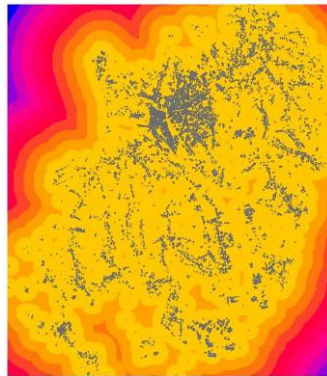




INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO  
Universidade Técnica de Lisboa



## **Identificação de Áreas Urbanas por Análise Espacial Matricial**

**Miguel Jorge Malveiro Valentim**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia do Território**

**Júri**

Presidente: Prof. Doutor José Álvaro Pereira Antunes Ferreira

Orientador: Prof. Doutor Alexandre Bacelar Gonçalves

Vogais: Prof.<sup>a</sup> Doutora Maria Beatriz Marques Condessa

**Novembro de 2008**

*A meu Pai*

# **Identificação de Áreas Urbanas por Análise Espacial Matricial**

Miguel Jorge Malveiro Valentim \*

**Curso de Mestrado em:** Engenharia do Território

**Orientador:** Professor Doutor Alexandre Bacelar Gonçalves

**Provas concluídas em:** 2008-11-11

## **Resumo**

A existência de modelos de ocupação do espaço que permitem ou promovem a dispersão e expansão do tecido edificado impõe consequências gravosas, nomeadamente ambientais e paisagísticas, constituindo-se como um forte desafio ao processo de desenvolvimento territorial. Deste modo, em várias áreas relacionadas com o Planeamento Urbano, muito interessará compreender as diversas tipologias de distribuição espacial do tecido edificado, e, se possível, dispor de métodos ou ferramentas que possibilitem a sua identificação automatizada.

O recurso a Sistemas de Informação Geográfica possibilita, hoje em dia, a realização de análises de natureza espacial de uma forma desenvolva e objectiva, predisposta ao aperfeiçoamento em contexto local e menos dependentes de informação disseminada e de rigor dificilmente controlável.

Nesta dissertação propõe-se um modelo de identificação de áreas urbanas, derivado de uma abordagem por estatística espacial, apoiada num conjunto de dados de variação discreta e sobre os quais se efectua uma análise espacial de distribuição baseada na área e densidade de ocorrências, impondo um conjunto de restrições de forma a modelar o propósito desejado. Torna-se assim possível a identificação de espaços de morfologia urbana, permitindo no decorrer do processo de planeamento, orientar recursos e actuar sobre estes, contrapondo com a imposição de limitações à expansão arbitrária e incentivo a usos rurais nos restantes.

Efectua-se ainda, além da análise de métodos com o mesmo propósito, a sua aplicação a um caso prático, propondo-se igualmente a aplicação de um conjunto de medidas passíveis de permitir a confirmação da qualidade do método.

## **Palavras Chave**

Áreas urbanas, SIG, Análise espacial, Matricial, Densidade, Medidas valorativas

---

\* [valentim.miguel@gmail.com](mailto:valentim.miguel@gmail.com)

# Identification of Urban Areas Using Raster Spatial Analysis

Miguel Jorge Malveiro Valentim<sup>\*</sup>

## Abstract

Serious consequences may result, mainly to the environment and landscape, from the adoption of spatial occupation models that promote or enable fuzzy urban sets, setting a strong challenge in the territorial development.

Thus, in several areas related to Urban Planning, it is of the utmost interest to understand the spatial distribution typologies of built areas, and, if possible, to have available methods or tools to allow its automatized identification.

Nowadays, Geographic Information Systems facilitate spatial analysis, not only in a rapid and objective manner, but also by being oriented to local improvement analysis and less dependent of disperse information which quality cannot be easily controlled.

In this thesis a model for the identification of urban areas is proposed. The method is based on spatial statistics and uses discreet variation data. A spatial distribution analysis is made considering densities and applying a set of restrictions thus enabling solutions for the problem. It is then possible to identify urban spaces, allowing resource orientation and action taking within the planning process for the control of urban settlements and the support of rural activities and uses in the remaining territory.

Apart from the analysis of similar methods, a practical application of the proposed method was also made, being complemented by the suggestion of procedures that allow the confirmation and evaluation of its quality.

## Keywords

Urban areas, GIS, Spatial analysis, Raster, Density, Quality measures

---

<sup>\*</sup> [valentim.miguel@gmail.com](mailto:valentim.miguel@gmail.com)

# Índice

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1.    | Introdução .....   | 1  |
| 1.1   | Enquadramento do problema .....  | 1  |
| 1.2   | Metodologia .....  | 4  |
| 1.3   | Organização da dissertação .....   | 6  |
| 2.    | Áreas urbanas e SIG .....  | 8  |
| 2.1   | Áreas urbanas .....  | 8  |
| 2.1.1 | Áreas urbanas em documentação de referência .....                                | 14 |
| 2.2   | Informação geográfica .....  | 18 |
| 2.2.1 | Sistema de Informação Geográfica .....   | 18 |
| 2.2.2 | Modelos geográficos e de dados .....   | 19 |
| 2.2.3 | SIG e análise espacial .....   | 22 |
| 2.2.4 | SIG sobre áreas urbanas em Ordenamento do Território .....                       | 24 |
| 3.    | Metodologias de identificação de áreas urbanas .....                             | 29 |
| 3.1   | Tipos de métodos .....   | 29 |
| 3.1.1 | Método de identificação de agrupamentos urbanos .....                            | 29 |
| 3.1.2 | Método Kernel Density Estimation .....   | 31 |
| 3.1.3 | Método Delineation Method of Urban Areas for the Census 2000 .....               | 32 |
| 3.1.4 | Análise comparativa .....  | 33 |
| 4.    | Proposta metodológica .....  | 36 |
| 4.1   | Fundamentação .....  | 36 |
| 4.2   | Descrição .....  | 38 |
| 4.3   | Características genéricas do método proposto .....                               | 44 |
| 5.    | Aplicação da metodologia proposta a um caso de estudo .....                      | 46 |
| 5.1   | Descrição genérica .....   | 46 |
| 5.2   | Medidas valorativas utilizadas .....   | 48 |
| 5.3   | Determinação dos parâmetros adequados .....                                      | 50 |
| 6.    | Considerações finais e desenvolvimentos futuros .....                            | 66 |
| 6.1   | Síntese do trabalho desenvolvido .....   | 66 |
| 6.2   | Os Sistemas de Informação Geográfica na identificação de áreas urbanas .....     | 66 |
| 6.3   | Métodos e técnicas existentes para a identificação de áreas urbanas .....        | 67 |
| 6.4   | Método proposto e resultados obtidos para a identificação de áreas urbanas ..... | 68 |
| 6.5   | Desenvolvimentos futuros .....   | 71 |
| 7.    | Referências Bibliográficas .....   | 72 |
| 8.    | Anexos .....   | 77 |
|       | Anexo I .....  | 77 |
|       | Anexo II .....   | 91 |
|       | Anexo III .....  | 93 |

## Índice de Quadros

|   |    |
|---|----|
| Quadro 1 – Classificação do espaço com base em valores e índices urbanísticos brutos .....    | 17 |
| Quadro 2 – Classificação do espaço com base em índices urbanísticos brutos .....              | 17 |
| Quadro 3 – Méritos e deméritos dos diferentes modelos de dados .....                          | 21 |
| Quadro 4 – Densidades máximas possíveis em função do raio de procura .....                    | 51 |
| Quadro 5 – Percentagem de área classificada por intervalo discreto de densidade .....         | 51 |
| Quadro 6 – Intervalos não testados.....   | 52 |
| Quadro 7 – Variações de parâmetros testadas.....  | 53 |
| Quadro 8 – Resultados obtidos para um raio de procura de 30 metros .....                      | 54 |
| Quadro 9 - Resultados obtidos para um raio de procura de 40 metros .....                      | 55 |
| Quadro 10 - Resultados obtidos para um raio de procura de 50 metros .....                     | 57 |
| Quadro 11 - Resultados obtidos para um raio de procura de 60 metros .....                     | 58 |
| Quadro 12 - Resultados obtidos para um raio de procura de 70 metros .....                     | 60 |
| Quadro 13 – Testes com melhores resultados de Avaliação Ponderada .....                       | 61 |
| Quadro 14 - Variações sensíveis do número de edifícios por região.....                        | 61 |
| Quadro 15 - Resultados obtidos pela variação sensível do número de edifícios por região ..... | 62 |
| Quadro 16 - Variações sensíveis raio de procura .....   | 63 |
| Quadro 17 - resultados obtidos pela variação sensível do raio de procura .....                | 64 |
| Quadro 18 - resultados da redução sensível do raio de procura para o melhor teste .....       | 65 |

## Índice de Figuras

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Esquema síntese da estrutura seguida.....                                      | 6  |
| Figura 2 – Formas de crescimento urbano.....  | 10 |
| Figura 3 – Modelo topológico de dados.....  | 20 |
| Figura 4 – Modelo não-topológico de dados .....   | 20 |
| Figura 5 – Modelo matricial de dados.....   | 21 |
| Figura 6 – Ilustração esquemática da definição de agrupamentos urbanos pelo método 1..... | 30 |
| Figura 7 – Aplicação do método 2 à rede viária de Trieste.....                            | 31 |
| Figura 8 – Ilustração esquemática da definição de áreas urbanas pelo método 3.....        | 32 |
| Figura 9 – Estrutura metodológica em UML.....   | 38 |
| Figura 10 – Erro de delimitação.....  | 39 |
| Figura 11 – Edificação sem função urbana relevante .....                                  | 39 |
| Figura 12 - Dados de base, vectoriais da classe polígono.....                             | 40 |
| Figura 13 – Conversão para dados vectoriais da classe pontos.....                         | 40 |
| Figura 14 – Pontos representativos nos centróides dos polígonos.....                      | 40 |
| Figura 15 – Superfície contínua de densidade.....   | 41 |
| Figura 16 – Cálculo do valor de densidade atribuído a cada célula.....                    | 41 |
| Figura 17 – Descriminação das células relevantes dos dados de teste .....                 | 42 |
| Figura 18 – Classificação da matriz.....  | 42 |
| Figura 19 – Reclassificação da matriz.....  | 42 |
| Figura 20 – Identificação de regiões nos dados de teste .....                             | 43 |
| Figura 21 – Identificação de regiões.....   | 43 |
| Figura 22 – Mancha classificada sem expansão de 1 célula .....                            | 43 |
| Figura 23 – Mancha classificada com expansão de 1 célula .....                            | 43 |
| Figura 24 – Conjunto de dados de referência em modelo vectorial.....                      | 47 |
| Figura 25 – Conjunto de dados de referência em modelo matricial.....                      | 47 |
| Figura 26 – Teste de referência r30_ d353c .....  | 55 |
| Figura 27 – Teste de referência r40_ 198c .....   | 56 |
| Figura 28 – Teste de referência r50_ d127 .....   | 57 |
| Figura 29 – Teste de referência r60_ d088 .....   | 59 |
| Figura 30 – Teste de referência r70_ d194 .....   | 60 |
| Figura 31 – Teste de referência r5_ d127_ 35 .....  | 63 |
| Figura 32 – Teste de referência r45_ d157_ 35 .....                                       | 65 |

## Lista de Acrónimos

|               |  |
|---------------|--|
| <b>CIMI</b>   | - Código do Imposto Municipal sobre Imóveis  |
| <b>CNIG</b>   | - Centro Nacional de Informação Geográfica   |
| <b>DGOTDU</b> | - Direcção Geral de Ordenamento Territorial e Desenvolvimento Urbano                         |
| <b>FER</b>    | - Fontes de Energia Renovável  |
| <b>FN</b>     | - Falsos Negativos ou erros de omissão   |
| <b>FP</b>     | - Falsos Positivos ou erros de comissão  |
| <b>IGEOE</b>  | - Instituto Geográfico do Exército   |
| <b>IGT</b>    | - Instrumentos de Gestão Territorial   |
| <b>INE</b>    | - Instituto Nacional de Estatística  |
| <b>KDE</b>    | - <i>Kernel Density Estimation</i>   |
| <b>PDM</b>    | - Plano Director Municipal   |
| <b>PMOT</b>   | - Planos Municipais de Ordenamento do Território   |
| <b>POSI</b>   | - Programa Operacional para a Sociedade de Informação  |
| <b>PROGIP</b> | - Programa de Apoio à Gestão Informatizada de Planos Municipais de Ordenamento de Território |
| <b>PROSIG</b> | - Programa de Apoio à Criação de Nós Locais do Sistema Nacional de Informação Geográfica     |
| <b>PROT</b>   | - Plano Regional de Ordenamento do Território  |
| <b>QCA</b>    | - Quadro Comunitário de Apoio  |
| <b>RGEU</b>   | - Regulamento Geral de Edificações Urbanas   |
| <b>SGBD</b>   | - Sistema de Gestão de Base de Dados   |
| <b>SIG</b>    | - Sistemas de Informação Geográfica  |
| <b>UML</b>    | - <i>Unified Modeling Language</i>   |
| <b>VN</b>     | - Verdadeiros Negativos  |
| <b>VP</b>     | - Verdadeiros Positivos  |

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 ENQUADRAMENTO DO PROBLEMA

Os actuais desafios do Planeamento passam não só pela tradicional e ainda premente tentativa de controlo da expansão urbana, mas também pela necessidade de reorganizar os espaços urbanos consolidados e organizar as suas áreas de expansão.

