XII, do Ministro das Finanças e da Ministra do Ambiente, de 26 de Janeiro, regula a concessão dos sistemas as empresas;
- Lei nº 58/98, de 18 de Agosto, regulamenta a criação de empresas municipais, intermunicipais e regionais;
- Decreto-Lei nº 362/98, de 18 de Novembro, com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei nº 151/2002, de 23 de Maio, aprovação do estatuto do IRAR;
- Lei nº 159/99, de 14 de Setembro, concretiza os princípios de descentralização administrativa e da autonomia do poder local, estabelecendo o quadro de transferências de atribuições e competências para as autarquias locais;
- Decreto-Lei nº 230/07, de 30 de Agosto, criação do Instituto Regulador de Águas e Resíduos, com atribuições de regulação desses serviços em Portugal;

A caracterização do sector de águas e resíduos em Portugal mostra uma evolução positiva tendo permitido o acesso generalizado destes serviços à quase totalidade da população portuguesa (figura 5). A realidade nacional do sector é hoje

balizada em diversos estádios de desenvolvimento, com níveis de serviço muito diferenciados, que apresentam ainda alguma falta de capacitação e de recursos humanos que promovam maior eficácia e eficiência dos sistemas (RASARP, 2010).

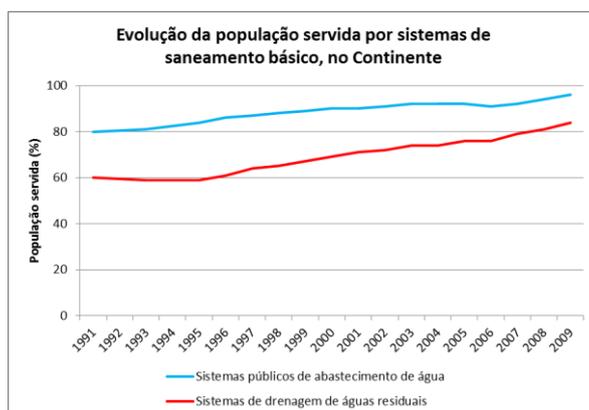


Figura 5 – Evolução da população servida por sistemas de saneamento básico, no Continente (Fonte: INE).

Entre 1995 e 2009 houve um aumento do nível de população servida por sistemas de abastecimento de água para valores muito próximos ao 100%, em especial na região Norte do País, 74% da população abastecida por estações de tratamento de água e 26% por postos de cloração (figura 6).

A evolução da taxa de população servida por sistemas de drenagens e tratamento de águas residuais ocorre de forma mais diversificada, com valores que variam entre os 46% na NUTIII Entre Douro e Vouga e os 97% na região de Grande Lisboa. Da população servida por de instalação de tratamento de águas residuais, 96% é servida por estações de tratamento de águas residuais e 4% por fossas cépticas colectivas (figura 7).

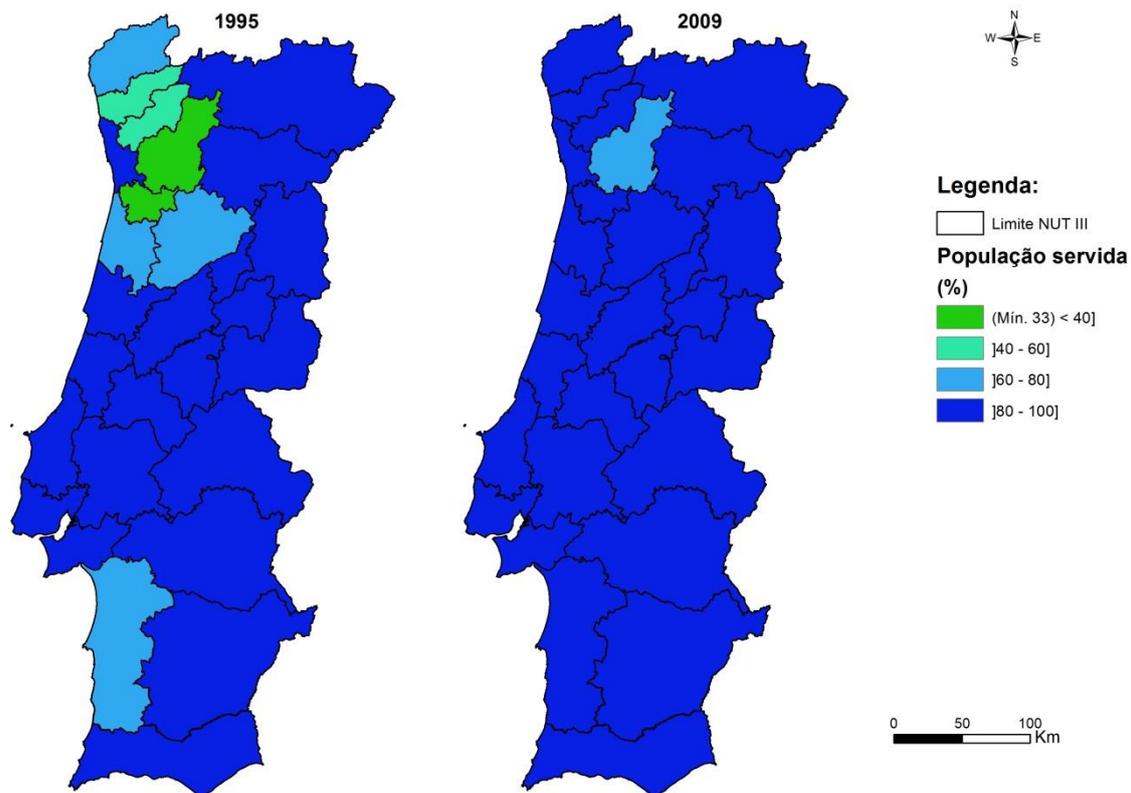


Figura 6 – Mapa da população servida por sistemas de abastecimento de água em 1995 e 2009.

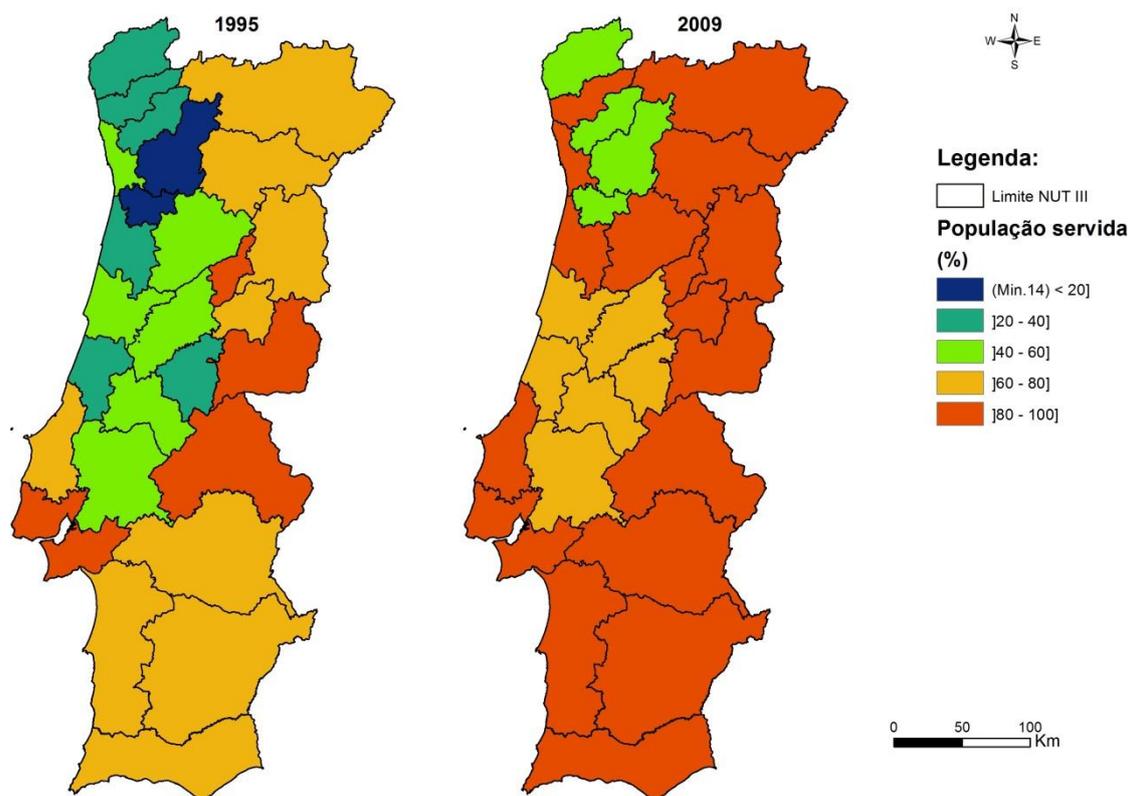


Figura 7 – Mapa da população servida por sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais.

A obtenção de nível mais adequados de serviços seguida na estratégia nacional do sector, nomeadamente no Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais, o PEAASAR II 2007-2013, preconiza a optimização dos modelos de gestão assente em soluções institucionais de gestão do tipo empresarial e reconfigura os sistemas através de fusões entre sistemas vizinhos que configuram economias de escala e de gama ou mais-valias ambientais.

Atualmente coexistem diversos agentes do sector. Ao nível da administração pública ficam a cargo as funções de regulação legislativa e ambiental do sector. A responsabilidade pelo fornecimento dos serviços é dividida entre o Estado e os Municípios, sendo o Estado responsável pelos sistemas multimunicipais e os municípios pelos sistemas municipais. As entidades gestoras responsáveis pelos serviços nos sectores das águas e resíduos compreende os serviços municipais, serviços municipalizados, associações de municípios, empresas municipais, empresas intermediárias, concessionárias municipais e multimunicipais (RASARP, 2010).

Os sistemas de águas e resíduos são classificados segundo o nível das actividades grossista e retalhista exercidas no sector, respectivamente, como sistemas em alta e baixa. Os sistemas multimunicipais são responsáveis pela alta enquanto os sistemas municipais pela baixa. No serviço de abastecimento de água os sistemas em alta são encarregues pela captação tratamento e venda da água aos sistemas em baixa, que tem como função distribuição da água aos utilizadores. Já no serviço de saneamento de águas residuais, as actividades de recolha e drenagem das águas compreendem o sistema em baixa, enquanto as actividades de tratamento e eliminação dos resíduos resultantes representam o sistema em alta.

Os custos associados ao sistema de abastecimento de água englobam os investimentos e os custos de gestão e exploração. Os investimentos realizados no sector das águas, em alta e em baixa, são fortemente dependentes de apoios comunitários, com especial enfoque no III Quadro Comunitário de Apoio - QRENIII. Segundo o INSAAR 2010, “os investimentos realizados têm um comportamento cíclico e ligeiramente desfasado dos ciclos dos quadros de apoio comunitário, nomeadamente QCAII (1994 – 1999), QCAIII (2000 - 2006) e QREN (2007 – 2013)” (figura 8 e 9).

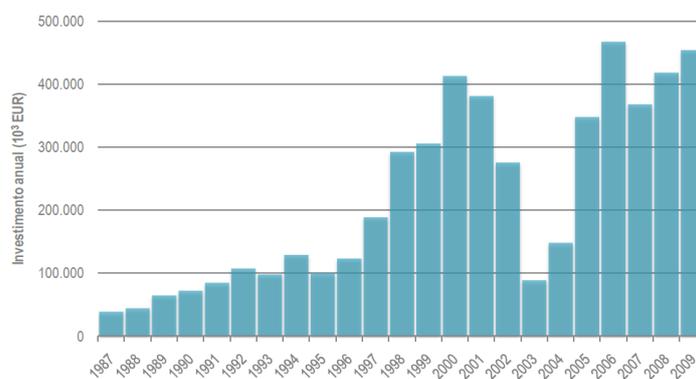


Figura 8 – Investimento realizado (excepto em barragens). Abastecimento de água – Continente – 1987 a 2009 (Fonte: INSAAR, 2010).

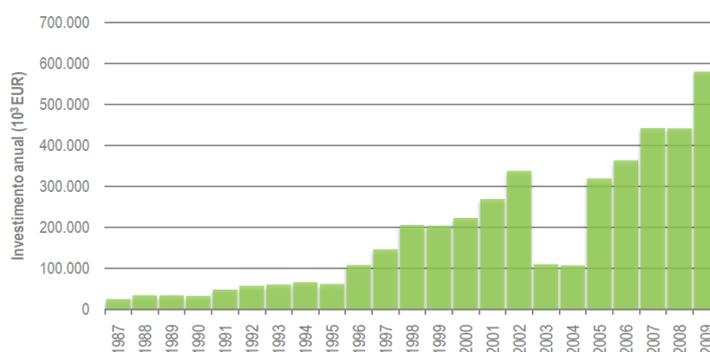


Figura 9 – Investimento realizado. Drenagem e tratamento de águas residuais – Continente – 1987 a 2009. (Fonte: INSAAR, 2010)

No sistema de abastecimento os custos de exploração e gestão totais correspondem aos custos com a operação e manutenção das infraestruturas associadas aos serviços de abastecimento de água. Estes custos incluem custos com facturação, leitura de contadores, atendimento ao cliente, contribuições, taxas e outros. No que diz respeito ao sistema de saneamento, os custos de exploração e gestão correspondem aos custos com a operação e manutenção das infraestruturas associadas aos serviços de drenagem e tratamento de águas residuais.

Ao nível das receitas, os proveitos totais do serviço de abastecimento de água correspondem ao somatório dos proveitos resultantes da aplicação do tarifário aos consumidores da água e de outros proveitos relacionados com a prestação do serviço (por exemplo: colocação de contadores e execução de ramais de ligação, entre outros). No sector das águas residuais, os proveitos totais do serviço de

drenagem e tratamento de águas residuais correspondem ao somatório dos proveitos resultantes da aplicação do tarifário aos consumidores de água ligados ou não à rede de drenagem de águas residuais e de outros proveitos relacionados com a prestação do serviço (por exemplo: vistorias e ensaios e desobstrução da rede de esgotos, entre outros) (INSAAR, 2010).

Para além da optimização dos modelos de gestão, um dos maiores desafios colocados ao sector prende-se com a sustentabilidade dos serviços, entendida como o incremento da produtividade e da eficácia, em coordenação as políticas de desenvolvimento local. A melhoria dos sistemas deve assegurar a universalidade, continuidade e qualidade do serviço prestado a um preço justo e adaptado ao poder de compra dos consumidores. As principais medidas que permitem garantir a sustentabilidade do sistema são o cumprimento dos objectivos decorrentes dos normativos nacionais e comunitários de protecção do ambiente e saúde pública, a contribuição para a dinamização do tecido empresarial privado nacional e local, a recuperação integral dos custos incorridos dos serviços e a aplicação de tarifas ao consumidor final, a nível nacional, que evoluam tendencialmente para um estado mais compatível com a capacidade económica das populações (Paranhos, 2010).