A crescente dispersão do espaço edificado constitui-se como um obstáculo e um desafio ao processo de planeamento territorial. É igualmente responsável pelo incremento exponencial da dificuldade de realização de um processo decisional transparente, que resulte em decisões equilibradas e solidárias, potenciadoras de uma realidade sustentável de vivência do território.

A expansão do tecido urbano tende a condicionar fortemente as alternativas e modelos de desenvolvimento de um determinado território. Como alicerce para a minimização dos efeitos negativos da urbanização difusa e dispersa, o planeamento territorial assume uma função primordial e um papel insubstituível na busca de formas sustentáveis de ocupação espacial. Impõe-se a adopção de medidas que visem o controlo eficaz da expansão física dos núcleos urbanos, permitindo, mais do que a mitigação das suas consequências nefastas, a sua prevenção, uma vez que os efeitos resultantes da adopção de padrões extensivos de ocupação difusa são indeléveis e dificilmente dissipáveis. O consumo irracional de solo será, porventura, a face mais visível desta problemática, agravado pela natureza escassa, limitada e irreproduzível deste recurso. Também a sua função contínua de suporte de toda a actividade humana é assim ameaçada ou comprometida de forma permanente. Neste sentido, a expansão do tecido urbano tende a condicionar incisivamente tanto os usos existente como os futuros, assistindo-se com o avançar do processo ao gradual abandono de terrenos agrícolas e radical alteração da paisagem, com consequente ameaça para valores naturais presentes. A falta de planeamento, como característica intrínseca, assume igualmente uma das suas faces mais gravosas, permitindo uma disseminação desarticulada e muitas vezes aleatória das diferentes actividades e usos, criando um contexto de competição entre usos rurais e urbanos e com este, um crescimento das situações de elevado grau de incompatibilidade entre eles. Contribui igualmente para a uniformização de formas, comportamentos e valores, com perda dos valores culturais associados ao espaço rural. O sentimento de identidade da comunidade em relação ao seu sítio dissipa-se assim ao ritmo a que o seu quotidiano passa a ser multipolar e fraccionado entre centros e periferias, entre espaços pouco planeados, descontinuados e indistintos.

Muitos factores concorrem para a agudização do fenómeno, sendo certo que a desvalorização económica das actividades agrícolas, aliada ao crescente reclamar de espaço por modelos de ocupação horizontal e extensivo altamente dependentes de infra-estruturas urbanas, contribuem ainda para a sua potenciação. Em termos de função, identidade e conectividade dos espaços, evidencia-se a alteração do sentido tradicional de fluxos de pessoas, bens e informação, que passa a efectuar-se maioritariamente no sentido do encontro das actividades existentes nestas novas



aglomerações, desligando-se sempre que possível das antigas. No entanto, dado o elevado consumo de recursos resultante do esforço de mobilidade exigido, o conteúdo destas áreas tende a esvaziar-se e a assumir um carácter de dormitório, mantendo-se uma pesada dependência funcional quotidiana de actividades em relação aos centros que lhes deram origem. Fortalece-se assim a pressão sobre os sistemas de transportes e o ambiente envolvente, sendo que o seu reforço, mais do que se constituir como um meio de mitigação da problemática, constitui-se também como um convite ao agravamento do contexto instalado.

Outras consequências gravosas, nomeadamente ambientais e paisagísticas, decorrem da expansão descontrolada de perímetros urbanos. As populações e o meio natural são colocados numa situação de grande pressão, acarretando impactes directos como poluição atmosférica, sonora e hídrica. A dependência funcional que espaços com este tipo de distribuição espacial apresentam, resulta num aumento dos padrões de poluição ambiental, consumo energético, consumo de espaço em infra-estruturas de comunicação e conseqüente fragmentação da paisagem. Também a criação de pontos de atracção provocados pela proliferação de extensas áreas mono-funcionais em pontos de acessibilidade máxima contribui para o aumento do número de viagens em transporte individual numa área de influência alargada, aumentando a competição entre usos e inflacionando o mercado fundiário. Tal implica a forte limitação da versatilidade de usos admissíveis, contribuindo definitivamente para a drástica redução dos padrões de sustentabilidade.

O aspecto financeiro inibe por fim as aspirações de uma gestão defensável para este tipo de espaços, uma vez que a dispersão inibe que possam ser aplicados em serviços básicos modelos apoiados em princípios de economia de escala, agravando o enorme esforço financeiro realizado em infra-estruturação e concorrendo para a diminuição substancial da qualidade dos mesmos.

Tendo como certa a necessidade de marcação e alteração de perímetros resultante das constantes transformações das estruturas urbanas, assume uma primordial importância a capacidade e a tarefa de conseguir identificar de forma transparente e limitar aquilo que são espaços urbanos, também com vista ao controle da expansão da malha urbana. Esta importância evidencia-se, antes de mais, por só assim se vislumbrar possível a contenção do fenómeno de ocupação dispersa e das suas consequências nefastas. Evidencia-se também pela natureza, apesar de legítima também discricionária, do acto de planear por parte da Administração Pública e que tem obrigatoriamente de fazer garantir o cumprimento da função social da propriedade privada e dos relevantes interesses públicos, materializando-os na definição de quais os solos a urbanizar e em que condições, procurando assegurar condições de igualdade, transparência e equidade entre todos os agentes presentes. Torna-se então notória a elevada dependência da organização territorial da capacidade de demarcação correcta dos perímetros urbanos, nomeadamente no que diz respeito à estruturação dos seus espaços urbanos, e onde a espacialização do edificado, pela sua natureza permanente, assume um papel primordial. Este aspecto é reforçado pelo facto da delimitação de um perímetro urbano implicar, além da materialização das suas regras, a previsão do seu crescimento e o condicionamento do modelo de desenvolvimento seguido.

O primeiro aspecto apossa-se de uma importância operacional. Apesar de a definição de um espaço como urbano não ser imediata, a possibilidade de identificação de espaços com pelo menos uma morfologia urbana, permite orientar recursos e actuar sobre estes de forma a promover ou reforçar a existência de centralidades que confirmem a afirmação de uma identidade, contrapondo com a imposição de limitações à expansão arbitrária e incentivo a usos rurais nos restantes.

O segundo aspecto, por sua vez, assume-se como socialmente importante e concordante com o dever de ordenar o território, consagrado pelo artigo 4º da Lei de Bases da Política de Ordenamento do Território (Lei n.º 48/98 de 11 de Agosto). Essa é uma atribuição reservada à Administração Pública, designadamente no que diz respeito ao planeamento e gestão de áreas urbanas e urbanizáveis. Só assim se torna possível obter um enquadramento apoiado para os princípios da equidade e da igualdade impostos pelo Decreto-Lei n.º 380/99 de 22 de Setembro, reafirmados pelo Decreto-Lei n.º 316/2007 de 19 de Setembro, no que se refere à aplicação de Planos Municipais de Ordenamento do Território (PMOT), nomeadamente pela necessária qualificação e classificação do solo imposta pelos Planos e da essencial repartição correcta e justa dos encargos e benefícios de operações urbanísticas consequentes (especificamente através de um sistema perequativo).

Esta tarefa pode ser efectuada de diversas formas, desde as mais prosaicas com recurso apenas a cartografia convencional, até às mais complexas com o auxílio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), recorrendo a dados de detecção remota, modelos estatísticos ou avaliação multi-critério. A mescla de valências de cada um destes é também possível. A determinação do perímetro existente decorre, no entanto e independentemente da técnica, da análise do padrão consolidado do edificado e tendo em conta duas características principais da mancha urbana: continuidade do espaço edificado e/ou proximidade a redes de infra-estruturação.

O crescimento e evolução contínua dos SIG introduziram a possibilidade da sua utilização como ferramenta de auxílio à análise espacial. Torna-se assim exequível a expedita avaliação de contextos geográficos e territoriais, agilizando da mesma forma o procedimento de tomada de decisão e potenciando o carácter eminente e necessariamente pragmático do processo de planeamento.

No entanto, para que a utilização de SIG no contexto do planeamento municipal possa ser elevado para um nível de operacionalidade superior, necessita de recursos humanos habilitados ou sensibilizados para a utilização de tais ferramentas. Infelizmente, por vezes a inércia de procedimentos e de falta de abertura política à mudança, faz com que se recorra frequentemente ao SIG unicamente como ferramenta de manipulação de cartografia ou ainda de simples actualização da delimitação de classes de espaço com base na manutenção de limites definidos previamente apoiados em cartografia muitas vezes desactualizada ou de escala desadequada. São desta forma desaproveitadas as imensas potencialidades que justificam a sua existência e implementação, sendo relegado para a função menor de pura edição e armazenamento de dados cartográficos.

São assim utilizados unicamente para impor limites no terreno de critérios predeterminados de forma mais ou menos transparente, disfarçando com uma máscara de rigor a tarefa de prioritária importância de delimitação de aglomerados urbanos no acto de planear cidade.

Dá-se então azo a ampliações incompreensíveis de perímetros urbanos sem que sejam justificadas ou por situações consagradas no terreno, ou dinâmicas habitacionais, populacionais ou económicas que as apoiem, com conseqüente potenciação do fenómeno de expansão extensiva da edificação. Na prática, tal traduz-se imediatamente num excesso de oferta de espaço urbanizável, permitindo uma dispersão do investimento privado por espaços que não os intersticiais, impedindo o estabelecimento de coerência da malha urbana, rentabilização dos investimentos municipais em infra-estruturas e equipamentos e a contenção do fenómeno de dispersão.

O primeiro passo tem sido dado na concepção de conceitos técnicos rigorosos que são definidos e afinados com base no contexto local, que depois são interpretados de forma a serem passíveis de ser aplicados com recurso a um SIG. Esses conceitos referem-se muitas vezes a características intrínsecas do tecido urbano, como o número mínimo de edificações, hierarquia da rede viária, existência de restrições, servidões ou outros condicionamentos, continuidade espacial, condições regulamentares e área de influência de equipamentos urbanos. Pela disponibilidade de informação existente e facilidade de operação são recorrentemente apoiados exclusivamente em modelos de dados vectoriais. No entanto, pela quantidade de informação envolvida de diferentes fontes e escalas, o seu rigor é dificilmente controlável, sendo igualmente de gestão complexa e altamente susceptíveis a erros topológicos e de omissão. Acresce ainda o facto de tornar extremamente moroso e conseqüentemente oneroso o processo iterativo, indispensável num processo de planeamento moderno que se deseja aberto e claro. Também a hipótese do desenvolvimento de acções de monitorização da evolução da rede urbana são conseqüentemente hipotecadas, justificando-se por isso o aperfeiçoamento de um método que venha de encontro a este tipo de questões.

Justifica-se então a premência de um método expedito, objectivo e controlável de delimitação espacial de aglomerados urbanos, menos dependente de informação disseminada e que se predisponha ao aperfeiçoamento constante em contexto local.

## 1.2 METODOLOGIA

Pela problemática exposta, a dissertação aqui apresentada desenvolve-se seguindo um conjunto de quatro tópicos principais:

1. *Estabelecimento dos conceitos teóricos referentes à definição de áreas urbanas e a relação entre a sua génese e as problemáticas que condicionam o seu desenvolvimento espacial*

Procura-se, através de uma exploração bibliográfica, aferir da existência de elementos normativos ou consensuais relativos à classificação das áreas urbanas nos seus diferentes contextos de formação e desenvolvimento. Tenta-se, desta forma, reconhecer elementos passíveis de permitir a sua diferenciação quanto à vocação para o processo de urbanização e de edificação através da evidência de características espaciais.

2. *Estabelecimento dos conceitos teóricos referentes a informação geográfica e a sua aplicação ao Ordenamento do Território*

Através da compreensão dos conceitos teóricos que estão na base da construção e utilização de um SIG e da possibilidade da aplicabilidade das suas valências no Ordenamento do Território em geral, e ao delineamento de perímetros urbanos em particular, tenta-se orientar as opções e aferir da possibilidade da utilização dos métodos técnicos e tecnológicos disponíveis para a identificação de áreas urbanas.

3. *Recolha e análise comparativa de métodos existentes*

Tendo em conta os méritos e deméritos evidenciados pela identificação de diferentes opções no que se refere aos modelos geográficos existentes e abordagens de análise espacial distintas, realiza-se uma recolha e análise dos métodos que melhor se adequam à problemática identificada, procurando aferir das suas principais valias e constrangimentos.

4. *Proposta metodológica para a identificação de áreas urbanas e sua aplicação a um caso de estudo, propondo medidas valorativas da sua qualidade, procedendo ainda à determinação da mesma.*

Tentativa de, através da utilização dos meios e procurando suprir debilidades metodológicas evidenciadas pelos métodos analisados, propor a aplicação de uma rotina, de forma a produzir uma delimitação indicativa de aglomerados urbanos em ambiente SIG. Procura-se também a definição dos parâmetros de modelação propostos que potenciam o desempenho do método apresentado. Para a determinação da qualidade do método e avaliação da pertinência dos parâmetros sugeridos propõe-se um conjunto de medidas valorativas da mesma, pretendendo-se assim aferir da sua valia.

Em síntese, os objectivos que regem a elaboração deste ensaio passam pela identificação e análise de metodologias para a identificação automática ou semi-automática de áreas urbanas, desenvolvimento de uma metodologia que cumpra esse fim e ainda a proposta de medidas de avaliação da solução alcançada através da sua aplicação a um caso de estudo. As orientações que a conduzem e a integração de teoria e prática que permite a busca e o alcance dos objectivos propostos são sistematizadas na Figura 1.

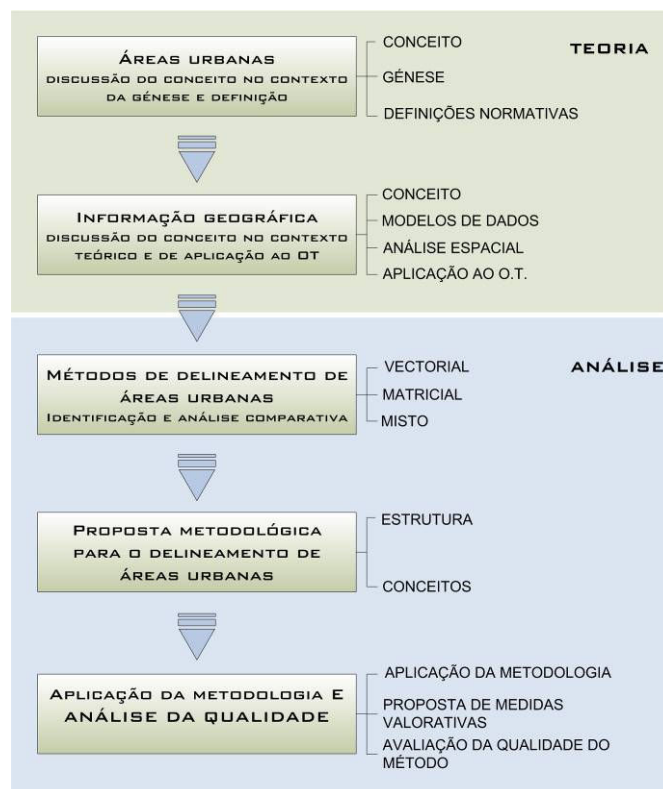


Figura 1 – Esquema síntese da estrutura seguida

### 1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Após o enquadramento da problemática e explicação da motivação que conduziu à escolha do tema explorado na presente dissertação, o capítulo segundo inicia-se com a discussão do conceito de *área urbana* no contexto tanto da possível diferenciação entre espaços urbanos consolidados e ocupação de natureza peri-urbana, como do da determinação de normas distintivas e exclusivas para a classificação do solo, no âmbito da literatura de referência e da legislação urbanística portuguesa. Segue-se a diferenciação fundamental que rege a concepção e utilização dos SIG, materializada pelas diferentes modelos geográficos e estruturas de dados adoptados. É então exposta a noção de análise espacial no âmbito de um SIG, estabelecendo-se a ligação destes últimos conceitos com os de Ordenamento do Território e de identificação de áreas urbanas.

O capítulo terceiro inicia-se pela apresentação da contextualização teórica e discussão conceptual dos métodos e técnicas orientadas para a identificação de áreas urbanas. Para tal contempla-se a apresentação de técnicas e métodos enquadrados na temática tratada – estatística espacial em ambiente SIG – através da apresentação e comparação crítica da sua definição e princípios de funcionamento, nomeadamente através da exposição exemplificativa da sua utilização. Esta secção tem como propósito, além do de criar conhecimento sobre a prática corrente, também o de suportar o entendimento da aplicação desenvolvida e concretizada seguidamente.

O quarto capítulo corresponde à apresentação de uma proposta metodológica desenvolvida tendo por base a motivação descrita no primeiro capítulo e as concepções teóricas dos capítulos seguintes.

Inicia-se com a justificação das opções técnicas e tecnológicas tomadas, sendo seguidamente descrita pormenorizadamente a sequência lógica e funcionamento operacional das operações que constituem o método proposto. O capítulo é concluído com a exposição de características intrínsecas ao método.

O quinto capítulo é orientado para o teste e aplicação da metodologia proposta a um caso de estudo consubstanciado por uma área do concelho de Tomar de características heterogéneas do ponto de vista da morfologia do espaço construído, propondo-se igualmente a aplicação de um conjunto de medidas passíveis de permitir a confirmação da qualidade do método, assim como a demais metodologias em igual contexto. São ainda, através da elaboração e análise de um conjunto de testes, determinados os parâmetros que facultam uma aproximação otimizada da aplicação do método ao caso de estudo.

Por fim, no sexto capítulo, as considerações finais aludem para a pertinência tanto da exposição apresentada, como das técnicas e dos métodos expostos e propostos para a identificação de áreas urbanas, identificando-se constrangimentos de índole prática e teórica. A reflexão é ainda orientada para desenvolvimento futuros no que diz respeito à universalização do método e orientação particular das suas valências.

## 2. ÁREAS URBANAS E SIG

### 2.1 ÁREAS URBANAS

A realidade da imprecisão do estabelecimento de fronteiras entre ocupação rural e urbana do território esbarra crescentemente, não só com sua essência ideal e imaginária, como com a dificuldade técnica de definição de parâmetros classificativos que constituam critérios distintivos destes dois subsistemas territoriais: cidade-centro e periferia.

A análise espacial, essencial no processo de planeamento, é desta forma imensamente dificultada pela dispersão da edificação e ocupação difusa do espaço. Esta dificuldade impede a definição do âmbito territorial do planeamento urbano e controlo rigoroso e circunscrito do seu crescimento, prosperando numa cadência igual ao do aumento dos modelos desconcentrados de cidade, que crescentemente impõe uma lógica organizacional dispersa e disseminada.

Não só pelo padrão de ocupação, mas também pela crescente constituição de zonas transição onde a mistura de usos e actividades, tal como a própria matriz socio-económica tradicionalmente de cariz rural e urbano, se confunde, inibindo assim a exactidão na definição de fronteiras pertinentes entre diferentes tipologias.

Apesar de, pela sua natureza disforme, ser de difícil caracterização, corresponde de uma forma geral a um tipo difuso de organização do espaço edificado, com especial incidência nas orlas urbanas e que correspondem, na prática, à transição entre o mundo citadino e o mundo rural onde existe uma forte convergência de actividades tradicionalmente afectas apenas a uma destas realidades.

A importância da identificação de padrões de urbanização nestes espaços cada vez mais extensos assume assim um papel fundamental para o processo de planeamento, nomeadamente pelos riscos para a sustentabilidade que a sua disseminação acarreta. A não definição de uma lógica de planeamento e de regras de ocupação baseadas no modelo desejado para um espaço com características espaciais específicas leva à inevitável, crescente e muitas vezes mascarada competitividade pelo uso de um mesmo solo, agravando assim a mencionada e muitas vezes incompatível convivência entre actividades. Tem assim lugar a localização errática e incoerente de construções, actividades e tipologias, apoiadas apenas numa lógica cronológica de oportunidade e necessidade.

A definição de espaço urbano não é facilitada pela intervenção deliberada da sociedade no território como forma de o adequar a necessidades contextuais culturais, políticas e económicas em constante mutação ao longo dos tempos. No entanto, por essas mesmas razões, a sua caracterização passa indubitavelmente pela sua evolução de função e utilização, mas também e em muito pela sua evolução formal. Tem-se assim que, para que um espaço seja entendido como urbano, necessita de apresentar características geométricas e estéticas extremamente legíveis [Krier, 1975].

Apesar de o espaço urbano e da sua definição evoluírem com o desenvolvimento civilizacional, uma diferenciação, ainda que relacional, pode ser genericamente imposta entre espaços historicamente consolidados e que possuem uma evolução genericamente controlada, e as referidas zonas de transição ou marginais nas franjas urbanas, de bem mais difícil caracterização tanto espacialmente como em termos de morfologia de crescimento. Este mesmo conceito está subjacente na definição vinculada de aglomerado urbano como o conjunto constituído por uma cidade e pelas suas periferias [Merlin *et al.*, 1988].

A interiorização e aceitação da existência de espaços segregados evidencia-se, antes de mais, como a constatação de que para além dos núcleos centrais consolidados e independentemente da sua génese resultar de uma imposição ou simplesmente dum legado de afirmação histórica, o território afirma-se passível de apresentar um outro conjunto díspar de organização. Decorre assim a sua dificuldade de definição directamente do processo de mutação constante a que se encontram sujeitas, atravessando muitas vezes processos cíclicos de crise e cujas desconstruções acabam por impor um processo particular e ritmo de imposição para cada uma delas.

Ambos os tipos de cidade podem ser caracterizados do ponto de vista da história, geografia, economia, política, sociologia, arte e arquitectura [Le Goff, 1999]. No entanto, do ponto de vista do zonamento como técnica de atribuição de regras funcionais e racionais a áreas pelo uso predominante do solo, a capacidade de definição de limites entre unidades que apresentem coerência tanto tipológica como morfologicamente, apresenta-se como fundamental. Neste particular, tanto o modelo de crescimento como o padrão espacial de ocupação, evidenciam-se no processo de definição da sua identidade tipo-morfológica e conseqüentemente na indispensável consagração da sua delimitação.

Este conceito, apesar de muito simplificado, já se encontrava na génese da teoria das zonas concêntricas de 1925 de Burgess, onde se impunha esta diferenciação de acordo com as actividades afectas a cada uma delas: centro de negócios; zona de transição; zona residencial operária; zona residencial de classe alta; coroa exterior [Burgess, 1925].

Existindo inúmeras definições e classificações propostas para caracterizar os espaços urbanos, têm comumente como elemento distintivo a diferenciação apoiada em características tipológicas ou morfológicas. Ao fazê-lo, existe o reconhecimento de que a sua tipificação se relaciona intimamente com a sua génese, processos e estádios de crescimento. Isso mesmo se encontra sintetizado na metodologia proposta por [Solà-Morales, 1997], onde através da combinação no tempo e no espaço das operações básicas de construção de cidade – loteamento (L), infra-estruturação (I) e edificação (E) – é possível estabelecer as tipologias estruturais do crescimento urbano que caracterizam os diversos espaços. São assim identificadas as diferentes estruturas, enumeradas seguidamente e sistematizadas na Figura 2:



- Traçado – alargamento lento e progressivo da malha urbana, com o loteamento, infra-estruturação e edificação a realizarem-se em momentos e ritmos distintos;
- Crescimento-suburbano – expansão da mancha urbana apoiada em elementos arteriais de infra-estruturas que possibilitam o despoletar de operações de loteamento em solo até aí rural e posterior edificação;
- Urbanização marginal – ocupação fechada sobre si mesma, com génese em móveis específicos e disponibilidade de solo, introduzidas como volumes autónomos do processo de crescimento urbano.
- Cidade planeada – edificação normalizada e repetitiva fora dos limites da cidade, onde a infra-estruturação se realiza em simultâneo com o loteamento, sendo dotada das funções básicas para acomodar uma população específica de forma imediata;
- Áreas de génese ilegal – edificações sem legitimidade legal que primam pela falta de estrutura do tecido urbano e de coordenação entre urbanizações, resultando em problemas graves de funcionamento, incluindo coerência de infra-estruturação e acesso a equipamentos. Constituem-se no acto único de edificar, ocupando muitas vezes áreas ambientalmente e ecologicamente sensíveis;
- Grandes empreendimentos – as operações de loteamento, infra-estruturação e edificação são realizadas quase em simultâneo, sendo de origem predominantemente industrial. Situam-se em solo rural e têm muitas vezes apenas um acesso, sendo a ocupação realizada de forma desconexa e com o fim último de aproveitamento do solo, infra-estruturas serviços.