Deste modo, a sustentabilidade económica dos sistemas aparece como uma questão central para a sustentabilidade do sector e deve ser conseguida através da cobertura integral dos custos de serviços a preços socialmente justos. A esse nível, é referido que “a complexidade do problema tem como resultado que, num número significativo de entidades gestoras, as tarifas praticadas sejam tarifas políticas e estejam em clara dissonância com os princípios de recuperação integral (ou até mesmo substancial) dos custos, pondo em causa a viabilidade e a sustentabilidade futura desses serviços, sendo que uma parte significativa dos custos de investimento, operação e manutenção são suportados pelo contribuinte e não pelo consumidor directo” (Paranhos, 2010).

As políticas tarifárias praticadas em Portugal apresentam uma grande disparidade nos preços praticados pelas diferentes entidades gestoras destes serviços, existem municípios que não cobram qualquer tarifa pelo serviço prestado. Deste modo, a sustentabilidade financeira das entidades gestora permanece como o principal desafio ao sector.

4.3.2. O sector dos resíduos urbanos

O sector dos resíduos sólidos em Portugal segue a mesma política de gestão aplicada ao sector das águas. Actividade de gestão de resíduos sólidos urbanos compreende as actividades em baixa, responsáveis pela recolha e transporte dos resíduos, desempenhadas essencialmente pelos sistemas municipais, e as actividades em alta, que correspondem as actividades de armazenamento, triagem, valorização e/ou eliminação dos resíduos, da responsabilidade dos sistemas multimunicipais.

A produção de resíduos está intimamente relacionada com as práticas de vida das populações, tendo-se transformado nos últimos anos num dos mais importantes desafios ambientais. Em Portugal, a quantidade média de resíduos urbanos recolhidos por habitante passou de 425,4 (kg/hab.ano) em 1991, para 501,4 (kg/hab.ano) em 2010 (figura 10). Atualmente a maior produção de resíduos urbanos verifica-se na região do Algarve (924 kg/hab.ano), enquanto o valor mais baixo verifica-se na região do Pinhal Interior Sul (310 Kg/hab.ano). O aumento da quantidade de resíduos produzidos ressalta a importância do seu reaproveitamento, pois enquanto recurso pode em grande medida contribuir para a substituição de importações de matérias-primas (EA 2010).

A regulamentação dos serviços de resíduos urbanos é concretizada através do Plano Estratégico Nacional para os Resíduos Sólidos Urbanos, nomeadamente o PERSUII 2007-2016. Do mesmo modo que o PERSAARII, este plano preconiza o aumento da eficiência e da eficácia das práticas de gestão de resíduos urbanos, na prossecução de uma optimização global e integrada, e de um cada vez menor recurso à deposição em aterro através da maximização da reciclagem (Paranhos, 2010).

A gestão de resíduos urbanos aposta no investimento em novos equipamentos que promovam o aproveitamento destes resíduos sob a forma de composto ou também designados de adubos orgânicos, com o objectivo de minimizar as emissões de gases de efeito de estufa decorrentes da deposição de resíduos biodegradáveis em aterro (EA 2010).

Atualmente o setor da gestão de resíduos em Portugal permite dar resposta à generalidade das necessidades do país, tendo-se atingindo um nível de quase auto-suficiência (EA, 2010).

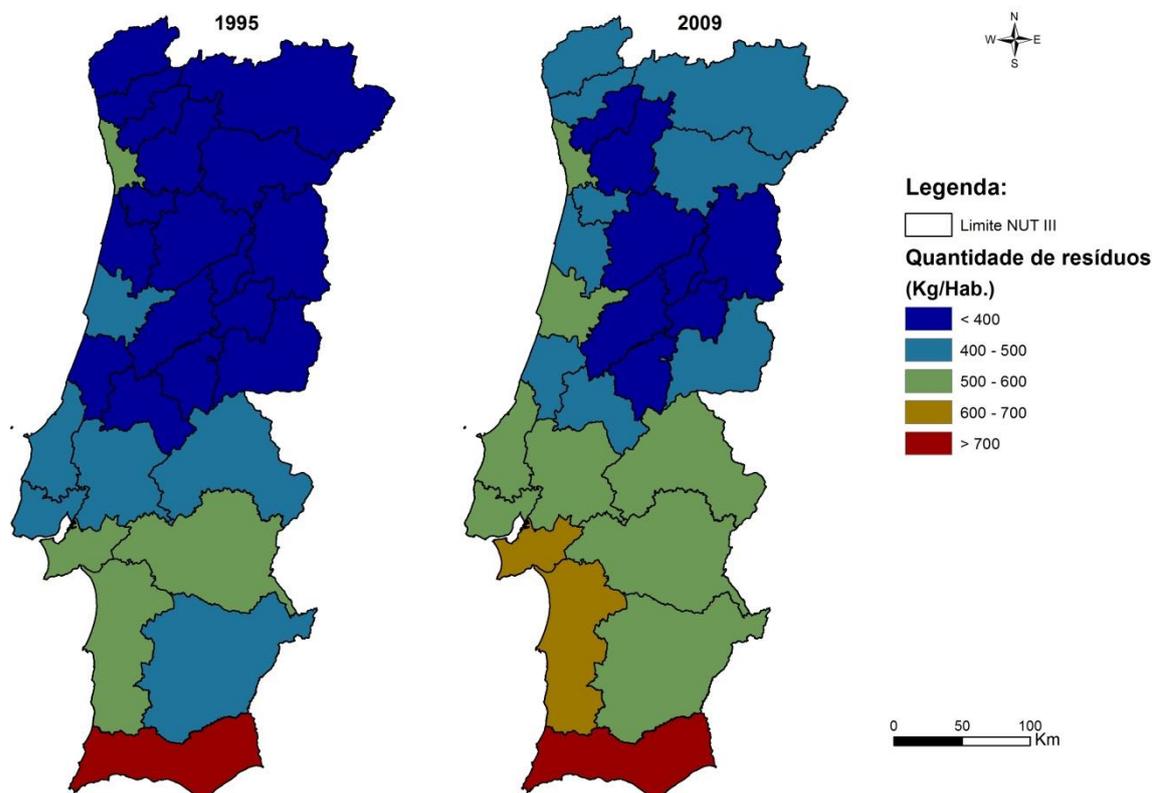


Figura 10 – Mapa da quantidade de RSU produzido por habitante em 2002 e 2010.

Segundo as Estatísticas do Ambiente de 2010, mais de metade dos gastos da Administração Local foi aplicado nas actividades de recolha e transporte de resíduos, incluindo a varredura e limpeza urbana, assegura principalmente pelos serviços municipais e municipalizados.

Apesar da cobertura quase universal que os serviços de resíduos urbanos apresentam em Portugal, verifica-se que a cobrança das tarifas sobre este serviço pelos municípios é muito díspar e frequentemente mostram-se insuficientes para cobrir os custos efectivos da sua prestação, sendo esta uma das fragilidades mais evidentes da política nacional de gestão de resíduos. Tal como sucede com o saneamento de águas residuais, também no sector dos resíduos urbanos existem municípios que não cobram qualquer tipo de tarifa aos consumidores, ressaltando a problemática da sustentabilidade financeira do sector.

5. METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada para o cálculo das métricas de dispersão urbana, bem como a recolha e o tratamento dos dados estatísticos que serviram de base à análise das correlações entre os custos dos serviços de saneamento básico e as métricas de dispersão urbana.

5.1. Delimitação da área urbana

A grande variedade de estudos expostos no capítulo anterior tornam evidente que o desenvolvimento de uma única metodologia que permita quantificar a dispersão urbana, é um processo de difícil consenso. De modo a superar essa dificuldade decidiu-se por utilizar a informação nacional de cariz oficial, nomeadamente a série cartográfica da carta de ocupação do solo, para o ano de 2007.

Apesar da informação da COS apresentar um nível de desagregação muito detalhado, cinco níveis de sub-classes, apenas o nível 1 e 2 são gratuitos. Uma vez que a aquisição da informação de níveis superiores é muito onerosa, optou-se por utilizar o nível 2 de desagregação da COS2007.

Para quantificar os parâmetros de dispersão urbana do território nacional foram seleccionadas as classes da COS2007 designadas de territórios artificializados, abaixo descritas, a qual passa-se adiante a designar de “área urbana”.

- **Territórios artificializados (classe 1):** Nesta classe são consideradas as superfícies artificializadas ou ajardinadas, destinadas a actividades relacionadas com as sociedades humanas. Esta classe inclui áreas de tecido urbano, áreas industriais, áreas comerciais, rede rodoviária e ferroviária, áreas de serviços, jardins ou parques urbanos e equipamentos culturais e de lazer.

- **Tecido urbano (sub-classe 1.1):** Consiste essencialmente em zonas construídas de tipologia urbana (casas, edifícios, áreas de estacionamento, logradouros, etc.). Estas zonas podem ser classificadas em áreas de tecido urbano contínuo e tecido urbano descontínuo.
- **Áreas de extracção de inertes, áreas de deposição de resíduos e estaleiros de construção (sub-classe 1.3):** Nesta categoria estão abrangidas as áreas artificializadas principalmente ocupadas por actividades extractivas, estaleiros de construção, zonas de deposição de resíduos e áreas associadas a todas estas actividades. Inclui ainda pedreiras, extracção mineira, aterros, lixeiras, etc.
- **Espaços verdes urbanos, equipamentos desportivos, culturais e de lazer, e zonas históricas (sub-classe 1.4):** Esta classe engloba as áreas artificializadas ou áreas naturais aproveitadas para uso recreativo e de lazer, incluem ainda os parques verdes urbanos, equipamentos de desporto e de lazer, cemitérios, equipamentos culturais, etc.

Refere-se ainda que a classe correspondente a designação indústria, comércio e transportes (classe 1.2) não foi considerada por conter informação sobre as redes de transporte. Para o nível de detalhe deste estudo, a inclusão das redes de transporte provocaria grandes distorções nas métricas a calcular.

Para a selecção das áreas urbanas dos municípios foram utilizadas as ferramentas “*Select by attribute*”, “*Export*”, “*Dissolve*”, “*Intersect*” e “*Split*”, de acordo com o fluxograma abaixo apresentado.

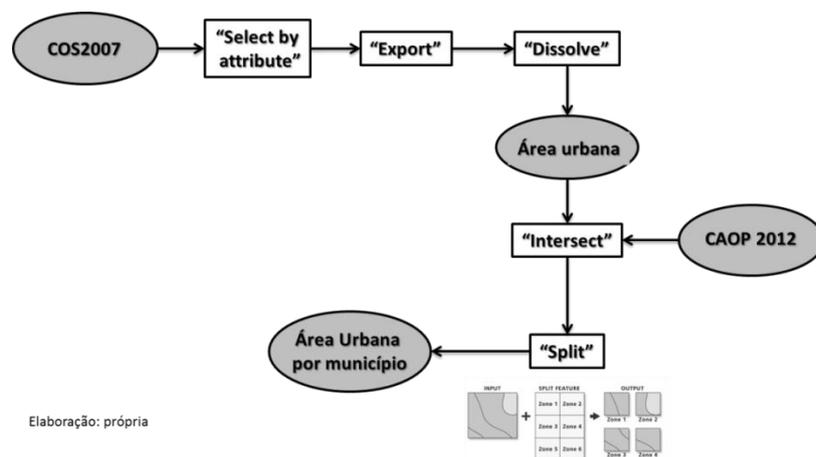


Figura 11 – Fluxograma de selecção das áreas urbanas dos municípios

5.2. Cálculo das métricas de dispersão urbana

Após a selecção da área urbana, seguiu-se a quantificação da sua dispersão através das métricas espaciais. A metodologia aplicada pretende calcular as seis métricas espaciais apresentadas na pág. 13, Tabela 3.

A metodologia foi desenvolvida em duas fases. A primeira fase prendeu-se com a criação de um modelo semiautomático para a obtenção dos resultados ao nível geográfico das manchas urbanas de cada município. A segunda fase passou por proceder a agregação dos resultados ao nível nacional e procedeu-se ao cálculo das métricas de dispersão urbana ao nível municipal.

Foram utilizadas 278 *shapefiles* (278 municípios do território continental) contendo uma média de 154 polígonos por município, num total de 42747 polígonos correspondentes aglomerados urbanos. No cálculo das métricas de dispersão urbana foram obtidos como resultados de saída 1668 valores de dispersão urbana (6 métricas espaciais x 278 municípios).

Para o cálculo das métricas espaciais ao nível da mancha recorreu-se à rotina “*Model Builder*” do ArcGIS (figura 12). Este interface possibilita a integração sistemática das ferramentas de análise do ArcGIS e permite automatizar as tarefas SIG. Assim, o *Model Builder* permite a ligação dos dados de entrada com as funções do ArcGIS e fornece os dados de saída de modo automatizado, com a mínima intervenção do utilizador. Este procedimento é dotado da opção de processamento em “*Batch*”, que permite correr o modelo inúmeras vezes.

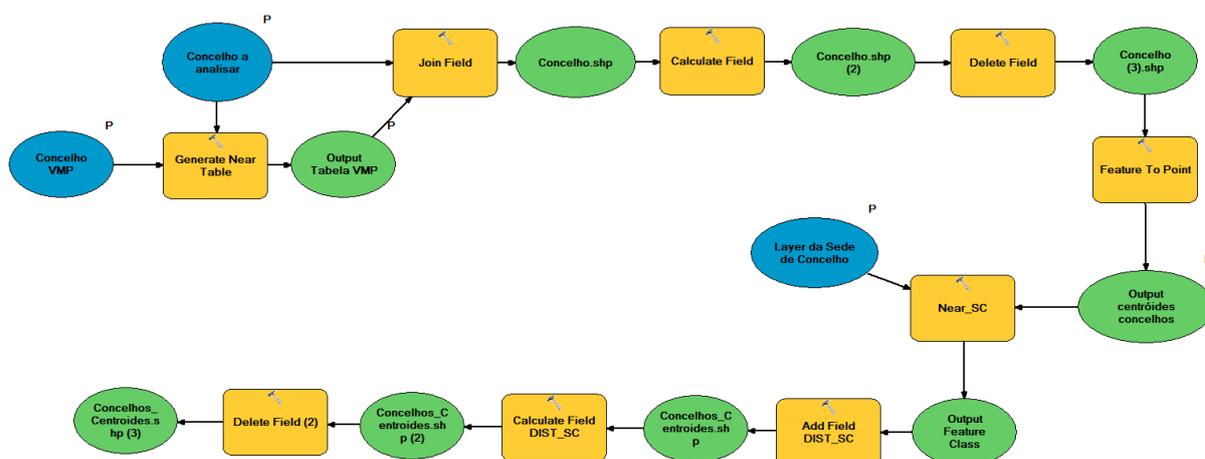


Figura 12 – Rotina *Model Builder* aplicada à metodologia.