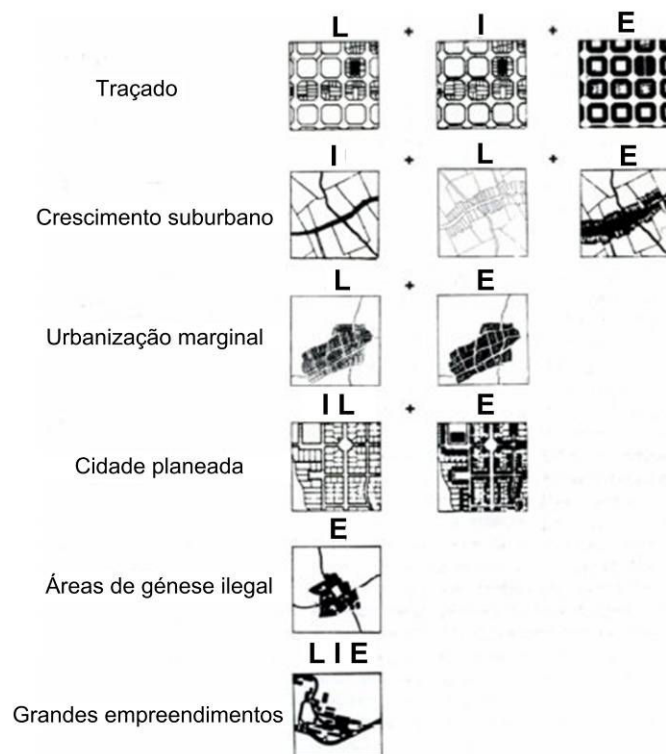


Figura 2 – Formas de crescimento urbano  
 Fonte: [Solà-Morales, 1997]

As zonas de transição, anteriormente caracterizadas como suburbanas, apresentam um móbil de crescimento e desenvolvimento de difícil controlo ou previsão, tão díspar quanto as razões da sua génese.

O tratamento dado a este tema pela literatura europeia tem sido diverso, convergindo na sua denominação como processo de peri-urbanização ou para-urbanização. A origem da alusão deste conceito tem sido consecutivamente atribuída primeiramente à bibliografia anglo-saxónica, sendo mais incisivamente utilizado em bibliografia francesa, nomeadamente dos anos 40 por Max Sorre e J. Racine e das décadas de 50 e 60 por G. Bauer e J. Roux [Tenedório, 1998] e [Jean *et* Calenge, 1997].

Desde então, as tentativas de formalizar o conceito têm-se multiplicado no tempo:

- área com características distintas que é apenas parcialmente assimilada no complexo urbano em crescimento, permanecendo parcialmente rural e onde muitos dos residentes vivem no campo mas não são aí integrados nem social nem economicamente [Carter, 1974].
- área onde o crescimento suburbano tem lugar e onde usos urbanos e rurais se encontram combinados, formando conjuntamente a zona de transição entre a cidade e o campo [Johnson, 1974, *cit.* Adell, 1999].
- um espaço intermédio, meio rural, meio urbano (...), devido à presença quase exclusiva de habitações unifamiliares [Chapuis, 1995].
- desenvolvimento dos aglomerados urbanos, bem além dos seus limites históricos, de forma pouco densa e com predomínio de habitação unifamiliar [Jacques Mayoux, 1979 *cit.* Carvalho, 2003].
- processo de crescimento residencial em direcção à periferia rural de uma cidade. Este processo leva à emergência de uma zona espacial caracterizada pela mistura de actividades agrícolas e agregados familiares que com deslocações pendulares diárias entre as suas residências e a cidade [Carouso, 2005].

De qualquer forma, o seu conceito sucede indubitavelmente da justaposição de diferentes contextos espaciais e urbanos, fugindo do modelo clássico de centro e periferia [Waley, 2002]. Constroem-se assim relações entre espaços urbanos distintos, resultantes da fragmentação social e espacial da cidade, resultando em espaços com diferentes níveis de interdependência entre si [Sposito, 2004]. A periferia pode, aliás, ser tida como um espaço com grande diversidade de tipos de ocupação do solo, que se organiza morfológica e funcionalmente na dependência de um núcleo central [Pereira, 1986].

Tendo este princípio em conta, é possível estabelecer uma divisão deste tipo de espaços de acordo com a sua origem:

- Aglomerados cuja característica principal é a continuidade da sua malha, densidade média e alguma mistura de serviços. São de génese recente e acompanham as funções dos núcleos que lhes deram origem;

- Extensões das malhas urbanas por prolongamento da rede viária, com carácter mais monofuncional e que pela sua posição central se encontram submetidas processos recentes de densificação e transformação;
- Formações lineares ou longo das infra-estruturas viárias existentes ou de elementos geográficos singulares, cujo desenvolvimento permite a ligação entre aglomerados, dando origem a conurbações urbanas;
- Assentamentos em forma arborescente ou em grupos mais ou menos erráticos sobre topografia diversa, de carácter predominantemente residencial, apesar de frequentemente sejam designados a usos industriais nas coroas metropolitanas mais afastadas;
- Assentamentos dispersos, produzidos em resultado da ocupação individualizada do território rústico segundo uma lógica auto-organizada e sem as características de marginalidade e auto-construção significativas no passado;
- Nodos ou enclaves situados em pontos estratégicos de acessibilidade máxima, constituindo-se como novas centralidades.

[adaptado de Font, 1997]

Com o aumento de modelos erráticos e díspares de edificação, a delimitação destas periferias assume-se cada vez mais como uma tarefa de especial dificuldade. A complexidade aumenta com a ampliação do âmbito territorial da análise, uma vez que ao fazê-lo, incrementa-se a probabilidade de ocorrência de padrões de urbanização de diferente génese e natureza. Assim, centrando a área de análise num centro urbano e expandindo-a concêntricamente, encontraremos tipicamente um núcleo consolidado de cidade e na periferia uma situação de ocupação linear e a expansão errática de tipologias residenciais em espaço de características eminentemente rural onde “se incluem, em descontinuidade espacial, zonas construídas de densidade diversa, espaços abertos, actividades agrícolas, reservas naturais, extensões residenciais e concentração de serviços e actividades industriais, repartidos ao longo de eixos de transporte constituídos por estradas e transporte público. Não existe uma verdadeira divisão entre zonas, já que os lugares de trabalho e as áreas residenciais e comerciais estão dispersas em várias direcções. E apesar de estarem centradas em torno de uma cidade central, os seus centros urbanos menores são gradualmente absorvidos em redes intrametropolitanas” [Castells, 2001].

No entanto, independentemente da conjectura, da imposição de mecanismos reguladores das variáveis em questão ou mesmo da sua diferente articulação institucional, um modo extensível de urbanização apenas se torna praticável perante a combinação simultânea de decisões políticas que disponibilizem solo e condições socio-económicas favoráveis para o seu uso urbano. Contribui ainda a possibilidade e desejo de alguns grupos sociais de viver neste tipo de áreas, seja pela pacatez, pela maior proximidade com valores naturais ou simplesmente pelo menor preço da habitação [Nello, 1999]. De uma forma mais incisiva, os factores catalisadores deste fenómeno passam pela recente possibilidade de viver longe dos centros urbanos sem que tal se revele particularmente oneroso em termos de tempo de viagem entre a residência e o local de trabalho e vice-versa, nomeadamente apoiados na massificação do uso do transporte individual e sobretudo na expansão da rede de infra-estruturas viárias assim como da melhoria da rede de comunicações (telefone, Internet), que minimizam as vantagens quotidianas da aglomeração, potenciando a dispersão.

Em termos de conjectura económica, há que destacar ainda tanto a crescente disponibilidade para a adopção de segundas residências e facilidade de deslocação a estas, como a tentativa por parte dos municípios de aumentar o seu orçamento. Esta última tem um papel fulcral na disponibilidade de solo para ocupação urbana, sendo que o aumento de população *per si* implica um reforço do financiamento do município relativamente ao orçamento de estado, adicionando-se ainda um mercado de solos mais competitivo resultante da pressão urbanística sobre solos rurais com contrapartidas financeiras directas para o concelho que desta forma justifica a classificação extensiva de espaço urbano e a adopção de medidas menos limitativas à edificação em espaço rural.

As zonas de transição podem assim, de alguma forma, ser entendidas como espaços urbanisticamente desagregados, em que as dinâmicas habitacionais e populacionais não apresentam um desejável comportamento solidário, impondo-se no território em núcleos múltiplos mais ou menos expandidos e em contextos urbanos multiplamente diferenciados, preferencialmente por questões socio-económicas e de acessibilidade.

Esta realidade põe em causa o arquétipo de aglomerado como unidade única de constituição do espaço urbano, mudança esta altamente apoiada no aumento da taxa de motorização e aumento da capacidade individual de mobilidade sustentada na disponibilidade de recursos económicos e melhoria das infra-estruturas viárias. Exige-se então que se considerem estruturas em rede mais ou menos concentradas e cuja forma depende cada vez mais das relações entre eles e menos de limites administrativos ou normativos. Na realidade, a limitação absolutamente normativa assume-se sempre como uma aproximação da realidade, uma vez que “o meio urbano se organiza basicamente sobre relações entre espaços públicos, com gradações e transições diversas entre estes dois estatutos, em termos de utilizações e serventias. Por outro lado, caracteriza-se pela densidade das redes que o infraestruturam e pela multiplicidade de funções, de dependências que se sobrepõem, explorando complementaridades, vizinhanças, resolvendo ou minimizando conflitos e evitando incompatibilidades” [DGOTDU/UTL, 1996b]

A Direcção Geral de Ordenamento Territorial e Desenvolvimento Urbano (DGOTDU) avança como definição para espaço suburbano a noção de território urbanizado que rodeia um centro populacional

marcadamente urbano. Simultaneamente reflecte a situação de “inferioridade”, ou dependência desse território, relativamente à cidade, situação essa expressa na própria formação do vocabulário suburbano. Caracteriza-se ainda pela sua densificação progressiva e pelo tipo dominante das suas construções, pela estratificação social dos seus habitantes, pelo modo de integração da zona no aglomerado ao nível dos transportes, da diversidade de equipamentos, acessos, comércio e empregos, ou segundo a sua maior ou menor distância ao centro.

### **2.1.1 ÁREAS URBANAS EM DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA**

Na tentativa do estabelecimento de critérios claros e exclusivos para a classificação do solo, nomeadamente no cumprimento do regime jurídico dos instrumentos de gestão territorial regulado pelo DL 380/99 de 22 de Setembro, artigos 72.º e 73.º, recentemente alterado pelo DL 316/2007 de 19 de Setembro mas mantendo a redacção dos dois artigos mencionados, alguns limites normativos foram sendo impostos tanto por legislação urbanística como por Instrumentos de Gestão Territorial (IGT) ou ainda recomendados por literatura de referência.

A evolução da legislação urbanística em Portugal tem produzido um conjunto díspar de definições no que concerne às condições que um determinado espaço deve apresentar para que seja classificado como urbano. Variando entre a descrição normativa e a enunciação de características distintivas, a diversidade e multiplicidade existente da qual são apresentados exemplos, deixa acima de tudo, perceber a dificuldade de afirmação de um conceito comum capaz de guiar os diferentes objectivos ambicionados pelo acto de planear.

#### **Decreto-Lei n.º 400/84, de 31 de Dezembro**

A norma legal de 1984 referente à regulamentação de loteamentos urbanos apresentava no seu artigo 5º a definição de aglomerado urbano como “ *o núcleo de edificações autorizadas, servido por arruamentos públicos, e a respectiva áreas envolvente, em que o perímetro é definido pelos pontos distanciados 50 metros do eixo daqueles arruamentos no sentido transversal e 20 metros da última edificação do núcleo no sentido do arruamento*”

#### **Decreto-Lei n.º 69/90, de 2 de Março**

A legislação de 1990 destinada a regulamentar os PMOT, definia no seu artigo 28.º perímetro urbanos como “conjunto do espaço urbano e do espaço urbanizável”. Os espaços urbanos são tidos como “*caracterizados pelo elevado nível de infraestruturação e densidade populacional, onde o solo se destina predominantemente à edificação*”. Por sua vez, *espaços urbanizáveis são aqueles passíveis de poder vir a adquirir as características de espaços urbanos, geralmente designados por áreas de expansão*”.

### **Decreto-Lei n.º 211/92, de 8 de Outubro**

A definição anterior de perímetro urbano dada pelo Decreto-Lei n.º 69/90 foi posteriormente revogada pelo Decreto-Lei n.º 211/92, definindo no seu artigo único perímetro urbano como “conjunto do espaço urbano, do espaço urbanizável e dos espaços industriais que lhes sejam contíguos”.