A partir do modelo desenvolvido no “*model builder*” procedeu-se ao cálculo automático dos índices de proximidade média e centralidade média.

A primeira tarefa a realizar passou por proceder a actualização do campo da área e do perímetro das manchas com a ferramenta “*Calculate geometry*”. Esta informação servirá de base ao cálculo das métricas de dispersão ao nível das manchas dos municípios.

Para a estimativa do índice de proximidade média, também designado de distância ao vizinho mais próximo, utilizou-se a ferramenta “*Generate Near Table*”. Esta tarefa permitiu obter a distância euclidiana “*edge-to-edge*” entre as manchas urbanas de cada município, introduzidas como dados de entrada “*input*” (Figura 13). Como resultado obteve-se uma tabela (tipo .dbf) à qual foi ainda necessário associar a ferramenta “*Join*”, que permitiu agregar a informação da tabela obtida às manchas originárias.

Para a avaliação do índice de centralidade média, também designado de distância à sede de concelho, recorreu-se a ferramenta “*Feature to point*”, para obter os centróides das manchas urbanas e a ferramenta “*Near*”, para obter a distância euclidiana entre os centróides e a sede do município (sede de concelho introduzida como dado de entrada “*input*”) (Figura 14).

As ferramentas aplicadas têm como resultados a criação de novos campos de informação, que quando processados “*batch*” geram conflitos na tabela de atributos. Para gerir de forma correcta a obtenção dos resultados foi necessário actualizar e apagar os campos criados para organizar a tabela de atributos dos dados de saída. Para isso foram utilizadas as ferramentas “*Calculate Field*” e “*Delete Field*”.

Para o cálculo do índice de percentagem de ocupação urbana, índice de compacidade média e do índice de dimensão fractal média foi utilizada a ferramenta “*Calculate geometry*”. Estes índices são calculados com base nas relações entre área e perímetro, pelo que esta ferramenta permitiu obter os valores parciais dos índices ao nível da mancha urbana.

5.3. Recolha de dados estatísticos

Para proceder a análise da relação entre a dispersão urbana e os custos serviços de águas e resíduos recorreu-se a informação estatística publicada por duas entidades públicas, o Instituto Nacional de Estatística (INE) e a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR).

Através das estatísticas publicadas pelo INE recolheu-se a informação sobre as despesas municipais com a gestão dos serviços em estudo, nomeadamente:

- **Sistema de abastecimento** (Captação, Adução, Armazenamento e Distribuição de água): 1998 a 2005 - Âmbito de recolha: Gestão directa das Câmaras Municipais; Fonte: INE, Inquérito ao Ambiente – Financiamento das Atividades de Gestão e Protecção.
- **Sistema de drenagem de águas e tratamento de águas residuais** (Rede de drenagem e Tratamento de águas residuais): 1998 a 2005 - Âmbito de recolha: Gestão directa das Câmaras Municipais; Fonte: INE, Inquérito ao Ambiente Financiamento das Atividades de Gestão e Protecção.
- **Gestão de resíduos** (Recolha, Triagem, Valorização e Eliminação): 1998 a 2005 - Âmbito de recolha: Gestão directa das Câmaras Municipais; Fonte: INE, Inquérito ao Ambiente Financiamento das Atividades de Gestão e Protecção.

Através da ERSAR recolheu-se informação sobre o encargo anual dos utilizadores domésticos com os serviços públicos de abastecimento de água para consumo humano, saneamento de águas residuais urbanas e gestão de resíduos urbanos, para diferentes níveis de consumo de água. Os dados recolhidos dizem respeito ao ano de 2007, discriminados ao nível municipal, para utilizadores domésticos com consumos anuais de 60 m³.

Para as características demográficas (população residente e densidade populacional) foram utilizados os dados do INE relativos às Bases Geográficas de Referenciação de Informação dos Censos de 1991, 2001 e 2011.

Foi ainda necessário proceder ao ajuste monetário dos valores recolhidos na base de dados do INE, tendo sido utilizada a taxa de conversão fixada em 1999, onde 1 euro (EUR) equivale a 200,482 escudos (PTE).

Os registos estatísticos do INE relativos as despesas municipais com os serviços de abastecimento de água, drenagem e tratamento de águas residuais e gestão de resíduos encontram-se agrupados por épocas de recolha de dados (1993-1997, 1998-2005, 2006-2009) com fontes de informação distintas.

A partir de 2006 os dados relativos ao abastecimento de água e a drenagem e tratamento de águas residuais passaram a ser integrados no “relatório do estado do abastecimento de água e do tratamento de águas residuais” - INSAAR, onde o nível de desagregação administrativa dos dados passou a ser o nível geográfico da NUTIII. Este facto dificulta as análises baseadas em níveis geográficos mais detalhados como os municípios, sendo necessário recorrer a estimativas que podem representar de forma errónea a realidade. Encontrada esta dificuldade, a selecção dos dados estatísticos teve como referência o último ano para o qual existem dados com o nível geográfico do município. Para o abastecimento de água e a drenagem e tratamento de águas residuais foram utilizados os dados do ano de 2005 e para a gestão de resíduos foram utilizados os dados de 2006.

A rubrica das despesas municipais é dividida em despesas correntes, que englobam as despesas com o pessoal, aquisições de bens e serviços, transferências correntes e outras despesas correntes, e as despesas de capital, que englobam os investimentos em infraestruturas, transferências de capital e outras despesas de capital. Uma análise mais detalhada, tendo em conta o exposto no capítulo 4.3.1 sobre os investimentos no sector das águas, permite observar que a evolução dos investimentos tem um carácter cíclico que influencia de forma inconstante o cálculo das despesas, promovendo “picos” de valores em determinados anos (figura 15),

Ao averiguar o comportamento geral dos dados, optou-se por utilizar apenas os dados correspondentes as despesas correntes, considerando-se que estas, por serem mais constantes, são adequadas à análise aqui proposta. Assim, assume-se como premissa que as despesas correntes são proporcionais a dimensão dos sistemas, isto é, a sistemas de maior dimensão correspondem a despesas correntes mais elevadas.

Ao analisar as despesas correntes, verificou-se ainda que os dados apresentam alguma inconsistência, que para além de existirem vários municípios que anualmente não fornecem a informação pretendida, são encontrados vários casos onde a despesa corrente varia de forma abrupta, sem qualquer significado estatístico. A Figura 16 apresenta alguns exemplos.

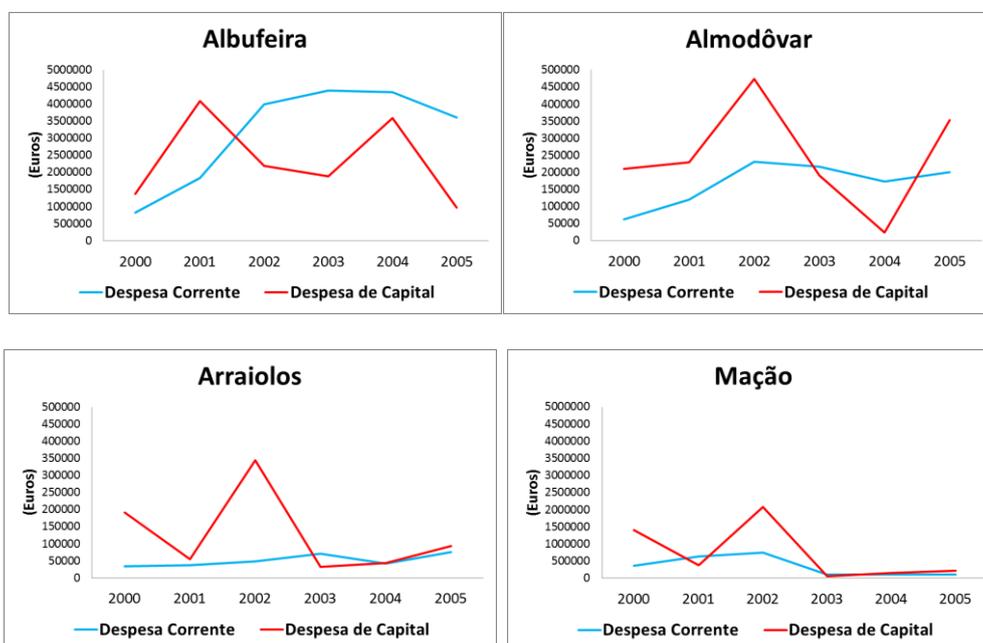


Figura 15 – Análise das despesas correntes e de capital entre 2000 e 2005

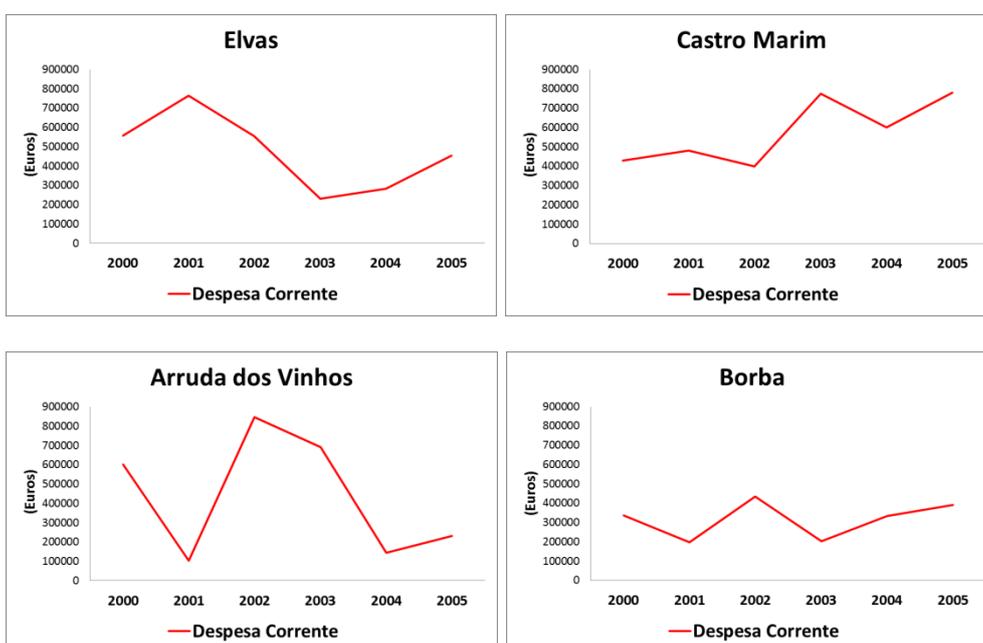


Figura 16 – Análise das despesas correntes entre 2000 e 2005

5.4. Tratamento dos dados

Para avaliar o grau de relacionamento entre as variáveis em estudo fez-se uma análise de aderência a funções de regressão linear e não linear (potência, exponencial, logarítmica ou linear), o que permitiu averiguar as tendências (lineares ou não) da relação entre os dados. Foram registrados os valores dos coeficientes de correlação e determinação obtidos, sendo considerados para análise os dados ajustados que apresentaram o melhor valor de correlação.

À semelhança do referido por Carruthers e Ulfarsson (2003), teve-se em conta a natureza exploratória deste estudo e a variabilidade dos valores obtidos, pelo que, para comprovar se os coeficientes de correlação obtidos são significativos, realizou-se o teste de hipótese de t da seguinte forma:

Hipóteses:

$H_0 : \rho = 0$ (não existe evidência estatística suficiente de que x e y estejam correlacionadas)

$H_0 : \rho \neq 0$ (existe evidência estatística suficiente de que x e y estejam correlacionadas)

A estatística de teste é $t_c = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$,

com n-2 graus de liberdade na tabela t de Student. Caso o valor de t_c seja superior ao valor crítico de t, rejeita-se a hipótese nula. Se a hipótese nula, ao nível de significância α , for rejeitada podemos concluir que efectivamente existe uma relação significativa entre as variáveis.

O teste de aderência a funções e análise estatística das correlações (coeficiente de correlação, coeficiente de determinação e estatística de t) foram realizados com recurso ao *software* Excel e às ferramentas de análise estatística publicadas pelo Prof. Dr. Rui Assis⁴.

⁴ www.rassis.com

6. APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo procede-se a apresentação dos resultados sobre a análise das relações entre a dispersão urbana e a demografia, bem como a análise das relações entre a dispersão urbana e os custos “*per capita*” com serviços de saneamento básico, nomeadamente, o serviço de abastecimento de água, o serviço de drenagem e tratamento de águas residuais e com o serviço de recolha de resíduos urbanos

6.1. Análise da dispersão urbana versus demografia

Para compreender a influência das características demográficas sobre as características morfológicas foram quantificadas seis métricas de dispersão (índice de percentagem de ocupação do território, índice de número de manchas por km², índice de centralidade média, índice de compacidade média, índice de dimensão fractal média e índice de proximidade média e dois indicadores de dimensão demográfica.

Procedeu-se a análise dos dados quanto à sua aderência a funções de regressão (linear simples, potência, logarítmica e exponencial) e seguidamente procedeu-se a análise da significância dos coeficientes de correlação obtidos através da estatística de t.

Como será de esperar, as métricas de dispersão urbana de um dado município devem estar relacionadas com as características demográficas da sua população residente. De um modo geral, as relações obtidas apresentam valores mais elevados de correlação para com a densidade populacional, à excepção do índice de dimensão fractal média cujos resultados indicam que não existe evidência estatística da sua correlação com as variáveis demográficas em estudo.

Na Tabela 7 apresenta-se uma síntese dos resultados obtidos na análise estatística das correlações entre as características demográficas (linhas) e as métricas de dispersão urbana (colunas).

Tabela 7 – Análise estatística das correlações entre as características demográficas e as métricas de dispersão urbana.

		Métricas de dispersão urbana						
		Índice de Percentagem de Ocupação	Índice do Nº de manchas por Km ²	Índice de centralidade média	Índice de proximidade média	Índice de compacidade média	Índice de dimensão fractal média	
Características demográficas	População Residente	Aderência a funções de regressão	Potência	Exponencial	Potência	Potência	Potência	Recta
		C.Correlação	0,76	0,62	0,25	-0,66	0,15	-0,15
		C.Determinação	0,57	0,39	0,06	0,44	0,02	0,02
		<i>t_{calculado}</i>	19,10	13,22	4,21	14,82	2,57	2,46
		Conclusão	EE	EE	EE	EE	NE	NE
	Densidade populacional	Aderência a funções de regressão	Potência	Exponencial	Potência	Potência	Potência	Recta
		C.Correlação	0,95	0,80	0,42	-0,84	0,32	-0,154
		C.Determinação	0,90	0,64	0,18	0,71	0,10	0,024
		<i>t_{calculado}</i>	51,08	22,18	7,70	26,11	5,65	2,592
		Conclusão	EE	EE	EE	EE	EE	NE
n = 278 municípios								
Valor crítico de <i>t</i> ($\rho=0,01$) = 2,593759								
EE – Existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados								
NE – Não existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados								

Para compreender de forma prática as relações analisadas entre a demografia e as métricas de dispersão urbana, apresenta-se a título de exemplo os resultados gráficos obtidos para três municípios do território nacional, nomeadamente Viana do Alentejo, Arouca e Viana do Castelo (figura 17).

Através da análise dos gráficos da Figura 17 é possível observar a correlação positiva entre a densidade populacional (figura 17a) para com o índice de percentagem de ocupação (b) ($R= 0,95$, para $\rho < 0,01$) e para com o índice do número de manchas por Km² (c) ($R= 0,80$, para $\rho < 0,01$). Deste modo, os municípios com maior densidade populacional (Viana do Castelo e Arouca) apresentam uma maior percentagem de ocupação de área urbana e, conseqüentemente, um maior número de aglomerados populacionais, que os municípios com densidades populacionais mais baixas, como o caso de Viana do Alentejo.

Relativamente ao índice de centralidade média (figura 17d) mostra a correlação positiva entre este e a densidade populacional ($R= 0,42$, para $\rho < 0,01$).

Relembra-se que quanto mais baixo o valor do índice maior é a centralidade dos aglomerados urbanos em relação à sede do município. Deste modo, os resultados obtidos indicam que os municípios com maior densidade populacional (Viana do Castelo e Arouca) apresentam índices de centralidade mais elevados, isto é, uma menor centralidade dos aglomerados urbanos em relação à sede do município. Por outro lado os municípios com menor densidade populacional (Viana do Alentejo) apresentam índices de centralidade mais baixos, menor centralidade, ou seja, apresentam uma maior expansão periféricas dos aglomerados urbanos face à sede do município.

Quanto ao índice de proximidade média (figura 17e) permite observar a correlação negativa para com a densidade populacional ($R = -0,84$, para $\rho < 0,01$). Os resultados obtidos indicam que os municípios com maior densidade populacional apresentam uma maior proximidade média entre os aglomerados urbanos do que os municípios com menor densidade populacional, onde os aglomerados populacionais encontram-se mais distantes entre si.

Analogamente, índice de compacidade média (figura 17f) apresenta um comportamento semelhante às restantes métricas de dispersão, uma correlação positiva para com a densidade populacional ($R = 0,32$, para $\rho < 0,01$). Observa-se que os municípios com maior densidade populacional apresentam índices de compacidade mais elevados, indicando que os aglomerados urbanos apresentam formas territoriais mais irregulares. Por outro lado, os municípios com menor densidade populacional apresentam índices de compacidade mais baixos, ou seja, apresentam aglomerados urbanos menos irregulares e menos compactos. Assim, os resultados mostram que quanto maior a densidade populacional de um dado município, mais elevado será o índice de compacidade, isto é, maior será a irregularidade da forma dos aglomerados urbanos.

O índice de dimensão fractal (figura 17g) apresenta o comportamento mais distinto dentre todas as métricas de dispersão urbana, não tendo sido encontradas evidências estatísticas que permitissem concluir acerca sua relação para com as variáveis demográficas (tabela 7).

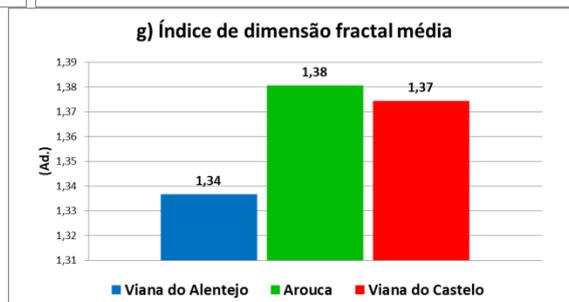
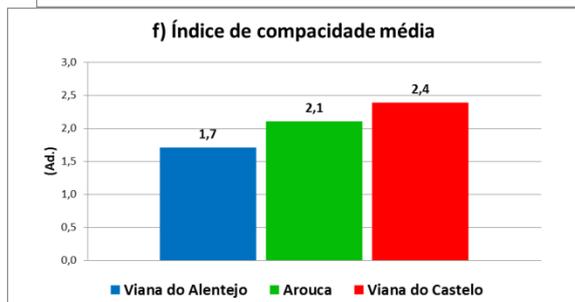
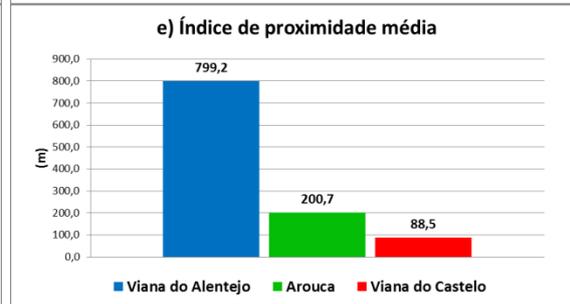
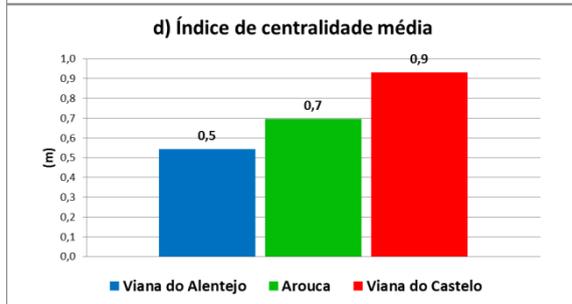
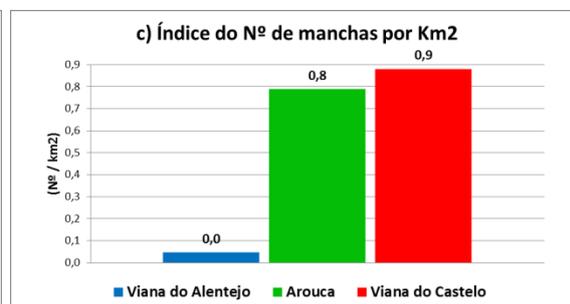
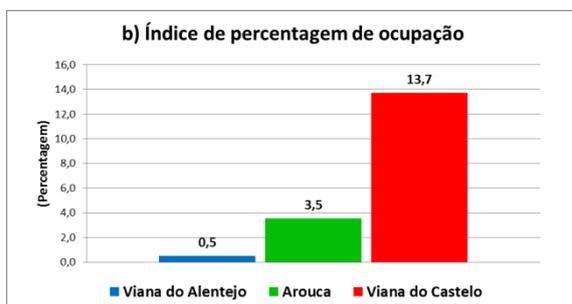
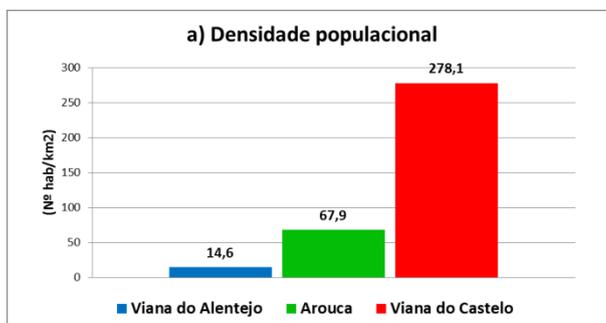
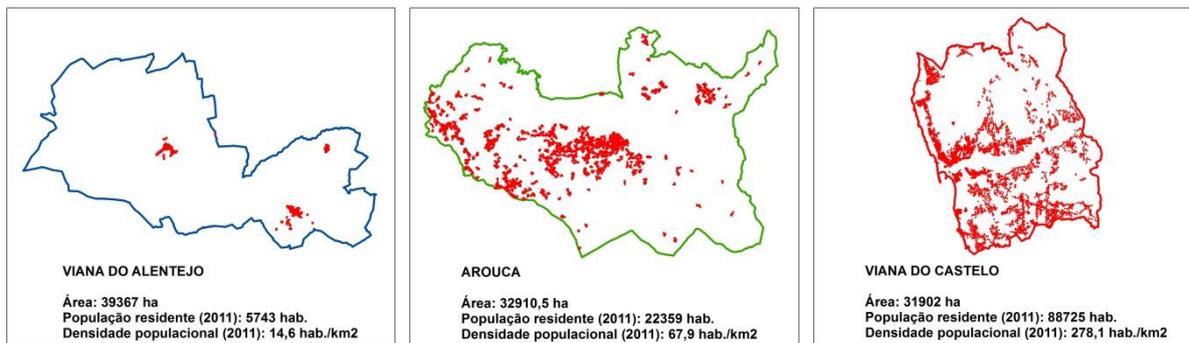


Figura 17 – Exemplo da relação entre a densidade populacional para com o índice de percentagem de ocupação e o número de manchas por km².

Na Tabela 8 apresenta-se uma síntese do comportamento das métricas de dispersão urbana face às correlações obtidas para com a densidade populacional e mostram-se as consequências destas correlações perante a variação da densidade populacional.

Tabela 8 – Síntese do comportamento das métricas de dispersão urbana face à variação da densidade populacional.

	Varição do índice	Resultado	Correlação com a Densidade populacional	Varição da densidade populacional	Consequência
Índice de percentagem de ocupação	↑	Maior ocupação do território	(+)	↑	Maior densidade populacional, maior ocupação do território
Índice de número de manchas por km ²	↑	Maior número de aglomerados isolados	(+)	↑	Maior densidade populacional, maior nº de manchas de aglomerados urbanos
Índice de Centralidade Média	↑	Menor centralidade em relação à sede do município	(+)	↑	Maior densidade populacional, menor centralidade em relação à sede do município
Índice de Proximidade Média	↑	Maior distância entre aglomerados populacionais	(-)	↑	Maior densidade populacional, menor a distância entre os aglomerados populacionais
Índice de Compacidade Média	↑	Maior irregularidade da forma	(+)	↑	Maior concentração de população maior a irregularidade da forma
Índice de Dimensão Fractal Média	↑	Maior complexidade do perímetro da forma	Sem correlação	-	Sem efeito

Nas figuras seguintes são apresentados os mapas relativos aos resultados obtidos ao nível dos municípios de Portugal Continental. Os resultados mostram que quanto maior densidade populacional maior é a percentagem de ocupação da área urbana e maior é o número de aglomerados urbanos. Além disso, nos municípios com maior densidade populacional os aglomerados urbanos encontram-se, em média, mais próximos à sua sede, apresentam formas territoriais mais irregulares e estão, em média, mais próximos dos seus aglomerados vizinhos.

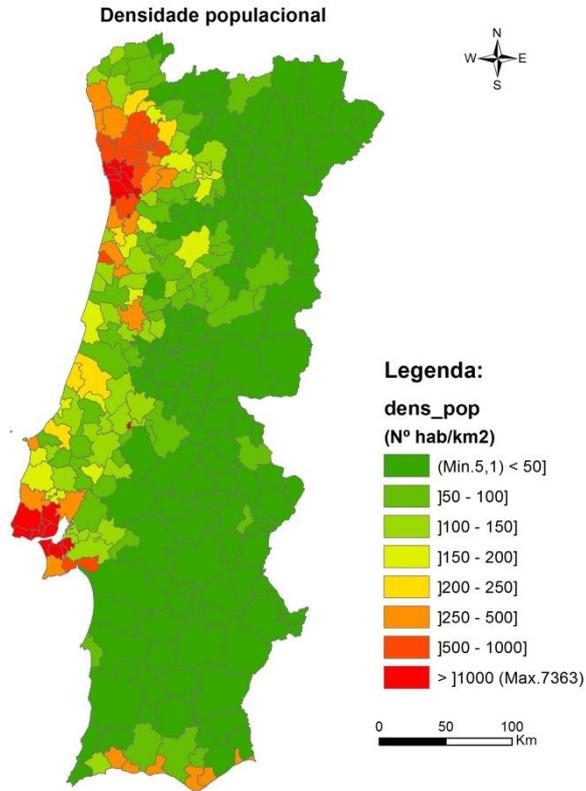


Figura 18 – Mapa da densidade populacional por municípios

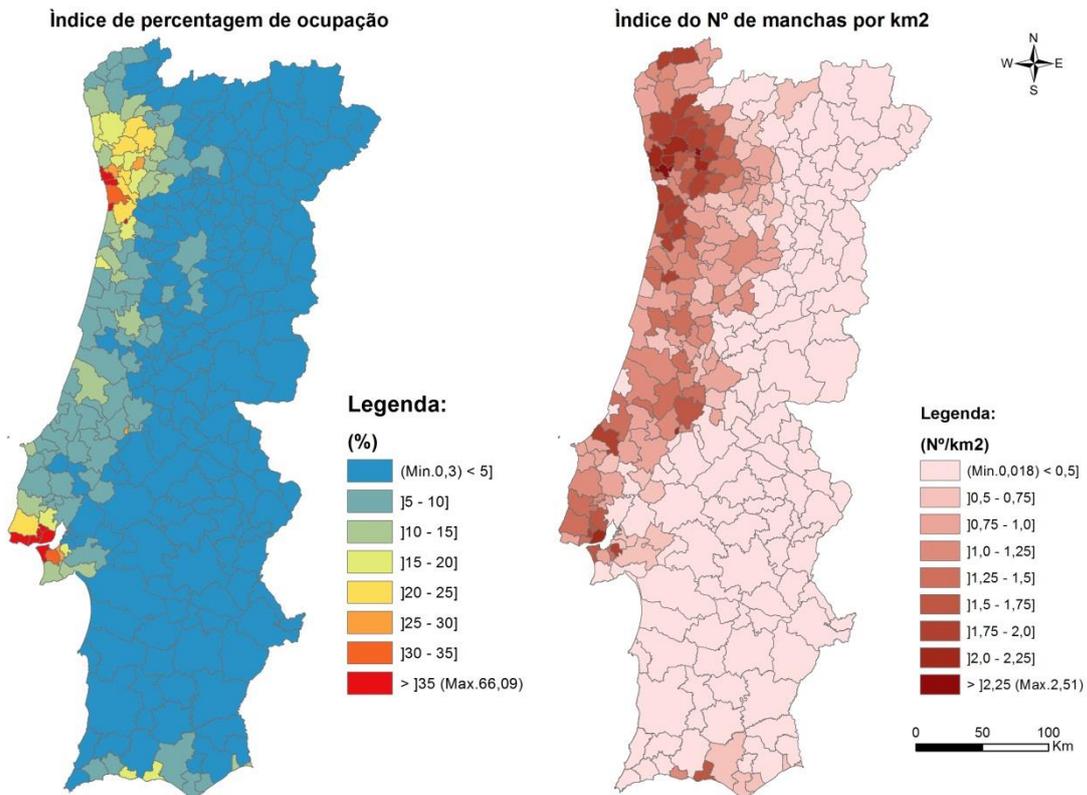


Figura 19 – Mapa do índice de percentagem de ocupação e do índice de nº de manchas por km² por municípios.