### **Lei 26/2003, de 30 de Julho**

A Lei 26/2003, que autoriza o Governo a aprovar o Código do Imposto Municipal sobre Imóveis (CIMI), assume no seu artigo 2.º para efeitos de tributação de imposto, a definição anterior, impondo no entanto um limite mínimo de fogos:

*“...consideram-se aglomerados urbanos, além dos situados dentro de perímetros legalmente fixados, os núcleos com um mínimo de 10 fogos servidos por arruamentos de utilização pública, sendo o seu perímetro delimitado por pontos distanciados 50 m do eixo dos arruamentos, no sentido transversal, e 20 m da última edificação, no sentido dos arruamentos.”*

Em termos de IGT e a título exemplificativo, foram tidos em consideração um plano de escala regional e outro de escala local: um Plano Regional de Ordenamento do Território (PROT) e um Plano Director Municipal (PDM). A sua relevância revela-se não só pela sua análise permitir aferir das diferentes concepções apresentadas nas diferentes escala de planeamento, mas também por regularem o território da área de estudo, localizada no concelho de Tomar, utilizada para testar o modelo proposto. O primeiro destaca-se por definir o modelo de organização territorial, estabelecendo a estrutura regional do sistema urbano e constituindo-se como referência para a elaboração dos PMOT, logo do planeamento à escala municipal. O segundo evidencia elevada relevância por efectivar esses mesmo termos de referência, estabelecendo o regime do uso do solo e os parâmetros do seu aproveitamento. Assume assim importância a forma como estes instrumentos definem características para que o solo possa ser classificado como urbano.

### **Plano Regional de Ordenamento do Território do Oeste e Vale do Tejo,**

#### **versão para discussão pública**

O PROT do Oeste e Vale do Tejo, constituindo-se como um instrumento de natureza estratégica, não deixa de, na sua versão para discussão pública, apresentar um conjunto de critérios para a qualificação do solo urbano, nomeadamente no que diz respeito a áreas consolidadas. A presença desta informação evidencia-se primeiramente por este Plano, como IGT, vincular as entidades públicas (nomeadamente autarquias) do seu âmbito territorial designadamente na produção de PMOT. Evidencia-se também pelo facto de ser o mais recente Plano Regional de Ordenamento do Território a ser apresentado.

Assim, segundo este instrumento e apesar de apresentar diversos critérios não normativos para a definição de outras categorias de solo urbano, para que um espaço edificado possa ser considerado uma área urbanizada consolidada, está terá de:

- Possuir áreas em que a edificação tem um carácter compacto e contínuo (ou uma proporção de áreas não totalmente consolidadas inferior a 20% do total de área);
- Corresponder a uma concentração de edificações destinadas a residência e/ou funções e usos urbanos;
- Afastadas entre si a menos de 50 metros;
- Em áreas de densidade superior a 7 edifícios/ha;
- Ter um mínimo de 80 edifícios;
- Ter morfologia definida por uma rede viária e por edifícios e áreas destinadas aos diferentes usos e funções urbanas.

[adaptado de CCDRLVT, 2008]

### **Plano Director Municipal de Tomar,**

#### **regulamentado pela RCM n.º 100/94 de 8 de Outubro**

Para cada município, o PDM define os perímetros urbanos de acordo com um conjunto particular de critérios que atenderá, em princípio, à génese e natureza dos seus espaços edificados. No município de Tomar, onde se localiza a área utilizada para testar o modelo proposto, a classificação de aglomerados urbanos apenas tem em conta a população do aglomerado, ressalvando apenas os casos das sedes de freguesia para os espaços urbanos de nível II. Assim, foram definidos pelo PDM de Tomar no artigo 30.º do seu Regulamento, as seguintes categorias de espaço urbano e correspondentes critérios regulamentares:

- *Espaços urbanos de nível I – cidade de Tomar;*
- *Espaços urbanos de nível II - sedes de freguesia e aglomerados com mais de 500 habitantes;*
- *Espaços urbanos de nível III - aglomerados entre 250 e 500 habitantes;*
- *Espaços urbanos de nível IV - aglomerados com menos de 250 habitantes;*
- *Núcleos habitacionais – espaço com características predominantemente habitacionais formado pelo conjunto de construções autorizadas e já existentes, que correspondem aos actuais lugares com menos de 250 habitantes cuja delimitação não consta da planta de ordenamento municipal e que reúnam, cumulativamente, as seguintes condições: Existirem, no mínimo, 10 habitações; As construções deverão estar distanciadas entre si no máximo de 30 m, por forma a que o seu conjunto possa ser definido por uma linha poligonal fechada.*

No entanto, como referência e síntese empírica de todas estas definições, recomendações e critérios normativos avançadas, fica para além da noção da diversidade apoiada pelas diferentes opções, que um “perímetro urbano pressupõe, em princípio, a existência de espaços onde se concentra o povoamento, contrastando com áreas vizinhas onde o índice de utilização do terreno ou a percentagem de solo edificado é muito menor, de outra ordem de grandeza” [DGOTDU/UTL, 1996b].

Em termos de literatura de referência para o Planeamento em Portugal, são apresentados dois exemplos. O primeiro, apesar de não permitir uma aplicação directa para definição de perímetros urbanos, ao apresentar parâmetros distintivos para a classificação do solo, impõe a noção que a morfologia do edificado e população a si afecta condiciona a classificação de cada unidade de planeamento.

Quadro 1 – Classificação do espaço com base em valores e índices urbanísticos brutos

| Nível de densidades                  | $d_b$ hab/ha | $D_b$<br>fogos/ha | $i_b$ (max.)    | $h_t$<br>( $n_{máx.}$ ) | $a_c$<br>m <sup>2</sup> /hab. | Dimensão média dos fogos  |
|--------------------------------------|--------------|-------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------------|---|
| Em meio rústico                      | ≤ 2,5        | ≤ 1,0             | ≤ 0,025         | [1 - 2]                 | 90                            | pequenos: ≤ 100 m <sup>2</sup><br>médios: [100 e 200 m <sup>2</sup> ]<br>grandes: [200 e 400 m <sup>2</sup> ] |
| Para-urbana de baixa densidade       | [2,5 - 5]    | [1,0 - 1,7]       | [0,025 - 0,060] | [2 - 3]                 | [60 - 90]                     | [150 - 400 m <sup>2</sup> ]   |
| Para-urbana de alta densidade        | [5 - 10]     | [1,7 - 3,5]       |                 |                         |                               |   |
| Para-urbana de muito baixa densidade | [10 - 20]    | [3,5 - 7]         | [0,045 - 0,20]  | [2 - 3]                 | [40 - 60]                     | [120 - 180 m <sup>2</sup> ]   |
| Urbana de baixa densidade            | [20 - 40]    | [7 - 14]          | [0,18 - 0,52]   | [3 - 4]                 | [30 - 45]                     | ≤ 120 m <sup>2</sup>  |
| Urbana de média/baixa densidade      | [40 - 80]    | [14 - 27]         |                 | ≈5                      |                               |   |
| Urbana de média densidade            | [80 - 120]   | [27 - 40]         |                 |                         |                               |   |
| Urbana de média/alta densidade       | [120 - 160]  | [40 - 53]         | [0,50 - 0,65]   | [5 - 6]                 | [30 - 45]                     | ≤ 120 m <sup>2</sup>  |
| Urbana de alta densidade             | [160 - 195]  | [53 - 65]         | ≥ 0,60          | [6 - 8]                 | ≤ 35                          | ≤ 120 m <sup>2</sup>  |

Fonte: [DGOTDU/UTL, 1996a]

O segundo reconhece que apesar de ser possível explicitar parâmetros numéricos de classificação de espaços urbanos, esses parâmetros são habitualmente definidos na forma de intervalos por forma a permitir alguma flexibilidade, devendo-se ainda admitir o carácter particular de cada território intervencionado.

Quadro 2 – Classificação do espaço com base em índices urbanísticos brutos

| Densidade    | d. Pop (hab/ha)  | d. Hab (f/ha)   |
|--------------|------------------|-----------------|
| Rural baixa  | < 0,16           | < 0,053         |
| Rural média  | [0,16 - 0,64]    | [0,053 - 0,21]  |
| Rural alta   | [0,64 - 2,50]    | [0,21 - 0,83]   |
| Para-urbana  | [2,50 - 10,00]   | [0,83 - 3,30]   |
| Urbana baixa | [10,00 - 40,00]  | [3,30 - 13,30]  |
| Urbana média | [40,00 - 160,00] | [13,30 - 53,30] |
| Urbana alta  | > 160            | > 53,30         |

Fonte: [Lobo, 1999]



## 2.2 INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

### 2.2.1 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

O fim das limitações de representação de cartografia em suporte físico configura igualmente o acabar de condicionalismos ligados a aspectos cartométricos e simbólicos. O desafio que hoje se apresenta prende-se com a capacidade de, através de um modelo geográfico, estabelecer um compromisso viável entre sintetizar conhecimento a partir de um conjunto de dados e simultaneamente fornecer informação cuja integridade permita ainda ser operada com vista a representar conhecimento sobre outro contexto analisado. Desta forma, um SIG corresponde à concretização de um modelo geográfico conceptual, ou de uma forma mais simples, a um sistema de informação aplicado à modelação geográfica de fenómenos [Matos, 2001].

Um SIG pode também ser tido como um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados [Aronoff, 1989] ou como um suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de resposta a problemas [Cowen, 1988]. Estas e outras definições têm sido avançadas por outros tantos autores, verificando-se no entanto que, por norma, a área de conhecimento por estes tratada influencia de forma decisiva os aspectos valorizados na definição apresentada. Ainda assim, a multiplicidade de definições, mais que incoerência, reforça a natureza multidisciplinar dos SIG, sendo que a sua força principal é a presença de um modelo dinâmico da realidade geográfica que permite produzir representações alternativas ou combinações para a produção de nova informação [Reis, 1993].

## 2.2.2 MODELOS GEOGRÁFICOS E DE DADOS

Os SIG podem ser apoiados num conjunto variado de modelos tanto geográficos como de dados. Estes dois aspectos podem ainda cruzar-se, dando origem a resultados de utilização mista de cada um dos tipos identificados.

Os modelos geográficos dizem respeito à forma como os dados são sintetizados, se organizam e interagem de forma a proceder à desejada modelação da realidade. Tem assim, antes de mais, que ver com o estabelecimento dos objectivos da modelação. Refere-se igualmente à forma como é realizada a definição dos dados espaciais utilizados através da sua conceptualização, distinguindo-se também pelo conceito da estrutura de dados a estes associada. Os modelos existentes são os seguintes:

- Modelos relacionais: o objecto encontra-se associado a um registo numa tabela
- Modelos orientados por objectos: todos os atributos que caracterizam uma dada entidade e as operações que permitem a sua manipulação, encontram-se agrupadas
- Modelos difusos: a descrição geométrica dos objectos é feita a partir de pontos com uma distribuição estatística em torno de um valor exacto
- Modelos temporais: na sua forma mais simples, considera um sistema de dois eixos espaciais e um temporal, sendo a informação acedida referenciando um ponto, uma linha poligonal num espaço tridimensional ou uma faixa
- Modelos tridimensionais: recorre à utilização de figuras tridimensionais correspondentes à estrutura de dados em questão. No caso matricial a unidade mínima de análise é um volume elementar designado por *voxel* (*volume element*), sendo que no caso vectorial a expansão é realizada pela transformação tridimensional do objecto correspondente.

[adaptado de Matos, 2001]

A generalidade dos SIG opera, no entanto, sobre um modelo relacional de dados. Nestes modelos a informação encontra-se organizada em dados alfanuméricos e dados espaciais ou geográficos. Os dados alfanuméricos consagram informação descritiva, tanto quantitativa como qualitativa, em relação aos segundos. A informação encontra-se organizada em forma de tabelas, podendo ser trabalhada recorrendo a um Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD). Por sua vez, os dados geográficos possuem a informação gráfica de um elemento, a sua localização geográfica e as suas relações de vizinhança com outros elementos geográficos [Lisboa, 1997]. Existe por isso, tal como mencionado, uma relação biunívoca entre o objecto e o registo alfanuméricos.

A importância dos dados geográficos é evidenciada pelas suas principais características espaciais ou de geometria e posição geográfica, não espaciais ou de descrição e temporais ou de informação da sua validade.

Os modelos de dados, por sua vez, dizem respeito ao suporte lógico utilizado como base. Existem actualmente SIG baseados em dois diferentes tipos fundamentais:

- Vectorial: resulta da aplicação directa do legado da cartografia convencional, sendo os objectos tratados discriminados nas classes de pontos, linhas e polígonos, definidos segundo as suas coordenadas (um ponto através de um par ordenado, uma linha pela sequência de pares ordenados, um polígono por uma ou mais linhas que se conectam sem que se intersectem). A sua gestão pode ser individual ou composta, sem restrições em relação à sua natureza.
  - Topológico: as relações espaciais entre objectos são armazenadas explicitamente.