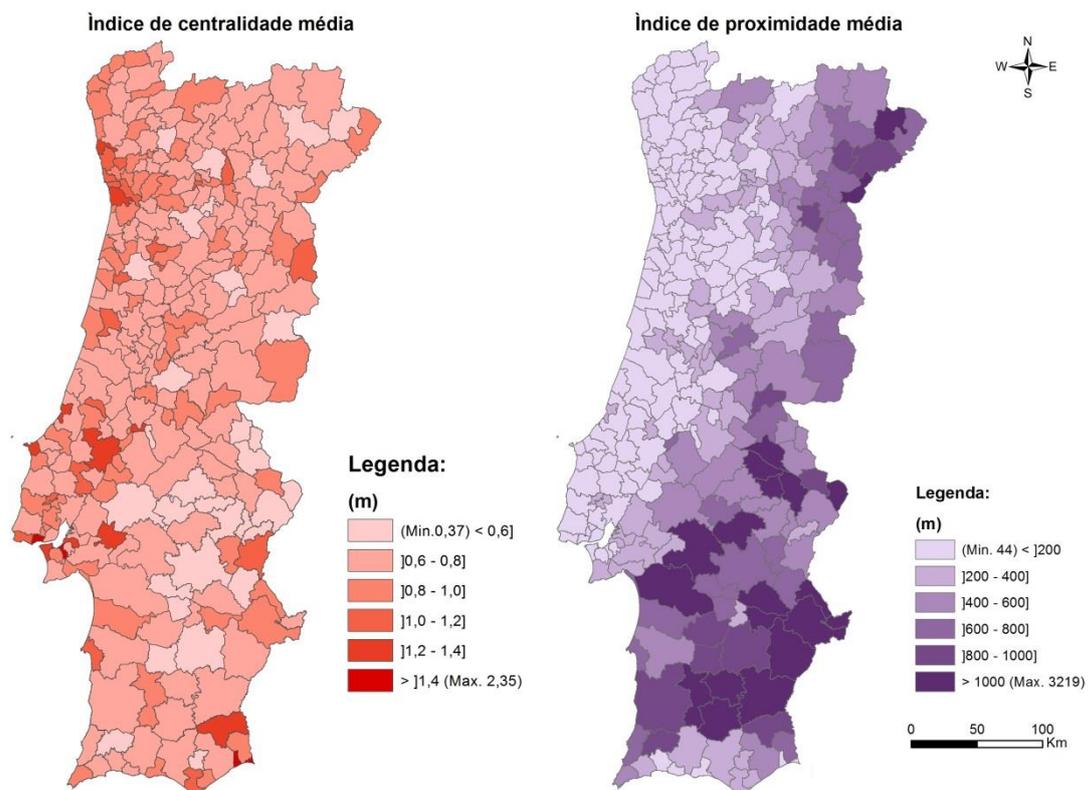


Figura 20 – Mapa do índice de centralidade média e do índice de proximidade média por municípios.

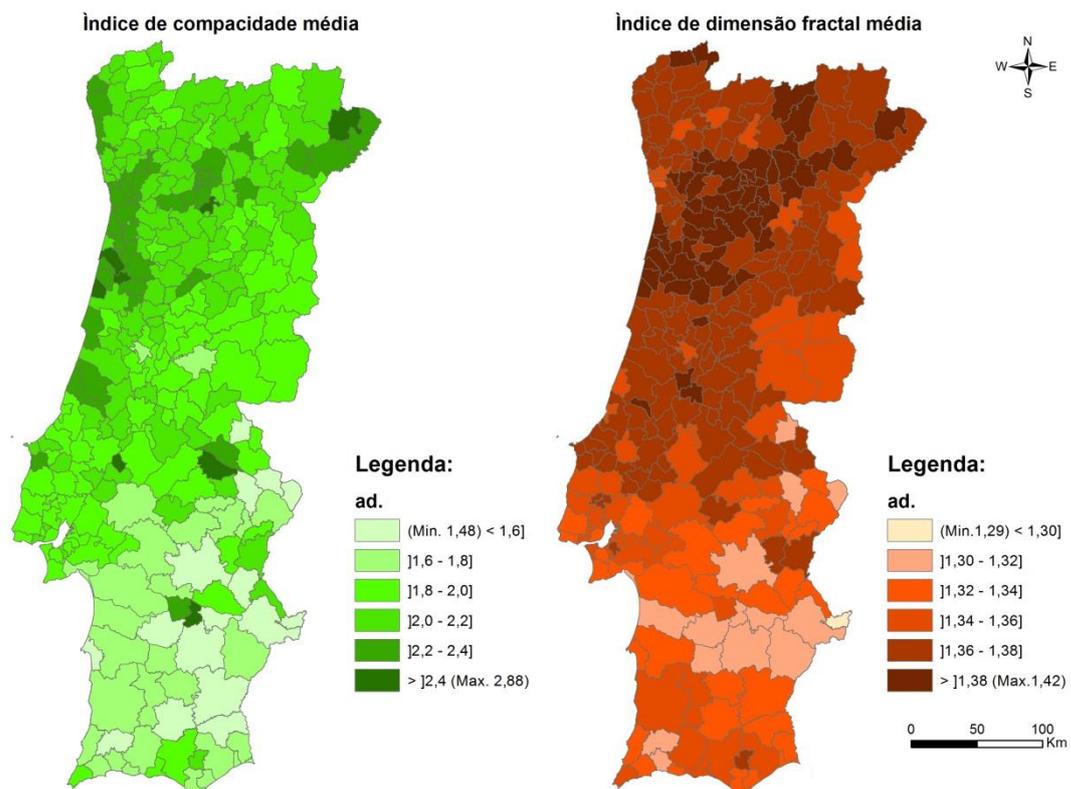


Figura 21 – Mapa do índice de compacidade média e do índice de dimensão fractal média por municípios.

6.2. Análise da dispersão urbana versus custos dos serviços de saneamento básico

Neste capítulo procede-se à análise das correlações para com as despesas por habitante com os serviços de saneamento básico. Conforme já foi referido, esta a análise teve como princípio o tratamento dos dados expostos no capítulo 5.5.

Para cada um dos serviços básicos em estudo são apresentadas das principais correlações obtidas, sendo apresentados alguns resultados a título de exemplo, os restantes resultados são apresentados em Anexo.

6.2.1. Dispersão urbana versus abastecimento de água

Através da análise dos dados do INE foi possível avaliar as correlações entre as métricas de dispersão urbana e o custo “*per capita*” com o abastecimento de água. A tabela 9 mostra que a despesa por habitante está negativamente correlacionada com as características demográficas, indicando que a despesa “*per capita*” diminui com o aumento das variáveis demográficas.

Tabela 9 – Análise estatística das correlações entre a despesa por habitante, a demografia e as métricas de dispersão urbana

	Demografia		Métricas de dispersão urbana					
	População residente	Densidade populacional	Índice de percentagem de ocupação	Índice do Nº de manchas por km ²	Índice de centralidade média	Índice de proximidade média	Índice de compacidade média	Índice de Dimensão Fractal
Aderência a funções de regressão	Potência	Potência	Potência	Exponencial	Linear	Potência	Potência	Exponencial
C. Correlação	-0,23	-0,21	-0,19	-0,25	0,17	0,28	-0,29	-0,28
C. Determinação	0,05	0,05	0,04	0,06	0,03	0,08	0,08	0,08
<i>t</i> _{calculado}	3,373	3,181	2,821	3,758	2,594	4,279	4,439	4,215
Conclusão	EE	EE	EE	EE	NE	EE	EE	EE

n = 215 municípios
 Valor crítico de t ($\rho=0,01$) = 2,5991
 EE – Existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados
 NE – Não existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados

À semelhança das variáveis demográficas, as métricas de dispersão apresentam correlações negativas com a despesa por habitante, à exceção do índice de centralidade média, que não mostra evidência estatística de correlação, e do índice de proximidade que apresenta-se positivamente correlacionado ($R= 0,28$ para $\rho=0,01$).

A métrica de dispersão que apresenta a melhor correlação com a despesa por habitante com o abastecimento é o índice de compacidade média ($R= -0,29$ para $\rho=0,01$). Esta correlação indica que quanto maior o índice de compacidade, isto é, quanto maior a irregularidade da forma áreas urbanas, menor é a despesa por habitante. Este facto é compreensível se tivermos em conta que a irregularidade da forma urbana a aumenta, à medida que a densidade populacional também aumenta, o que corrobora os resultados obtidos nas correlações demográficas (Tabela 7).

Por outro lado, o índice de proximidade média mostra uma correlação positiva ($R=0,28$ para $\rho=0,01$) com a despesa por habitante, assim, quanto maior a distância média entre os aglomerados populacionais maior é a despesa por habitante. É de referir que este resultado deve ser alvo de especial atenção uma vez que, conforme já foi referido (ver página 16), o sistema de abastecimento de água é fortemente influenciado pela extensão da sua rede de distribuição e quanto maior o traçado da rede, maior o custo deste sistema para a mesma população.

Na Tabela 10 apresenta-se uma síntese do comportamento das variáveis analisadas em relação à despesa por habitante com o sistema de abastecimento de água, tendo por base os dados estatísticos do INE.

Tabela 10 – Síntese do comportamento das variáveis analisadas face à despesa por habitante com o sistema de abastecimento de água.

Variável independente	Varição da variável independente	Resultado	Correlação com a despesa por habitante	Varição da despesa por habitante	Consequência
População Residente	↑	Maior população	(-)	↓	Maior população menor despesa por habitante
Densidade Populacional	↑	Maior concentração populacional	(-)	↓	Maior concentração de população menor despesa por habitante
Índice de percentagem de ocupação	↑	Maior ocupação do território	(-)	↓	Maior ocupação do território menor despesa por habitante
Índice de número de manchas por km ²	↑	Maior número de aglomerados urbanos	(-)	↓	Maior número de aglomerados urbanos menor despesa por habitante
Índice de Centralidade Média	↑	Maior distância média a sede do município	Sem correlação		Sem efeito
Índice de Proximidade Média	↑	Maior distância entre aglomerados populacionais	(+)	↑	Maior a distância média entre os aglomerados populacionais maior despesa por habitante
Índice de Compacidade Média	↑	Maior irregularidade da forma	(-)	↓	Maior irregularidade da forma menor despesa por habitante
Índice de Dimensão Fractal Média	↑	Maior complexidade do perímetro da forma	(-)	↓	Maior complexidade do perímetro da forma menor despesa por habitante

Ao analisar os dados publicados pela ERSAR sobre o encargo anual dos utilizadores domésticos com os serviços públicos de abastecimento de água para consumo humano, para níveis de consumo de 60 m³/ano (Tabela 11) constata-se que, ao contrário do verificado para as despesas “*per capita*”, o encargo anual pago pelos utilizadores domésticos com o abastecimento de água está positivamente relacionado com as características demográficas, indicando que quanto maior a quantidade e concentração da população maior é o encargo anual pago pelos utilizadores finais.

Tabela 11 – Análise estatística das correlações entre o encargo anual dos utilizadores domésticos com os serviços públicos de abastecimento de águas e as variáveis independentes.

	Demografia		Métricas de dispersão urbana					
	População residente	Densidade populacional	Índice de percentagem de ocupação	Índice de Nº de manchas por Km ²	Índice de centralidade média	Índice de proximidade média	Índice de Compacidade média	Índice de dimensão fractal média
Aderência a funções de regressão	Log.	Log.	Log.	Linear	Log.	Log.	Log.	Potência
C.Correlação	0,52	0,50	0,50	0,44	0,16	-0,484	0,291	0,199
C.Determinação	0,28	0,25	0,25	0,20	0,02	0,234	0,09	0,04
<i>t</i> _{calculado}	10,190	9,582	9,435	8,160	2,594	9,146	5,031	3,368
Conclusão	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE

Nº observações = 276 municípios
 Valor crítico de t ($p=0,01$) = 2,5939
 EE – Existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados
 NE – Não existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados
 Log. = Logarítmica

Os resultados obtidos através dos dados publicados pela ERSAR indicam que o encargo anual dos utilizadores aumenta à medida que as características de dispersão são menos acentuadas. Este facto é aparentemente contraditório com a análise que se fez com os dados do INE. No entanto, isto acontece porque os dados do ERSAR correspondem a tarifas pagas pelos cidadãos aos municípios e o que se verifica é que as tarifas pagas pelos consumidores não correspondem ao custo real do serviço, sendo em geral este desfasamento superior nos municípios mais pequenos do interior do país.

O comportamento verificado através dos dados do INE indica que as despesas por habitante com o abastecimento de água correspondem ao efeito de escala, onde um aumento da concentração populacional corresponde a uma menor despesa por habitante. Em contra censo, os dados obtidos através do ERSAR, que representam o valor efectivamente pago pelos utilizadores do serviço, reflectem uma realidade inversa, onde um aumento da concentração da população corresponde a um aumento do encargo anual dos utilizadores.

A título de exemplo apresenta-se na Figura 23 o resultado da correlação entre a despesa por habitante com o abastecimento de água e a métrica de dispersão que apresentou o valor mais elevado de correlação, o índice de compacidade ($R= -0,29$ para $p=0,01$). O baixo valor de correlação obtido dificulta a visualização do padrão

de correlação entre as variáveis, pelo que se apresenta um exemplo dos valores obtidos para os municípios de Moura, Benavente e Oliveira de Azeméis (Figura 25), onde é possível observar de forma clara a diminuição da despesa face ao aumento do índice de compacidade média.

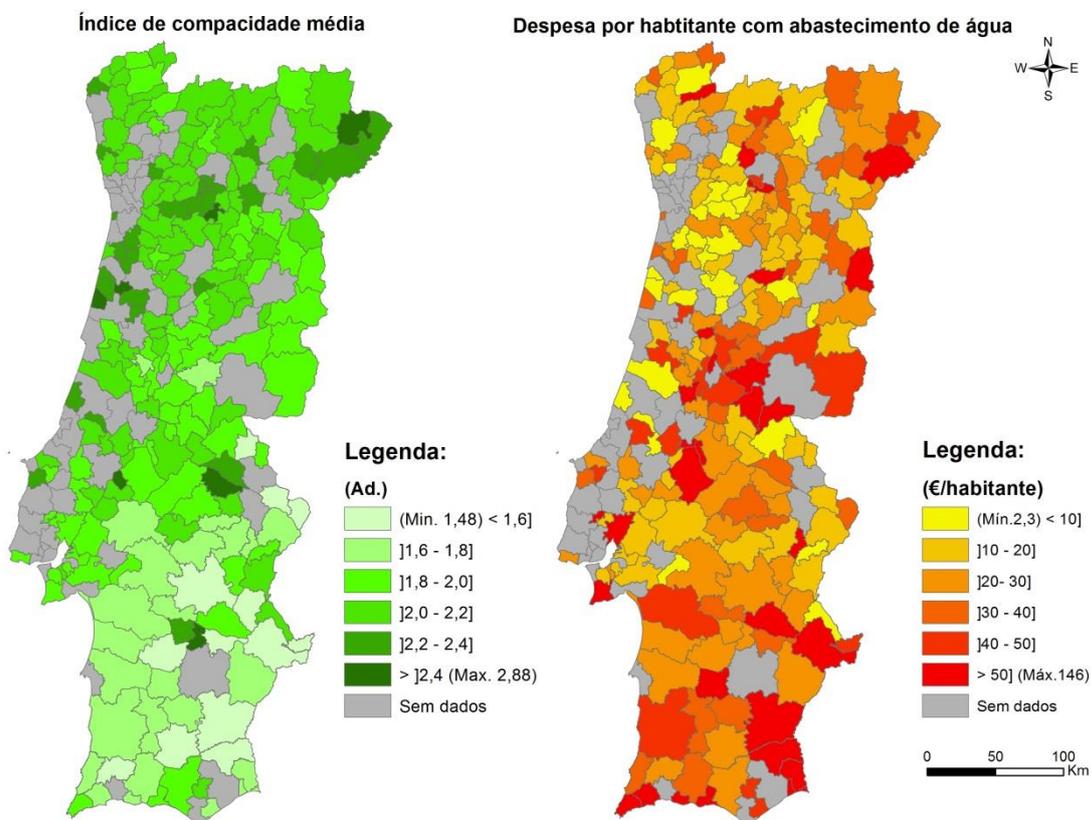


Figura 22 – Mapa da correlação entre a despesa por habitante com o abastecimento de água e o índice de compacidade média.

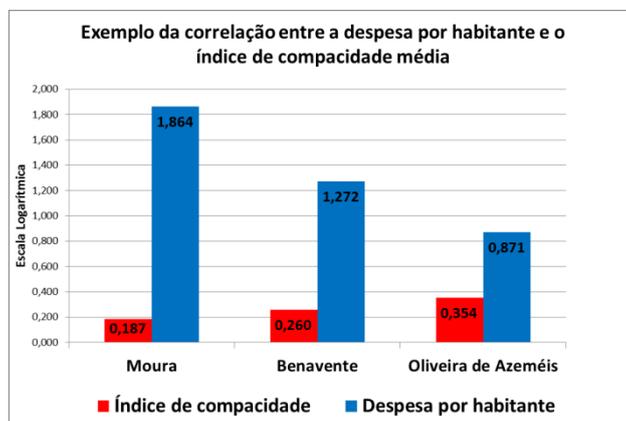


Figura 23 – Exemplo dos resultados obtidos na correlação entre a despesa por habitante com o abastecimento de água e o índice de compacidade média.

6.2.2. Dispersão urbana versus drenagem e tratamento de águas residuais

O resultado da análise dos dados do INE sobre a despesa “per capita” com os sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais mostram que não existe evidência estatística de que a despesa por habitante esteja correlacionada com as variáveis consideradas neste estudo (Tabela 12).

Muitas vezes o sistema de drenagem e tratamento de águas residuais é composto por pequenos/médios sistemas localizados individualmente nos aglomerados urbanos, pelo que a sua dimensão/custo pode não estar relacionada com a organização e dimensão espacial dos aglomerados, devendo-se encontrar outros parâmetros que permitam inferir sobre a relação dos custos com este tipo de sistemas.

Tabela 12 – Análise estatística das correlações entre a despesa por habitante com o sistema de drenagem e tratamento de águas residuais e as variáveis independentes.

	Demografia		Métricas de dispersão urbana					
	População residente	Densidade populacional	Índice de percentagem de ocupação	Índice do Nº de manchas por Km ²	Índice de centralidade média	Índice de proximidade média	Índice de compacidade média	Índice de dimensão fractal média
Aderência a funções de regressão	Linear	Log.	Linear	Potência	Linear	Exp.	Log.	Exp.
C.Correlação	-0,12	-0,11	-0,06	0,11	0,12	-0,05	-0,10	0,09
C.Determinação	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
$t_{calculado}$	1,884	1,633	0,890	1,651	1,854	0,747	1,585	1,309
Conclusão	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

n = 235 municípios
 Valor crítico de t ($\rho=0,01$) = 2,5971
 EE – Existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados
 NE – Não existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados
 Log. = Logarítmica / Exp. = Exponencial

A análise dos dados ERSAR sobre o encargo anual dos utilizadores domésticos com os serviços públicos saneamento de águas residuais urbanas, para níveis de consumo de água de 60 m³/ano, permite constatar que este apresenta um comportamento idêntico ao verificado para o encargo anual com o abastecimento.

Verifica-se que o encargo anual dos utilizadores aumenta à medida que as características de dispersão são menos acentuadas (Tabela 13).

Os resultados obtidos através do ERSAR indicam que quanto maior a concentração populacional, a ocupação da área urbana, o número de aglomerados, a irregularidade e complexidade da forma, a distância média a sede do município e a distância média entre os aglomerados populacionais, maior é o encargo dos utilizadores finais com os serviços públicos de saneamento de águas residuais para níveis de consumo de 60m³.

Tabela 13 – Análise estatística das correlações entre o encargo anual dos utilizadores domésticos com os serviços públicos saneamento de águas residuais urbanas e as variáveis independentes.

	Demográficas		Métricas de dispersão urbana					
	População residente	Densidade populacional	Índice de percentagem de ocupação	Índice de Nº de manchas por km ²	Índice de centralidade média	Índice de proximidade média	Índice de compacidade média	Índice de dimensão fractal média
Aderência a funções de regressão	Potência	Potência	Potência	Potência	Potência	Potência	Linear	Log.
C. Correlação	0,40	0,38	0,40	0,36	0,09	-0,41	0,28	0,17
C. Determinação	0,16	0,15	0,16	0,13	0,01	0,17	0,08	0,03
<i>t</i> _{calculado}	6,719	6,272	6,650	5,915	1,382	6,809	4,470	2,655
Conclusão	EE	EE	EE	EE	NE	EE	EE	EE

Nº observações = 233 municípios
 Valor crítico de *t* ($\rho=0,01$) = 2,5973
 EE – Existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados
 NE – Não existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados
 Log. = Logarítmica / Exp. = Exponencial

Verifica-se que a despesa por habitante com a drenagem e o tratamento de águas residuais é muito variada e não apresenta correlações com as variáveis em estudo. No entanto, à semelhança do que o ocorre para os sistemas de abastecimento de água, verifica-se que as tarifas pagas pelo consumidor não correspondem ao custo real do serviço, sendo de notar que existem municípios que não cobram qualquer tarifa pelo serviço de drenagem e tratamento de águas residuais.

6.2.3. Dispersão urbana versus recolha de resíduos urbanos

Através da análise dos dados do INE sobre a despesa por habitante com serviços de recolha de resíduos urbanos observa-se que esta não está correlacionada com as variáveis demográficas (Tabela 14), o que permite inferir que a despesa com o sistema de recolha de resíduos urbanos pode ser influenciada por outros factores externos.

Relativamente às métricas de dispersão urbana, apenas os índices de percentagem de ocupação e de centralidade média não apresentam correlação com a despesa por habitante com a recolha de resíduos urbanos. Os índices do número de manchas por km² e compacidade média dimensão fractal média estão negativamente correlacionados com a despesa por habitante, assim, a despesa diminui à medida que aumenta o número de aglomerados urbanos, a irregularidade e complexidade da forma dos aglomerados urbanos.

Tabela 14 – Análise estatística das correlações entre a despesa por habitante com a recolha dos resíduos urbanos e as variáveis independentes.

	Demografia		Métricas de dispersão urbana					
	População residente	Densidade populacional	Índice de percentagem de ocupação	Índice do Nº de manchas por km ²	Índice de centralidade média	Índice de proximidade média	Índice de compacidade de média	Índice de dimensão fractal média
Aderência a funções	Linear	Linear	Potência	Potência	Linear	Potência	Potência	Potência
C. Correlação	0,08	0,09	-0,11	-0,25	0,09	0,21	-0,22	-0,33
C. Determinação	0,00	0,00	0,07	0,06	0,01	0,04	0,05	0,11
<i>t</i> _{calculado}	1,266	1,387	1,854	4,250	1,608	3,504	3,695	5,998
Conclusão	NE	NE	NE	EE	NE	EE	EE	EE

n = 269 municípios
 Valor crítico de t ($\rho=0,01$) = 2,5944
 EE – Existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados
 NE – Não existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados

A métrica de dispersão que apresenta a melhor correlação com o sistema de recolha de resíduos urbanos é o índice de dimensão fractal. As conclusões obtidas através das correlações entre as métricas de dispersão e a demografia mostraram que estes parâmetros não estão correlacionados, o que pode indicar que a complexidade da forma dos aglomerados urbanos pode estar associada a outro tipo

de características do território, como por exemplo a rede viária ou características topográficas.

Também aqui é de referir a correlação positiva para com o índice de proximidade média ($R= 0,21$ para $p=0,01$). O sistema de recolha de resíduos urbanos está assente na rede viária, a partir da qual se procede à circulação e conexão dos circuitos de recolha entre os aglomerados populacionais, pelo que este indicador deve ser analisado face à sua correlação com outros parâmetros como por exemplo a extensão da rede viária.

A análise dos dados ERSAR sobre o encargo anual dos utilizadores domésticos com os serviços públicos de gestão de resíduos urbanos para níveis de consumo de $60 \text{ m}^3/\text{ano}$ confirma a tendência anteriormente referida para os outros sectores, onde o encargo anual dos utilizadores aumenta a medida que as características de dispersão são menos acentuadas (Tabela 15). Deste modo, o encargo aumenta a medida que aumenta a concentração da população, o número de aglomerados urbanos, a irregularidade e complexidade da forma e a distância média entre os aglomerados. Também aqui há que referir que em muitos municípios de pequena dimensão não são cobradas tarifas pelos serviços de recolha e tratamento de resíduos urbanos.

Tabela 15 – Análise estatística das correlações entre o encargo anual dos utilizadores domésticos com os serviços públicos de gestão de resíduos urbanos e as variáveis independentes.

	Demografia		Métricas de dispersão urbana					
	População residente	Densidade populacional	Índice de percentagem de ocupação	Índice do Nº de manchas por Km^2	Índice de centralidade média	Índice de proximidade média	Índice de compacidade média	Índice de dimensão fractal média
Aderência a funções de regressão	Log.	Log	Log.	Linear	Log.	Log.	Exp.	Linear
C. Correlação	0,31	0,31	0,33	0,36	0,05	-0,33	0,20	0,15
C. Determinação	0,10	0,10	0,11	0,13	0,00	0,11	0,04	0,02
$t_{\text{calculado}}$	5,138	5,119	5,434	6,093	0,770	5,385	3,146	2,295
Conclusão	EE	EE	EE	EE	NE	EE	EE	NE

n = 244 municípios
 Valor crítico de t ($p=0,01$) = 2,5963
 EE – Existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados
 NE – Não existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados

Na Tabela 16 apresenta-se uma síntese do comportamento das variáveis analisadas em relação à despesa por habitante com o sistema de abastecimento de água, tendo por base os dados estatísticos do INE.

Tabela 16 – Síntese do comportamento das variáveis analisadas face à despesa por habitante com o sistema de recolha de resíduos urbanos de água.

Variável independente	Variação da variável independente	Resultado	Correlação com a despesa por habitante	Variação da despesa por habitante	Consequência
População Residente	↑	Maior população	Sem correlação		Sem efeito
Densidade Populacional	↑	Maior concentração populacional	Sem correlação		Sem efeito
Índice de percentagem de ocupação	↑	Maior ocupação do território	Sem correlação		Sem efeito
Índice de número de manchas por km ²	↑	Maior número de aglomerados urbanos	(-)	↓	Maior número de aglomerados urbanos menor despesa por habitante
Índice de Centralidade Média	↑	Maior distância média a sede do município	Sem correlação		Sem efeito
Índice de Proximidade Média	↑	Maior distância entre aglomerados populacionais	(+)	↑	Maior a distância média entre os aglomerados populacionais maior despesa por habitante
Índice de Compacidade Média	↑	Maior irregularidade da forma	(-)	↓	Maior irregularidade da forma menor despesa por habitante
Índice de Dimensão Fractal Média	↑	Maior complexidade do perímetro da forma	(-)	↓	Maior complexidade do perímetro da forma menor despesa por habitante

A título de exemplo apresenta-se na figura seguinte o resultado da correlação entre a despesa por habitante com a recolha e tratamento de resíduos urbanos e a métrica de dispersão que apresentou o melhor valor de correlação foi o índice de

dimensão fractal média ($R= -0,334$ para $p=0,01$). O baixo valor de correlação obtido dificulta a visualização do padrão de correlação entre as variáveis, pelo que se apresenta um exemplo dos valores obtidos para os concelhos de Monforte, Guimarães e Vagos (Figura), onde é possível observar de forma clara a diminuição da despesa face ao aumento do índice de dimensão fractal média.