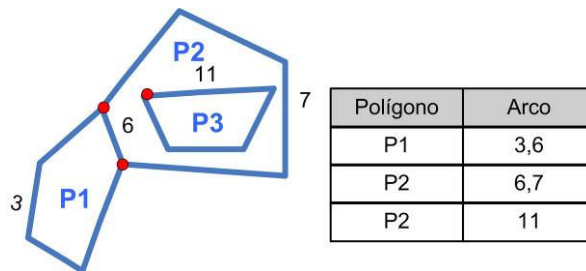


Figura 3 – Modelo topológico de dados

- Não topológico: as formas de codificação armazenam a geometria dos objectos, tendo as relações entre estes de ser determinadas analiticamente.

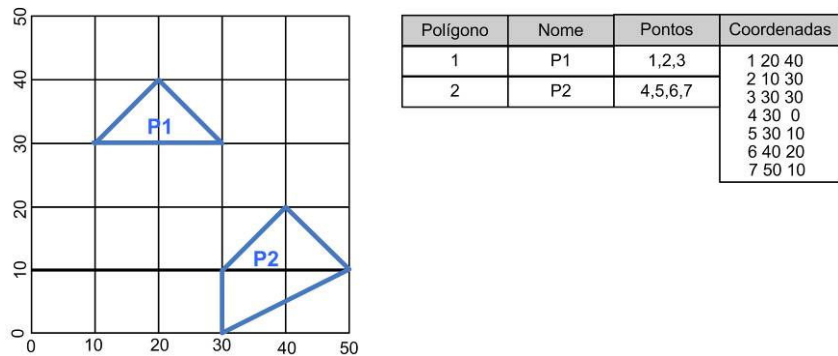


Figura 4 – Modelo não-topológico de dados

- Matricial: corresponde a uma generalização espacial realizada por um conjunto de células de dimensão fixa organizadas em linhas e colunas, configurando uma matriz que pode estar associada a uma tabela de atributos. Cada uma dessas células constitui a unidade mínima de mapeamento, assumindo um único valor e sendo sua localização inerente à própria estrutura de armazenamento, dispensando a explicitação de coordenadas espaciais.

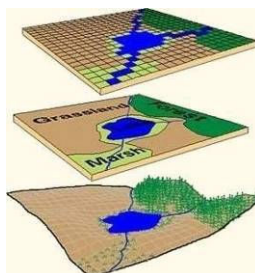


Figura 5 – Modelo matricial de dados  
Fonte: [Ormsby *et al.*, 2001]

O Quadro 3 apresenta uma síntese dos principais méritos e deméritos de cada uma das diferentes estruturas de dados, denotando-se no entanto pelas suas características, que enquanto que o modelo vectorial se comporta melhor para a representação de factos que apresentem fronteiras bem definidas, por sua vez, o modelo matricial, apresenta-se como mais adequado para a modelação de fenómenos que assumam uma natureza contínua ou difusa na sua distribuição espacial.

| Quadro 3 – Méritos e deméritos dos diferentes modelos de dados |   |   |
|--|---|---|
|  | Méritos   | Deméritos   |
| <b>Vectorial</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Armazenamento requer poucos recursos computacionais</li> <li>▪ Muito alta resolução</li> <li>▪ A alta resolução permite elevados níveis de rigor espacial</li> <li>▪ Mapas com um aspecto que segue a cartografia convencional e por isso mais facilmente perceptíveis</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Com o aumento da quantidade de informação, a sua gestão torna-se complexa</li> <li>▪ Operações requerem bastantes recursos computacionais</li> <li>▪ Estrutura de compreensão menos imediata, nomeadamente com a introdução de princípios topológicos</li> <li>▪ Não compatível com dados recolhidos através de detecção remota</li> </ul> |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estrutura de dados relativamente simples</li> <li>▪ A análise é simplificada pela utilização apenas de matrizes</li> <li>▪ Operações necessitam de poucos recursos computacionais</li> <li>▪ Compatibilidade com dados recolhidos através de detecção remota</li> <li>▪ A modelação é obtida recorrendo simplesmente a uma generalização ou procedendo a uma rotina</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inexactidão posicional</li> <li>▪ Perda de resolução resultante da necessária generalização para a obtenção da matriz</li> <li>▪ Classificação obrigatória</li> <li>▪ Informação requer elevados recursos computacionais</li> <li>▪ Transformação de projecção requer muitos recursos computacionais</li> </ul>                            |

### 2.2.3 SIG E ANÁLISE ESPACIAL

Os SIG têm tido um papel fundamental na crescente agilidade e rigor com que se pode realizar qualquer tipo de análise espacial sobre um território. Além de possibilitar a realização de diferentes abordagens, o facto de permitir a visualização imediata de resultados e o armazenamento de informação relevante, transcende finalmente a dificuldade de análise imposta pela manipulação de informação em formatos tradicionais como cartas e documentos diversos.

A análise espacial pode ser tida como o processo de manipulação de dados espaciais, nomeadamente de diferentes origens, obtendo como resposta um conjunto de informação adicional acerca do contexto geográfico tratado. A forma como tal pode ser conseguido vai desde as funções básicas de consulta de informação espacial dentro de uma determinada área, passando pela manipulação e sobreposição de mapas ou investigação de padrões e relações entre entidades.

Tal possibilita a criação de conhecimento sobre fenómenos e possibilita a sua projecção no tempo e em diferentes contextos.

Uma definição possível do processo de análise espacial é o do conjunto de procedimentos encadeados, cuja finalidade é a escolha de um modelo inferencial que considere explicitamente o relacionamento espacial presente no fenómeno [Câmara *et al.*, 2002].

Apesar das diferentes abordagens possíveis, os diferentes métodos de análise espacial podem ser englobados em duas vertentes principais:

- Estatística espacial – apoia-se em modelos matemáticos de distribuição e correlação, incorporando as propriedades de incerteza e significância dos dados;
- Geocomputação – apoia-se na aplicação de redes neuronais, heurísticas ou autómatos celulares, investigando grandes quantidades de informação em busca de padrões empíricos que melhorem os resultados obtidos através de práticas convencionais.

[adaptado de Menezes, 2003]

As entidades ou dados geográficos, independentemente do seu modelo de representação, são a reprodução de fenómenos e objectos reconhecíveis no mundo real. Assim, a importância das suas relações espaciais em aplicações geográficas é inquestionável, independentemente de serem de natureza topológica (relação relativa entre objectos), métrica (relação de distâncias) ou de ordem (relação de sobreposição) [Bertini, 2003].

Os modelos propostos para a realização de análise espacial sobre um conjunto de dados são correntemente englobados segundo o nível de conhecimento da qualidade e quantidade de dados disponíveis:

- Variação contínua – tratamento de um conjunto aleatório de dados, recolhidos de um universo que pode ser totalmente conhecido;
- Variação discreta – distribuição de fenómenos delimitados espacialmente por polígonos;
- Processo pontual – tratamento de um conjunto dados recolhidos de pontos aleatoriamente distribuídos no universo em análise.

[adaptado de Cruz *et al.*, 2007]

As grandes categorias de funções de análise espacial em SIG podem ser sistematizadas da seguinte forma:

- Pesquisa, classificação e medição – manipulação e inquirição de bases de dados de informação alfanumérica, por forma a aceder a informação gráfica, onde apenas podem ser criados e alterados os atributos da informação alfanumérica;
- Sobreposição de mapas – manipulação de dados relacionais segundo uma aproximação da álgebra booleana ou da teoria dos conjuntos;
- Análise de vizinhança – análise de características da área envolvente a um local específico;
- Análise de conectividade – descrição e modelação de processos de difusão e influência espacial, características da manipulação de modelos matriciais de dados.

[adaptado de Aronoff, 1989]

No caso de a análise espacial recair sobre padrões de distribuição de pontos, consoante a característica espacial em que são baseados para caracterizar os padrões espaciais, podem ser divididos em dois grandes grupos:

- Distância – recorrendo a informação sobre o distanciamento entre os pontos, nomeadamente distância média entre vizinhos
- Área – recorrendo a informação sobre várias características da frequência da distribuição do número de pontos numa determinada área de dimensão fixa predefinida.

[adaptado de Gattrel *et al.*, 1995]

A análise e discriminação dos dados de forma a definir os padrões válidos pode então ser realizada através da imposição de restrições, nomeadamente através de:

- Agregação de objectos em torno de regiões espacialmente contíguas que são posteriormente classificadas;
- Imposição de uma determinada dimensão, forma ou heterogeneidade
- Imposição de uma determinada topologia de classificação no que diz respeito ao número de níveis e/ou de nós por nível.

[adaptado de Néry *et al.*, 2006]

#### **2.2.4 SIG SOBRE ÁREAS URBANAS EM ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO**

A aplicabilidade dos SIG tem vindo a aumentar tanto nas suas áreas tradicionais de intervenção como noutras. No entanto, assumindo a divisão tanto funcional como de natureza entre SIG de gestão e SIG de projecto [Matos, 2001], é neste último que os avanços mais têm recaído, impulsionados pela sua função absoluta de resolução de problemas. O primeiro tipo, por se assumir como orientado para a utilização, distribuição e manutenção de dados, sofre uma evolução mais lenta, contribuindo no entanto para o cada vez mais extenso campo de acção dos SIG em geral.

Esse campo de acção, em relação ao Ordenamento do Território, prende-se frequentemente com os seguintes de contextos de aplicação [adaptado de Aronoff, 1989]

- Recursos naturais: redes de distribuição de energia, gestão de recursos fluviais, costeiros e marítimos, localizações preferenciais para aproveitamento de Fontes de Energia Renovável (FER), etc.;
- Ambiente: avaliação de riscos, controlo da emissão de agentes poluentes, estudos de alterações climáticas; gestão de habitats, etc.;
- Socio-economia: áreas de influência comercial, planeamento de marketing, localização e distribuição de serviços e produtos; censos; etc.;
- Usos do solo: levantamentos topográficos e planimétricos; aptidão do uso do solo; etc.;
- Planeamento: planeamento de redes de infra-estruturas, gestão do registo cadastral; transportes e gestão de tráfego, planeamento de redes de equipamentos, zonamento, licenciamento de obras, processamento cartográfico, etc.

Em território nacional, como tantas outras aplicações que vêm a sua introdução ser realizada em contexto militar, a utilização apoiada de SIG teve o seu início com o Instituto Geográfico do Exército (IGEOE). A primeira expansão realizou-se em áreas como o ambiente, ordenamento do território e planeamento, sobretudo ao nível da inventariação e gestão dos recursos existentes [Néry, 2006].

As potencialidades dos SIG foram rapidamente apreendidas, sendo a sua utilização inicialmente generalizada principalmente por outros organismos estatais com responsabilidades no planeamento territorial, como administrações e serviços públicos ou autarquias. Isso mesmo pode ser comprovado por um inquérito realizado no princípio da década e que visava os recursos humanos na área dos SIG em Portugal, concluindo que destes apenas um quinto faziam parte do sector privado [Bento *et al.*, 2000].

Em termos de Ordenamento do Território em Portugal, é precisamente pela forma como as autarquias e administrações locais recolhem, organizem e produzem informação, nomeadamente através de um SIG, que se tem verificado o maior impacto no modo como se concebe e gere os modelos de desenvolvimento territorial. Passam assim igualmente a poder racionalizar procedimentos e metodologias tradicionais de trabalho, através da disponibilização de uma base de dados estruturada tendo em vista os domínios de intervenção da autarquia, com todas as potencialidades inerentes ao acesso à informação e espacialização desta [AMNA, 2002].

Este evento decorre directamente de dois factos:

- Primeiro, de ir de encontro ao reconhecimento legal da urgência de aprimorar e atribuir maior rigor aos procedimentos, dado pelo Despacho 12/94 de 1 de Fevereiro de 1994 do Ministério do Planeamento e Administração do Território, onde se encontra especificado que “a gestão urbana e municipal para poder ser realizada com eficácia, tendo em consideração todas as condicionantes ao uso do solo consignadas na lei e os critérios estabelecidos em matéria de ordenamento do território e de preservação do ambiente, não pode prescindir do recurso à exploração de Sistemas de Informação Geográfica, que são instrumentos de gestão e análise de informação georreferenciada de natureza multi-sectorial vocacionados para disponibilizarem, em tempo real, a informação actualizada relevante para qualquer área do município e para apoiar a decisão, designadamente através da simulação de diversos cenários de intervenção possíveis”.
- Em segundo lugar, mas de uma forma mais premente, da necessidade de conciliar dados geográficos, dados de cartografia convencional e dados alfanuméricos para suportar a formulação das políticas públicas e para integrar informação sectorial, possibilitando a visão do município como um todo e não como um território fragmentado onde os principais temas não interagem nem se complementam [Gilfoyle *et Thorpe*, 2004].