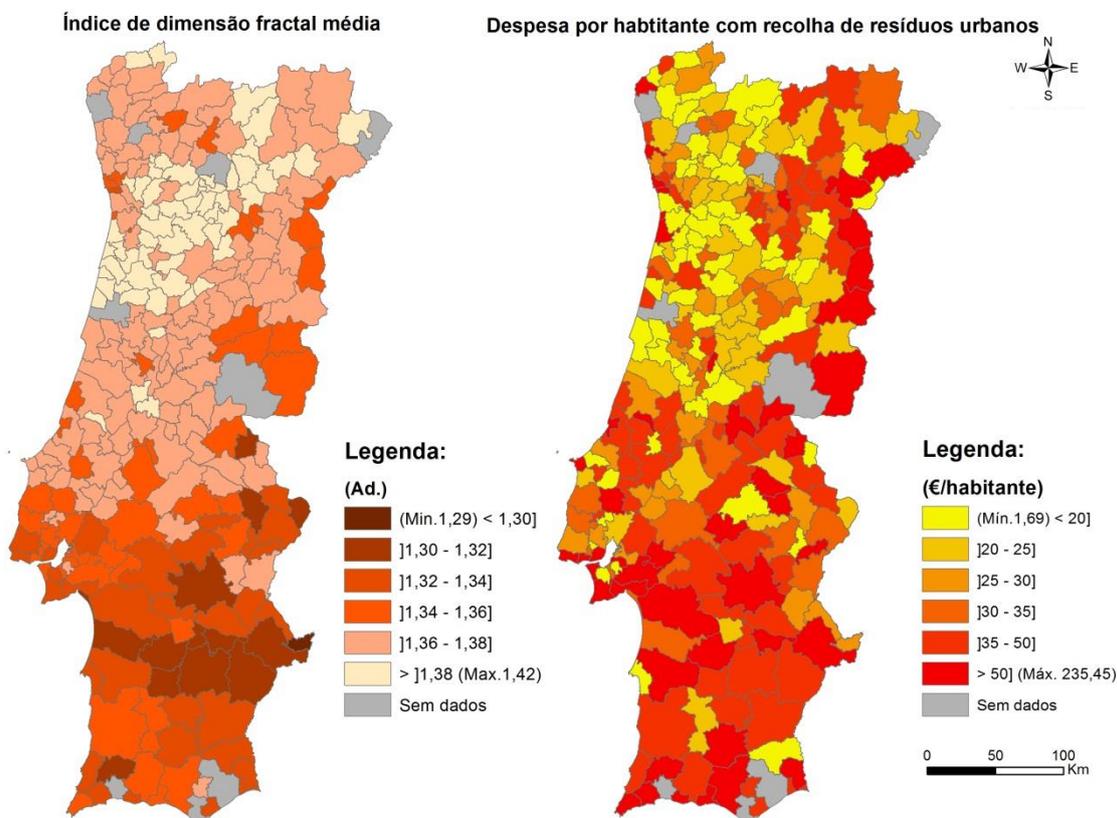


Figura 24 – Mapa da correlação entre a despesa por habitante com a recolha de resíduos urbanos e o índice de dimensão fractal média.

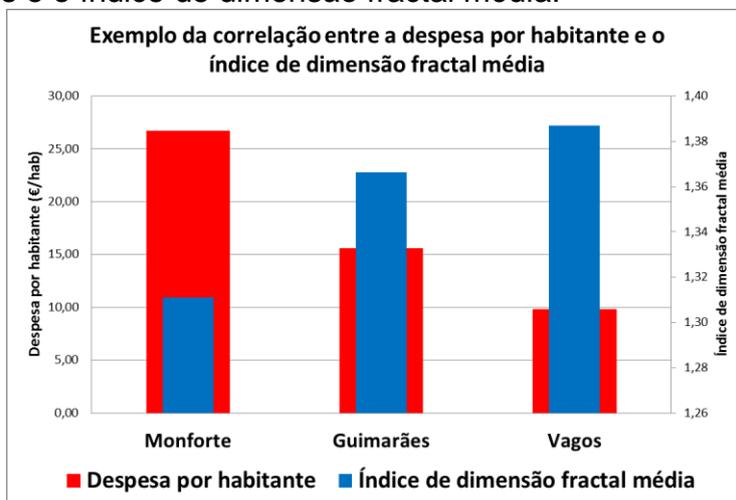


Figura 25 – Exemplo dos resultados obtidos na correlação entre a despesa por habitante com a recolha de resíduos urbanos e o índice de dimensão fractal média.

7. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A metodologia aplicada neste estudo permitiu proceder à quantificação da dispersão urbana através de métricas espaciais. Analisar as relações entre a demografia e as métricas de dispersão urbana, bem como avaliar as correlações entre as métricas de dispersão urbana e os custos dos sistemas de abastecimento de água, drenagem e tratamento de águas residuais e do sistema de resíduos urbanos nos municípios do território português.

Os sistemas de informação geográfica são instrumentos essenciais na análise das dinâmicas de ocupação do solo e foram uma componente fundamental na realização deste estudo, sem os quais não seria possível a sua execução. As ferramentas aqui aplicadas permitiram sistematizar e semiautomatizar os procedimentos de cálculo das métricas de dispersão, tornando-os num processo fácil e expedito.

A principal dificuldade encontrada neste estudo prendeu-se com o facto de que em grande parte dos casos, os valores de correlação obtidos são baixos. Este facto pode ser devido à grande variabilidade dos dados estatísticos existentes para o país. Os dados apresentam ainda incoerências estatísticas e, nalguns casos, escassez de informação ao nível municipal, existem muitos municípios para os quais não existem quaisquer dados. Assim, sugere-se que os trabalhos desta natureza devem considerar a possibilidade de serem realizados esforços no sentido de recolher informação mais detalhada e criteriosa junto das entidades gestoras dos sistemas.

As métricas de dispersão urbana estão fortemente relacionadas com as características demográficas, como o caso do índice de percentagem de ocupação e do índice de proximidade média. Por outro lado, os índices de compacidade média e dimensão fractal média são as métricas que se apresentam menos correlacionadas com a demografia, podendo indicar que estas métricas podem estar correlacionadas com outros factores como por exemplo a extensão da rede viária ou características morfológicas do território.

Ao nível nacional, a correlação entre as variáveis demográficas e as métricas de dispersão urbana indica que os municípios com menor concentração

populacional, de forma coerente, apresentam uma menor percentagem de ocupação urbana e um menor número de aglomerados urbanos. Nestes municípios, os aglomerados urbanos apresentam uma menor irregularidade e complexidade na sua forma territorial, estão mais próximos da sede do município no entanto, encontram-se mais distantes entre si. Pode-se concluir que os municípios com menor ocupação populacional apresentam características de dispersão urbana mais marcantes.

Das correlações entre as métricas de dispersão urbana e os custos dos serviços básicos de saneamento pode-se concluir que o índice de centralidade média parece ser a métrica menos adequada para a averiguar sobre a influência da dispersão urbana nos custos dos serviços de saneamento básico, uma vez que este parâmetro não apresentou evidências de correlação com os custos dos serviços em análise.

Para o sistema de abastecimento de água a métrica de dispersão que apresenta melhor correlação com o custo do sistema é o índice de compacidade média. Por sua vez, o sistema de recolha de resíduos urbanos está melhor correlacionado com o índice de dimensão fractal média.

Relativamente a estes dois sistemas de sistemas (abastecimento e recolha de resíduos) salvaguardam-se as correlações obtidas para com o índice de proximidade média, uma vez que estes sistemas são mais extensos e funcionam através da conexão de vários aglomerados na mesma rede de abastecimento e/ou circuito de recolha, os seus custos podem estar mais dependentes da dispersão dos aglomerados.

As relações analisadas sobre o sistema de drenagem de águas residuais não mostraram evidências estatísticas que permitissem concluir acerca da sua correlação com as variáveis em estudo. Este facto pode ser devido às características dos sistemas de drenagem, muitas vezes estes são compostos por pequenos/médios sistemas localizados individualmente nos aglomerados urbanos e portanto a sua dimensão/custo pode não estar relacionada com a organização e dispersão dos aglomerados no território.

Da análise dos custos dos sistemas de abastecimento de água e gestão dos resíduos urbanos constata-se ainda que a despesa municipal por habitante reflecte o efeito de escala populacional, onde um aumento da densidade populacional

promove uma diminuição da despesa por habitante. Por outro lado, ao analisar o encargo anual dos utilizadores finais para níveis de consumo de 60m³ com esses serviços verifica-se que a factura anual cobrada aos utilizadores não reflecte o efeito de escala populacional, sendo cobradas facturas mais elevadas em regiões com maior concentração de população. No entanto, esta análise não deve ser considerada uma vez que os dados da ERSAR correspondem às tarifas pagas pelos utilizadores finais e essas tarifas não correspondem ao valor real do serviço. O facto dos pequenos municípios, com povoamentos mais rarefeitos, terem menores custos relaciona-se com o facto de muitos destes cobrarem baixas tarifas ou nenhuma pela prestação destes serviços.

De um ponto de vista mais alargado, deste estudo permitiu averiguar que a sustentabilidade financeira das entidades gestoras constitui um desafio ao sector das águas e resíduos, especialmente nos casos onde a manutenção das baixas tarifas não são suficientes para cobrir as despesas por habitante, podendo-se prever uma evolução das políticas dos sectores neste sentido.

8. BIBLIOGRAFIA

- Abiko, A., Cardoso, L. R. A., Rinaldelli R. e Haga, H. C. R. (2003). *Custos básicos de empreendimentos de urbanização de favelas no Brasil*. DECC. São Paulo.
- Abrantes, P., Pimentel, D., Tenedório, J.A., (2010). *Metropolitan Dynamics Typology of the Portuguese Urban System*. The Open Urban Studies Journal, 3, p. 68-77, ISSN: 1874-9429. Recuperado em 18 de Novembro, 2011 de: <http://www.ceg.ul.pt/FURBS>.
- Agência Europeia do Ambiente – EEA (2006). *Urban Sprawl in Europe. The ignored challenge*. Office for Official Publications of the European Communities. Copenhagen.
- Aranha. J. T,M. (2006). *Sistemas de Informação Geográfica: Conceitos e Aplicações*. Série Didáctica. UTAD. Vila Real.
- Bernhardt, J. (2007). *Urban Sprawl – Origins and environmental consequences*. Blekinge tekniska högskola. Spatial planning department. Suécia.
- Borruso, G., (2003). *Network Density and the Delimitation of Urban Areas*. Transactions in GIS, 7 (2), p. 177-191.
- Cabral, P., Santos, J., e Augusto, G., (2011). *Monitoring Urban Sprawl and the National Ecological Reserve in Sintra-Cascais, Portugal: Multiple OLS Linear Regression Model Evaluation*. Journal of Urban Planning. Dev., 137(3), 346–353.
- Caetano M., Nunes, V. e Araújo, A. (2008). *Concepção e desenvolvimento das especificações técnicas da nova Carta de Ocupação do Solo de Portugal Continental*. Grupo de Detecção Remota. Instituto Geográfico Português.
- Carruthers, J. e Ulfarsson, G. (2003). *Urban sprawl and the cost of public services*. Environmental and Planning B: Planning and Desing. Vol.30. p. 503-522. USA.
- Clifton, K., Ewing, R., Knaap, G., e Song, Y. (2008). *Quantitative Analysis of Urban Form: a multidisciplinary review*. Journal of Urbanism, 1(1), p.17-45.
- Costa, E.M; Rocha, J.; Rodrigues, M., (2009). *Urban Form Analysis and employing land cover and spatial metris - the case of Lisbon Metropolitan Area*. 5 CTV, Barcelona, Espanha, 12p. Recuperado em 18 de Novembro, 2011 de:

http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/11349/1/01_PROCEEDINGS_M1_10_0023.pdf

- Danko, C.A.G.O.F.C. (2008). *Sustainable Infrastructure Development Definition of Criteria and Quantification of Indicators for Water and Wastewater Systems in Douro and Trás-os-Montes*. Dissertação de Mestrado em Eng. Civil - Especialização Engenharia Municipal. Universidade do Minho.
- Deal, B. e Schunk, D. (2004). *Spatial dynamic modeling and urban land use transformation: a simulation approach to assessing the costs of urban sprawl*. *Ecological Economics* 5, p. 79 – 95.
- DGOTDU (2011). *A ocupação dispersa no Quadro dos PROT e dos PDM*. Publicação associada ao Seminário “A Ocupação Dispersa no quadro dos PROT e dos PDM”. Recuperado em 11 de Novembro, 2011 de: <http://dgotdu.pt>.
- Dias, F.R.P (2010). Os custos da dispersão urbana. Infraestruturas públicas e densidades construtivas. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Duarte, L., Guiomar, N. e Neves, N. (n.d.). Avaliação dos efeitos de escala e contexto em métricas de paisagem. Universidade Nova de Lisboa. Recuperado em 18 de Novembro, 2011 de: <http://www.fcsh.unl.pt>
- Estatísticas do Ambiente (2010). Estatísticas Oficiais do Ambiente. Recuperado em 4 de janeiro de 2011 de: <http://www.ine.pt>.
- Ewing, R., Pendall, R. e Chen, D.D.T. (2002). *Measuring sprawl and its impact*. Smart Growth America. Washington D.C. Recuperado em 24 de novembro, 2011, de: <http://law.wustl.edu/landuselaw/Articles/measuringsprawl.pdf>
- Fagan, F. Willian; Meir, Eli; Steven S. Carroll e Jianguo Wu. (2000). The ecology of urban landscapes: modeling housing starts as a density-dependent colonization process. *Landscape Ecology* 16, p. 33-39. Kluwer Academic Publishers. Recuperado em 24 de novembro, 2011, de http://leml.asu.edu/jingle/Web_Pages/Wu_Pubs/PDF_Files/Fagan_etal_2001.pdf
- Figueiredo, M.P. (2009). *Análise de custos de urbanização*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

- Galster, G., Hanson, R., Ratcliffe, M.R., Wolman, H., Coleman, S. e Freihage, J. (2001). Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and Measuring an Elusive Concept. *Housing Policy Debate*, 12(4), 681-717. Recuperado em 25 de novembro, 2011, de <http://ebookbrowse.com/wrestling-sprawl-to-the-ground-defining-and-measuring-an-elusive-concept-pdf-d56114138>
- Gomes, E. e Rocha, J., (2010) Dimensão morfológica da forma urbana em Portugal Continental: ensaio metodológico. Jornadas MOPT: Conflitos e políticas territoriais: uma abordagem integrada aos processos de urbanização, Lisboa, Portugal, 15 e 16 de Dezembro de 2010. Recuperado em 18 de Novembro, 2011 de: http://www.mopt.org.pt/uploads/1/8/5/5/1855409/16dez_apres4_gomes_rocha.pdf
- Hasse, J.E. e Lathrop, R.G. (2003a). A housing-unit-level approach to characterizing residential sprawl. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 69(9), 1021-1030.
- Hasse, J.E. e Lathrop, R.G. (2003b). Land resource impact indicators of urban sprawl. *Applied Geography*, 23, 159-175.
- Hasse, J.E. (2002). Geospatial indices of urban sprawl in New Jersey. Doctoral Dissertation, Rutgers, The State University of New Jersey. USA.
- Hortas-Rico, M. (2010). *Urban Sprawl and Municipal Budgets in Spain: A Dynamic Panel Data Analysis*. Documents de Treball de l'IEB 2010/43. Institut d'Economia de Barcelona. Espanha.
- Huang, J. Lu, X.X e Sellers, J.M (2007) – *A global comparative analysis of urban form: Applying spatial metrics and remote sensing*. *Landscape and Urban Planning*, 82, p.184-197.
- Indovina, F. (2009). *Ciudad Difusa y Archipiélago Metropolitano*. *Cidades – Comunidades e Territórios*. Nº18. pp.13-28.
- INSAAR (2010). *Relatório do Estado do Abastecimento de Água e do Tratamento de Águas Residuais*. Recuperado em 4 de janeiro de 2011 de: <http://insaar.inag.pt/>.
- IRAR (2007). *Análise dos tarifários de serviços de gestão de resíduos urbanos em Portugal*. CESUR – Centro de Sistemas Urbanos Regionais. Relatório IRAR nº3/2007).

- Li, X. e Yeh, A.G. (2004). Analyzing spatial restructuring of land use patterns in a fast growing region using remote sensing and GIS. *Landscape Urban Planning*. 69 pp. 335-354.
- Litman, T. (2011). *Understanding Smart Growth Savings: What We Know About Public Infrastructure and Services Cost Savings, And How They are Misrepresented By Critics*. Victoria Transport Police Institute. 1 - 28. USA.
- Longley, P.A. e Mesev, V. (2000). *On the measurement and generalization of urban form*. *Environ. Plann. A* 32, 473-488.
- Macgarigal, K. e Marks, B.J. (2002). *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*. USA. Recuperado em 4 de Janeiro de 2011 de <http://www.umass.edu>
- Mascaró, J. L. (1979). Custos de infra-estrutura: um ponto de partida para o desenho económico urbano. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.
- Mascaró, J. L. (1987). *Desenho urbano e custos de urbanização*. Brasília.
- Mancini, G. A. (2008). *Avaliação dos custos da urbanização dispersa no distrito Federal*. Faculdade de Arquitectura e Urbanismo. Dissertação de Mestrado em Planeamento Urbano. Brasília.
- Marques da Costa, E., Rocha, J. e Rodrigues, M. (2009). *Urban Form Analysis and employing land cover and spatial metrics - the case of Lisbon Metropolitan Area*. 5 CTV, p.12. Barcelona, Espanha. Recuperado em 11 de janeiro, 2012, de http://upcommons.upc.edu/revistes/bitstream/2099/11349/1/01_PROCEEDINGS_M1_10_0023.pdf
- Marques da Costa, E., Gomes, E., Rocha, J., Marques da Costa, N., Abrantes, P. e Morgado, P. (2011). *Forma Urbana Sustentável – métricas e modelos aplicados a Portugal Continental*. Centro de Estudos Geográficos, Lisboa. ISBN: 978-972-636-222-7
- Nakamura, K. e Tahira, M. (2008). Distribution of Population Density and the Cost of Local Public Services: The Case of Japanese Municipalities. Working Paper nº 231. Faculty of Economics. University of Toyama. 1 – 25. Japan.

- Osman, S., Nawawi, A.H. e Abdullah, J. (2008). Urban Sprawl and Its Financial Cost: A Conceptual Framework. *Asian Social Science*. Vol. 4, nº 10, 39-50. Malasia.
- Paranhos, D. A. (2010). Tarifários e sustentabilidade de sistemas de saneamento básico. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Peterson, Del (2009). Transit and small urban sprawl. Small Urban & Rural Transit Center. Upper Great Plains Transportation Institute. North Dakota State University. USA.
- RASARP (2010). Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal. Recuperado em 4 de janeiro de 2011 de: <http://www.ersar.pt>.
- Rodrigues, M.R.B. (2009). “A forma urbana em Portugal Continental: aplicação de índices quantitativos na caracterização morfológica das cidades”. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Sistemas de informação geográfica e modelação territorial aplicados ao ordenamento. Dissertação integrada no âmbito da investigação desenvolvida no projeto FURBS: Forma Urbana Sustentável – Desenvolvimento Metodológico para Portugal (PTDC/GEO/69109/2006). Universidade de Lisboa. Portugal.
- Hortas-Rico, M. e Solé-Ollé, A. (2008). Does Urban Sprawl Increase the Costs of Providing Local Public Services? Evidence from Spanish Municipalities. *Social Science Research Network - Applied Economics Network*. Documents de Treball XREAP2008-10. Xarxa de Referència en Economia Aplicada. Vol.10, 1 – 31. Espanha. Recuperado em 11 de janeiro, 2012, de <http://ssrn.com/abstract=1843090>
- Torrens, P. (2008). *A Toolkit for Measuring Sprawl*. *Appl. Spatial Analysis* 1:5-36. USA.
- Trubka, R.; Newman, P. e Bilsborough, D. (2009). Assessing the costs of alternative development paths in Australian cities. Parsons Brinckerhoff/Curtin University. p. 1 – 40.
- Trubka, R.; Newman, P. e Bilsborough, D. (n.d.). The costs of Urban Sprawl (1): Infrastructure and transportation. Curtin. University of Technology.

ANEXOS

Tabela A: Resultado da correlação entre a despesa por habitante em abastecimento de água e as variáveis independentes.

		Coeficiente	Porcentagem de ocupaç	NMKM2	CENT	COMP	FRAC	PROX	POP	DP	
Aderência à funções de regressão	Potência	R	-0,19	-0,20	0,07	-0,29	-0,28	0,28	-0,23	-0,21	
		R2	0,04	0,04	0,00	0,08	0,08	0,08	0,05	0,05	
	Recta	R	-0,07	-0,17	0,17	-0,28	-0,26	0,16	-0,11	-0,08	
		R2	0,01	0,03	0,03	0,08	0,07	0,03	0,01	0,01	
	Exponencial	R	-0,13	-0,25	0,09	-0,28	-0,28	0,22	-0,14	-0,09	
		R2	0,02	0,06	0,01	0,08	0,08	0,05	0,02	0,01	
	Logarítmica	R	-0,10	-0,12	0,15	-0,28	-0,26	0,21	-0,17	-0,14	
		R2	0,01	0,01	0,02	0,08	0,07	0,04	0,03	0,02	
Teste de hipótese ao valor de correlação mais elevado (negrito)		t _{calculado}	2,821	3,758	2,594	4,439	4,215	4,279	3,373	3,181	
		Conclusão (99%)	EE	EE	NE	EE	EE	EE	EE	EE	EE
		Valor crítico de t para $\rho=0,01= 2,5991$									
		nº obs. = 215									
Legenda: EE – existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados; NE – não existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados. Fonte dados: INE											

Tabela B: Resultado das correlações entre o encargo anual dos utilizadores finais com abastecimento de água para níveis de consumo de 60m³.

		Coeficiente	POCUP	NMKM2	CENT	COMP	FRAC	PROX	POP	DP	
Aderência à funções de regressão	Potência	R	0,48	0,44	0,13	0,29	0,20	-0,48	0,52	0,49	
		R2	0,23	0,19	0,02	0,08	0,04	0,23	0,27	0,24	
	Recta	R	0,41	0,44	0,14	0,28	0,19	-0,39	0,37	0,26	
		R2	0,17	0,20	0,02	0,08	0,03	0,15	0,13	0,07	
	Exponencial	R	0,39	0,43	0,13	0,28	0,20	-0,39	0,35	0,25	
		R2	0,15	0,19	0,02	0,08	0,04	0,15	0,12	0,06	
	Logarítmica	R	0,50	0,44	0,15	0,29	0,19	-0,48	0,52	0,50	
		R2	0,25	0,19	0,02	0,08	0,03	0,23	0,27	0,25	
Teste de hipótese ao valor de correlação mais elevado (negrito)		t _{calculado}	9,44	8,16	2,59	5,03	3,37	9,15	10,19	9,58	
		Conclusão (99%)	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE	EE
		Valor crítico de t para $\rho=0,01 = 2,5939$									
		nº observ.= 276									
Legenda: EE – existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados; NE – não existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados. Fonte dados: ERSAR											

POCUP: índice de percentagem de ocupação; NMKM2: índice do número de manchas por km²; CENT: índice de centralidade média; FRACT: índice de dimensão fractal média; PROX: índice de proximidade média; POP: população residente em 2011; DP: Densidade populacional em 2011.

Tabela C: Resultado da correlação entre a despesa por habitante em drenagem e tratamento de águas residuais e as variáveis independentes.

		Coeficiente	POCUP	NMKM2	CENT	COMP	FRAC	PROX	POP	DPB	
Aderência à funções de regressão	Potência	R	0,03	0,11	0,07	-0,01	0,08	-0,03	-0,06	-0,05	
		R2	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	
	Recta	R	-0,06	-0,06	0,12	-0,10	-0,02	0,01	-0,12	-0,06	
		R2	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,02	0,00	
	Exponencial	R	-0,05	0,01	0,07	-0,01	0,09	-0,05	-0,10	-0,04	
		R2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	
	Logarítmica	R	-0,02	0,01	0,10	-0,10	-0,02	0,04	-0,11	-0,11	
		R2	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	
Teste de hipótese ao valor de correlação mais elevado (negrito)		t _{calculado}	0,890	1,651	1,854	1,585	1,309	0,747	1,884	1,633	
		Conclusão (99%)	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
		Valor crítico de t para $\rho=0,01 = 2,5971$									
		nº obs. = 235									
Legenda: EE – existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados; NE – não existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados.											

Tabela D: Resultado da correlação entre encargo anual dos utilizadores finais com a drenagem e tratamento de águas residuais para níveis de consumo de 60m³.

		Coeficiente	POCUP	NMKM2	CENT	COMP	FRAC	PROX	POP	DPB	
Aderência à funções de regressão	Potência	R	-0,23	0,36	0,09	0,26	0,15	-0,41	0,40	0,38	
		R2	0,05	0,13	0,01	0,07	0,02	0,17	0,16	0,15	
	Recta	R	-0,17	0,34	0,04	0,28	0,17	-0,29	0,18	0,07	
		R2	0,03	0,12	0,00	0,08	0,03	0,09	0,03	0,00	
	Exponencial	R	-0,24	0,36	0,07	0,27	0,15	-0,32	0,21	0,10	
		R2	0,06	0,13	0,00	0,07	0,02	0,10	0,04	0,01	
	Logarítmica	R	-0,16	0,34	0,07	0,28	0,17	-0,39	0,36	0,35	
		R2	0,02	0,12	0,00	0,08	0,03	0,15	0,13	0,12	
Teste de hipótese ao valor de correlação mais elevado (negrito)		t _{calculado}	3,799	5,915	1,382	4,470	2,655	6,809	6,719	6,272	
		Conclusão (99%)	EE	EE	NE	EE	EE	EE	EE	EE	
		Valor crítico de t para $\rho=0,01 = 2,5973$									
		nº observ.= 233									
Legenda: EE – existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados; NE – não existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados. Fonte dados: ERSAR											

POCUP: índice de percentagem de ocupação; NMKM2: índice do número de manchas por km²; CENT: índice de centralidade média; FRAC: índice de dimensão fractal média; PROX: índice de proximidade média; POP: população residente em 2011; DP: Densidade populacional em 2011.

Tabela E: Resultado da correlação entre a despesa por habitante com a recolha de resíduos urbanos e as variáveis independentes.

		Coeficiente	POCUP	NMKM2	CENT	COMP	FRAC	PROX	POP	DPB	
Aderência à funções de regressão	Potência	R	-0,11	-0,25	0,07	-0,22	-0,33	0,21	-0,04	-0,08	
		R2	0,01	0,06	0,01	0,05	0,11	0,04	0,00	0,01	
	Recta	R	0,07	-0,20	0,10	-0,19	-0,34	0,17	0,08	0,08	
		R2	0,00	0,04	0,01	0,04	0,12	0,03	0,01	0,01	
	Exponencial	R	0,00	-0,23	0,09	-0,21	-0,33	0,19	0,04	0,03	
		R2	0,00	0,05	0,01	0,04	0,11	0,04	0,00	0,00	
	Logarítmica	R	-0,06	-0,21	0,09	-0,20	-0,34	0,18	-0,01	-0,04	
		R2	0,00	0,05	0,01	0,04	0,12	0,03	0,00	0,00	
Teste de hipótese ao valor de correlação mais elevado (negrito)		t _{calculado}	1,85	4,25	1,61	3,69	6,00	3,50	1,27	1,39	
		Conclusão (99%)	NE	EE	NE	EE	EE	EE	NE	NE	
		Valor crítico de t para $\rho=0,01 = 2,5944$									
		nº obs. = 269									
Legenda: EE – existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados; NE – não existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados. Fonte dados: INE											

Tabela F: Resultado da correlação entre o encargo anual dos utilizadores finais com a recolha de resíduos urbanos para níveis de consumo de 60m³.

		Coeficiente	POCUP	NMKM2	CENT	COMP	FRAC	PROX	POP	DPB	
Aderência à funções de regressão	Potência	R	0,30	0,28	0,04	0,19	0,13	-0,30	0,29	0,28	
		R2	0,09	0,08	0,00	0,04	0,02	0,09	0,09	0,08	
	Recta	R	0,20	0,36	0,03	0,19	0,15	-0,26	0,11	0,04	
		R2	0,04	0,13	0,00	0,04	0,02	0,07	0,01	0,00	
	Exponencial	R	0,18	0,31	0,02	0,20	0,13	-0,24	0,10	0,04	
		R2	0,03	0,10	0,00	0,04	0,02	0,06	0,01	0,00	
	Logarítmica	R	0,33	0,32	0,05	0,19	0,15	-0,33	0,31	0,31	
		R2	0,11	0,10	0,00	0,04	0,02	0,11	0,10	0,10	
Teste de hipótese ao valor de correlação mais elevado (negrito)		t _{calculado}	5,434	6,093	0,770	3,146	2,295	5,385	5,138	5,119	
		Conclusão (99%)	EE	EE	NE	EE	NE	EE	EE	EE	
		Valor crítico de t para $\rho=0,01 = 2,5963$									
		nº observ.= 244									
Legenda: EE – existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados; NE – não existe evidência estatística que X e Y estejam correlacionados. Fonte dados: ERSAR											

POCUP: índice de percentagem de ocupação; NMKM2: índice do número de manchas por km²; CENT: índice de centralidade média; FRACT: índice de dimensão fractal média; PROX: índice de proximidade média; POP: população residente em 2011; DP: Densidade populacional em 2011.