Neste particular as iniciativas de apoio à criação de linhas orientadoras, implementação, financiamento e desenvolvimento de SIG municipais promovidas pelo o Centro Nacional de Informação Geográfica (CNIG) assumiram um papel fulcral desde 1994 com a consecutiva coordenação de diversos programas de apoio, nomeadamente até 2000 como o apoio do Programa de Assistência Técnica/ FEDER do II Quadro Comunitário de Apoio (QCA), como o:

- Programa de Apoio à Gestão Informatizada de Planos Municipais de Ordenamento de Território (PROGIP), criado pelo Despacho Conjunto da Presidência do Conselho de Ministros e Ministério do Planeamento e Administração do Território, publicado em Diário da República no n.º 33 de 9 de Fevereiro de 1994;
- Programa de Apoio à Criação de Nós Locais do Sistema Nacional de Informação Geográfica (PROSIG), criado pelo Despacho n.º 12/94 de 1 de Fevereiro de 1994, do Ministério do Planeamento e da Administração do Território.

Posteriormente, e procurando estabelecer uma linha de continuidade, teve lugar em Março de 1996 o lançamento do Programa Operacional para a Sociedade de Informação (POSI) no âmbito da Iniciativa Nacional para a Sociedade de Informação, que conjuntamente com Missão para a Sociedade de Informação criada pelo Conselho de Ministros, foram integrados no III QCA em Julho de 2000. A execução deste programa - “Cidades Digitais ao Portugal Digital” - permitiu a implementação ou reforço da utilização de SIG em contexto de ordenamento do território. Este panorama de plena utilização revela-se, no entanto ainda ténue, em muito pela incapacidade da generalidade das autarquias locais em gerir um SIG e muito menos de potenciar as suas capacidades pela sua utilização em rede.

Se adicionarmos a este facto o elevado investimento que requer a implementação de um SIG nas suas três vertentes fundamentais (aplicações, cartografia e informação alfanumérica), que inibem o acesso das empresas privadas a esta ferramenta de utilidade e valor indiscutível, o panorama da utilização de SIG em Portugal em Ordenamento do Território assume-se como claramente incipiente entre os principais agentes de Planeamento. O *status quo* apresentado encontra causas referenciadas, podendo certamente ser justificado pela insuficiência de recursos humanos, indefinição do projecto a implementar e desarticulação entre o SIG e as actividades quotidianas dos municípios [Mourão *et* Condessa, 2001].

Assim, além da aplicação quotidiana de SIG na Administração Pública em acções relevantes para o planeamento como as supracitadas e apoiadas pelos programas referidos, também outras, muitas vezes praticadas pelo sector privado, assumem igual importância. São elas a utilização de SIG em Planos Sectoriais, Planos Especiais de Ordenamento do Território, Planos Municipais de Ordenamento do Território, etc. [Néry, 2006].

Numa sociedade onde as fronteiras físicas deixaram de corresponder às rígidas divisões funcionais do passado, uma caracterização e qualificação de uma determinada área de intervenção consiste, em si mesma, numa poderosa ferramenta de auxílio tanto na definição de orientações prioritárias como no exercer do processo decisional em curso. O acesso a referências espaciais de tais dados

proporcionado por um SIG permite identificar características, problemas e aspirações comuns, assim como aferir da sua representatividade, tornando a gestão de recursos tanto mais justa quanto mais refinada, abrangente e interligada for a informação acessível, possibilitando igualmente uma maior comunicação transparência e cooperação entre entidades.

O desenvolvimento de sistemas de informação robustos e versáteis, adaptados às necessidades das organizações e capazes de acompanhar as rápidas alterações tecnológicas constitui, actualmente, um factor chave do desenvolvimento e de proximidade dos cidadãos [DIG/CML, 2003].

Torna-se assim possível proceder a um processo transparente e apoiado de classificação dos solos em função do seu uso dominante, dos seus indicadores urbanísticos, assim como da distribuição das actividades económicas, equipamentos e infra-estruturas que melhor servem o modelo de desenvolvimento preconizado, na melhor gestão do investimento de recursos limitados e muitas vezes escassos.

Desta forma, além de contribuir para a actividade técnica do planeador, potencia-se a informação para a comunidade que poderá discutir a geografia das gerações do presente e ajudar a planear a mudança do território para preparar a geografia das gerações do futuro [Tenedório *et al.*, 2003].

O planeamento assume-se assim como uma função complexa, não só pelo multidisciplinaridade e necessidade de convergência de vontades e aspirações de actores que impõe, mas também por acarretar, num quotidiano mais prosaico, a gestão de uma imensa quantidade de informação de fontes de natureza distintas.

Apesar de, por estas razões, o recurso à utilização de SIG em planeamento se impor cada vez mais como uma necessidade, a prática da utilização desta ferramenta na identificação de áreas urbanas, à excepção dos esforços realizados na área de detecção remota, têm sido bastante incipientes.

No que diz respeito à utilização de métodos de análise espacial com génese na estatística espacial para a identificação de delimitação, a realidade de aplicação tem-se evidenciado ainda mais parca. Destaque em primeiro lugar para o método baseado em estruturas de dados vectoriais, proposto por Gonçalves, Paulino e Valentim em 2007 e que, por ter sido alvo de aplicação a um conjunto especificado de dados, será objecto de análise no trabalho aqui apresentado.

Uma outra proposta corresponde ao método proposto por [Néry *et al.*, 2006], baseada no conceito de *spatially constrained clustering*. Este conceito relaciona-se com a possibilidade de impor restrições a um conjunto de dados de forma a que estes sejam agrupados formando padrões coerentes e reconhecíveis, sendo posteriormente distinguidos por diferença de atributos. As restrições espaciais podem assim ser atribuídas segundo um de dois critérios: de proximidade ou de conectividade.

O critério de proximidade procura relacionar objectos espacialmente através de uma função que define o inverso da sua distância euclidiana, ponderada por um parâmetro de ajustamento a definir pelo utilizador. Por sua vez, o critério de conectividade propõe o estabelecimento de relações entre objectos baseadas na construção de vizinhanças através da correspondência entre atributos. Estas vizinhanças serão tipicamente de primeira ordem, ou seja, entre objectos contíguos. No caso de

dados de génese matricial, podem ser estabelecidas relações nos vértices ou lados, sendo que no caso de dados de modelo vectorial estas podem-se constituir nos nós ou linhas comuns.

Restam os métodos geocomputacionais, com recurso visualização e manipulação de dados em ambiente SIG. Destes destaca-se a proposta de Rocha, Tenedório, Encarnação e Pontes apresentada em 2005, consistindo num método de simulação da evolução do uso e ocupação do solo em contexto peri-urbano para o horizonte temporal de 2015, tendo Almada como caso de estudo. A proposta previa o recurso à integração de redes neuronais e autómatos celulares em ambiente SIG. Aqui a rede neuronal por retropropagação é utilizada para aferir da probabilidade de cada variável predictiva nos constrangimentos geográficos identificados, recorrendo a um SIG que por sua vez também é utilizado no fim do processo com o intuito de aferir da validade dos resultados obtidos. No entanto, a utilização desta abordagem recorrendo apenas a autómatos celulares é desaconselhada pelos autores por considerarem que apresenta limitações na definição dos parâmetros espaciais e das regras de transição [Rocha *et al.*, 2005].

Incluído no mesmo grupo, também a proposta apresentada recentemente por Silva em 2007 merece evidência pela tentativa de identificação de margens urbanas na Área Metropolitana de Lisboa, onde é proposta uma metodologia baseada em modelos multi-critério para a classificação de dados estruturados em modelo matricial e apoiados na análise espacial em SIG. A abordagem assentou em dados estatísticos referentes à subsecção estatística, incorporando como critérios fundamentais o parque habitacional, o critério físico-locacional e o conteúdo socio-demográfico. Estes dados estatísticos são então classificados através de uma rede neuronal para a definição de *clusters* através de um SIG. Seguidamente, para a discriminação e espacialização do fenómeno recorreu-se a avaliação multi-critério e somas ponderadas, também recorrendo a um SIG. Os resultados desta abordagem apresentam no entanto uma forte dependência da metodologia das variáveis apuradas à subsecção estatística pelo INE [Silva, 2007].

### **3. METODOLOGIAS DE IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS URBANAS**

#### **3.1 TIPOS DE MÉTODOS**

Tal como referido descrito em § 2.2.3, a análise espacial em geral apoia-se essencialmente em duas vertentes principais: estatística espacial e geocomputação. Para o caso particular da concepção da identificação de áreas urbanas, o mesmo enquadramento afigura-se igualmente válido.

Cada uma destas abordagens, quando aplicadas ao objectivo concreto da definição de perímetros urbanos, apresenta diferentes valias e constrangimentos.

A estatística espacial realiza uma observação do fenómeno e da sua distribuição no espaço, recorrendo à disposição e interdependência dos elementos geográficos para através da modelação matemática, poder obter uma representação da realidade.

Por sua vez, a geocomputação configura-se como uma análise mais elaborada de informação sobre diferentes fenómenos, recorrendo a rotinas e relações entre dados mais ou menos complexas para explicar e modelar determinados contextos.

Independentemente do método, e tal como defendido nas secções anteriores, a utilização de um SIG como ferramenta de análise espacial capaz de armazenar, associar e possibilitar operações com dados referentes a um determinado contexto geográfico, assume-se como uma importante mais-valia tanto para o processo de planeamento como para o processo decisional. Isso mesmo pode ser observado nos exemplos seguintes.

Constituindo-se a geocomputação como um universo claramente diferenciado do da estatística espacial, apresentam-se seguidamente um conjunto de metodologias com esta mesma génese deste último para a identificação de áreas urbanas, sendo de seguida realizado um juízo crítico sobre as soluções alcançadas.

##### **3.1.1 MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO DE AGRUPAMENTOS URBANOS**

A metodologia aqui apresentada foi desenvolvida por Gonçalves, Paulino e Valentim em 2007, no âmbito do Projecto de Final de Curso de Licenciatura em Engenharia do Território, intitulado “O Periurbano de Tomar – Identificação do Fenómeno e Proposta de Ordenamento, pelo Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa. Procurava-se, com a sua concepção, a identificação de agrupamentos urbanos de forma a permitir um melhor conhecimento do contexto de distribuição espacial do edificado ao nível do município, conducente a uma base de hierarquização dos aglomerados habitacionais e enquadramento de propostas para o seu ordenamento.

Trata-se de um método de baseado na estatística espacial, apoiada num conjunto de dados de variação discreta.

Tem como base dados de estrutura vectorial, designadamente temas de polígonos correspondentes às edificações existentes na área de estudo e de linhas relativos à rede viária com funções e características urbanas. São assim considerados todos os edifícios independentemente da sua tipologia, sendo que como rede viária relevante foram consideradas estradas nacionais e municipais e ainda caminhos municipais.

O método é concretizado através de três fases, e é esquematicamente ilustrado pela Figura 6:

- Fase 1 - Definição de um perímetro fictício (*buffer*) envolvendo as edificações, cujo raio foi obtido por experimentação através de uma análise contiguidade. Consideram-se assim como parte do mesmo grupo as edificações cujo *buffer* seja contíguo entre si.
- Fase 2 - Definição de um raio correspondente à atractividade de cada grupo com base do número de edifícios que o compõem. Essa atractividade reflecte-se ao longo das vias e é obtida através da expressão seguinte, tendo sido as constantes obtidas por experimentação aplicada ao caso de estudo:

$$A = B \times \left( \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \right)^{\alpha}$$

Equação 1 - Atractividade

com:  
 B = atractividade máxima  
 x = dimensão do agrupamento  
 α = parâmetro de ajustamento  
 x<sub>min</sub> = dimensão mínima para a qual um agrupamento de edifícios apresenta atractividade  
 x<sub>max</sub> = dimensão do maior agrupamento de edifícios

- Fase 3 - Construção do *buffer* correspondente à atractividade longitudinal ao longo das vias de cada agrupamento, considerando a atractividade transversal desprezável. São assim unidos os agrupamentos que cujo *buffer* de atractividade se intersecciona, impondo-se um limite individual para cada um deles.

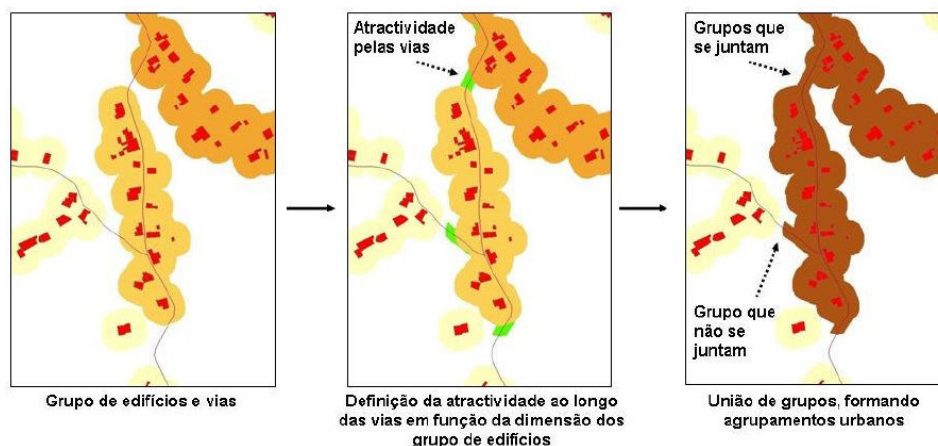


Figura 6 – Ilustração esquemática da definição de agrupamentos urbanos pelo método 1  
 Fonte: [Gonçalves *et al.*, 2007]

### 3.1.2 MÉTODO KERNEL DENSITY ESTIMATION

O método *Kernel Density Estimation* (KDE) foi proposto por Borruso (2003) e aplicado à cidade de Trieste, em Itália. Este método visa a identificação de áreas urbanas através da análise da distribuição e densidade dos nós da rede viária.

É um método baseado na estatística espacial, apoiada num conjunto de dados de variação discreta transformados em pontos e sobre os quais se efectua uma análise espacial da sua distribuição baseada na área.

Apoia-se na utilização de uma função de densidade onde são ponderadas duas dimensões num círculo de influência que varia de acordo com a distância ao ponto em relação ao qual está a ser estimada.

A sua expressão geral é dada por:

$$\lambda(s) = \sum_{d_i \leq \tau} \frac{3}{\pi\tau^2} \left(1 - \frac{d_i^2}{\tau^2}\right)^2,$$

Equação 2 – Função Kernel de densidade

com:

$d$  = distância entre o local  $s$  e o ponto do evento observado  $S_i$ ;

$\tau$  = raio de procura utilizado.

Os valores de densidade variam assim entre zero à distância máxima  $\tau$  e  $\frac{3}{\pi\tau^2}$  no ponto  $s$ .

Baseia-se num tema vectorial de dados em que a rede viária da cidade é representada por linhas, sendo esses os únicos dados de entrada necessários.

A esses dados são então aplicadas as seguintes fases, sendo o resultado ilustrado pela Figura 7:

- Fase 1 - Identificação dos pontos de intercepção entre as diferentes vias
- Fase 2 - Construção de um tema vectorial de dados em que essas junções são representadas por pontos.
- Fase 3 - Aplicação da função *Kernel* de densidade ao tema de pontos

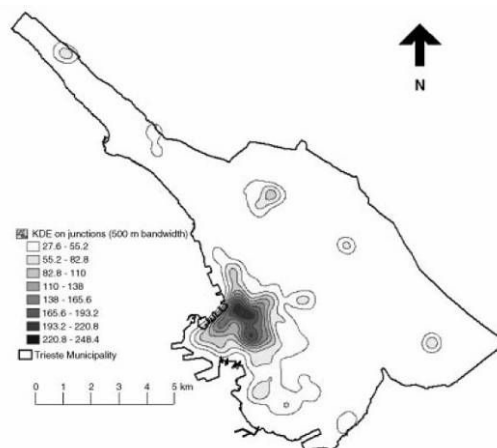


Figura 7 – Aplicação do método 2 à rede viária de Trieste  
Fonte: [Borruso *et al.*, 2003]

### 3.1.3 MÉTODO DELINEATION METHOD OF URBAN AREAS FOR THE CENSUS 2000

O método *Delineation Method of Urban Areas for the Census 2000* (DMUAC2000), foi desenvolvido pelo *Geographic Information Team of Statistics Finland*, na Finlândia. A sua concepção visou como contexto de utilização a delimitação de localidades em ambiente SIG para o processo censitário de 2000.

Trata-se de um método baseado na estatística espacial, apoiada num conjunto de dados de variação discreta transformados em pontos e sobre os quais se efectua uma análise espacial da sua distribuição baseada na distância.

É apoiado em registos de dados de edifícios e segue a definição nórdica de localidade. Esta definição passa pela imposição de um limiar mínimo de habitantes e distância entre edifícios. No entanto, este último parâmetro depende do facto do aglomerado considerado se situar ou não na área de influência de um aglomerado urbano relevante.

Tem como dados de entrada o número de população residente, sendo estabelecida uma relação aos centróides georreferenciados dos edifícios e sua tipologia. São excluídas segundas residências, edifícios de apoio a actividade agrícola afastados do edifício principal e ainda hospitais e outras instituições situadas fora das localidades e que não tenham uma população afectada relevante.

A materialização do método passa, sucintamente, pelo cumprimento de três fases principais, procedimento ilustrado pela Figura 8:

- Fase 1: Conversão do tema de pontos referentes aos centróides dos edifícios numa superfície matricial de células quadradas. O código de atributos é binário e conferido consoante na área de cada célula existam edifícios em geral ou apenas edifícios residenciais. Caso não existam, a célula não é classificada. As células são então agrupadas por atributo, formando zonas.
- Fase 2: Conversão da grelha obtida para o formato vectorial, obtendo-se polígonos com os limites de cada zona, tendo por atributo o código das células que lhes deram origem.
- Fase 3: Criação de um *buffer* em redor de cada polígono com uma distância específica por cada um dos seus dois diferentes atributos possíveis. Os polígonos adjacentes são assim fundidos entre si caso estejam separados por uma distância inferior a duas vezes a extensão imposta para o *buffer*.

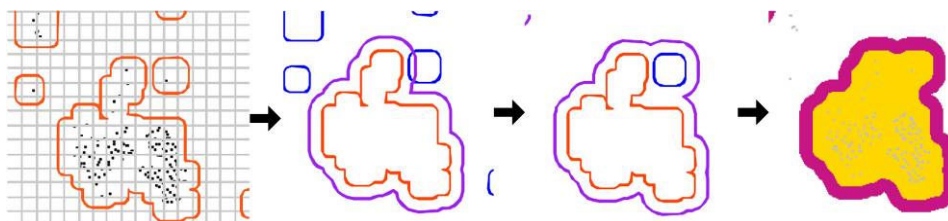


Figura 8 – Ilustração esquemática da definição de áreas urbanas pelo método 3  
Fonte: [Statistics Finland, 2001]

Torna-se assim possível determinar a quantidade de habitantes em cada um dos agrupamentos formados pela fusão dos polígonos, sendo seleccionados os polígonos que apresentem um número de residentes superior ao limite exclusivo imposto pela definição de localidade. É então definido um novo *buffer* sobre esses polígonos, sendo que se esse limite interceptar os demais determinados originalmente, são também absorvidos. O limite final é assim formado apenas pelos polígonos com um número relevante de habitantes e pelos demais que estejam na sua área de influência próxima.

### 3.1.4 ANÁLISE COMPARATIVA

Em relação ao método puramente vectorial (*identificação de agrupamentos urbanos*), os parâmetros que assumem maior influência na modelação são a definição dos limites de atractividade e dos raios dos *buffers*. O aumento da distância considerada como máxima entre edifícios para que estes sejam tidos como fazendo parte do mesmo aglomerado resulta no esperado aumento dos perímetros identificados, o que, para casos de contextos geográficos marcados pela dispersão generalizada, pode significar a obtenção de vastas manchas contínuas de área classificada como urbana. O inverso verifica-se com a sua diminuição, tornando difícil a identificação de espaços urbanos em contextos de ocupação territorial extensiva. A opção pela utilização de extremos mais afastados de atractividade leva a que o método seja menos sensível à identificação de aglomerados de pequena dimensão, conduzindo a uma aglutinação da área classificada em torno dos aglomerados com o maior número de edifícios. Por outro lado, a utilização de valores extremos de atractividade mais aproximados entre si leva igualmente à diminuição da sensibilidade do método, agora pela união de aglomerados baseada mais incisivamente na distância entre eles e não pela dependência funcional induzida pela diferença de dimensão.

Tal como no método KDE, a escolha da rede viária relevante assume um papel determinante nos resultados obtidos: aqui porque a união de aglomerados se faz pela intercepção do *buffer* de dimensão definida pela atractividade de cada um calculada ao longo das vias, no método KDE porque disso depende a densidade de nós sobre as quais o método vai incidir directamente.

Ao contrário do método DMUAC2000, o tema de edificado utilizado no método de Identificação de Agrupamentos Urbanos não faz distinção de tipologia, sendo considerados todos os edifícios independentemente da sua função. Essa opção evidencia-se como acertada no contexto de busca e identificação de padrões de edificação.

O facto de se tratar de um método exclusivamente apoiado em dados de natureza vectorial permite uma utilização mais intuitiva e directamente compreensível, permitindo ainda numa elevada resolução e resultados mais consentâneos com as noções da cartografia tradicional.

No entanto, o facto de ser baseado numa sequência não imediata de operações de análise espacial impõe-se como o seu maior demérito. Tal é agravado pelo necessário processo de definição tanto do raio do *buffer* das edificações como dos limites de atractividade máxima e mínima, que obedecem aos mesmos princípios de aplicação. Ao apoiar-se nestes parâmetros, é igualmente sujeito à introdução de níveis de arbitrariedade que dependem directamente da qualidade das análises que lhes deram origem.



Importa destacar que o facto de toda a análise e operações ser realizadas sobre dados vectoriais requer um consumo elevado de recursos computacionais que cresce exponencialmente com o aumento do âmbito territorial do estudo. Como resultado temos um método de aplicação morosa e que o transforma num método muito pouco dado ao processo iterativo.

O método baseado na função *Kernel* de densidade apresenta-se como de aplicação simples e directa. A expressão utilizada realiza uma representação da ocorrência de pontos numa determinada área de procura em torno de um ponto através de uma superfície contínua, o que possibilita a identificação de padrões de distribuição da intensidade de acontecimentos. O aumento do raio de procura resulta num adoçamento da superfície contínua de representação, sendo que pelo contrário, a sua redução incrementa a capacidade de identificação de fenómenos locais, nomeadamente valores extremos do número de ocorrências.

Sendo baseado na densidade de nós da rede viária, este método apresenta uma apetência para a identificação de padrões locais de ocupação do solo em centros urbanos, em particular aqueles que revelem uma elevada relação entre o seu uso e a rede viária que os serve, designadamente áreas habitacionais compactas intrinsecamente marcadas pela elevada densidade de nós viários, e no extremo oposto zonas verdes ou expectantes.

Ao alargar o âmbito territorial de análise, o aumento da diversidade de tipologias e usos do solo com uma mais complexa relação entre a ocupação territorial e a rede viária, antecipa uma diminuição na capacidade delimitação de áreas urbanas. Apresenta-se por isso mais vocacionado para a hierarquização da rede urbana e não tanto para a classificação binária entre solo urbano e rural.

O facto de a única variável ser raio de procura limita não só a complexidade de aplicação como também a introdução de arbitrariedade. Como reverso impõe-se uma elevada dependência dos resultados obtidos do rigor de definição desta.

No entanto, baseando-se a análise em pontos representativos das junções da malha de infra-estruturas viárias, obriga a que a selecção da rede viária relevante seja realizada criteriosa e cuidadosamente, nomeadamente no que diz respeito à inclusão de vias de reduzida função urbana como sejam aquelas situadas nos extremos da hierarquia da rede. Acresce o facto de a densidade de nós viários não ser a mais relevante e colectivamente entendível característica de definição do espaço urbano em geral e da sua dispersão em particular. Deixa assim antever alguma dificuldade na detecção de aglomerados de forma indefinida ou marcados pela ocupação linear ao longo das vias, um dos mais recorrentes padrões de ocupação característicos de sistemas urbanos dispersos e conurbados e para os quais a identificação e individualização de núcleos urbanos se apresenta um maior desafio.

Também o facto de os temas de linhas utilizados neste tipo de representação serem muitas vezes o resultado da compilação de dados de diferentes origens, sendo por isso de raro e difícil rigor topológico. Tal representa um risco, obrigando um esforço prévio de verificação da sua integridade

topológica por forma a que não existam nós ausentes ou duplicados, passíveis de induzir incorrecções na determinação da sua densidade espacial.

Analisando genericamente o método finlandês, verifica-se que a resolução da matriz utilizada e o raio do *buffer* são os parâmetros que mais determinadamente influenciam a modelação obtida, sendo que a sua alteração sensível comporta necessariamente um aumento ou diminuição da área classificada como urbana. A modelação obtida apresenta por isso uma elevada dependência do compromisso utilizado entre estes dois parâmetros. A utilização de uma menor resolução implica uma generalização da informação respeitante aos limites dos edifícios, incorrendo em incorrecções na delimitação final. Ao recorrer à operação de conversão das zonas obtidas em formato matricial para formato vectorial, incorre igualmente em erros grosseiros na delimitação dos polígonos obtidos pela interpolação necessária ao processo de conversão. Por sua vez, a adopção de um raio de *buffer* maior provoca a aglutinação indevida de manchas de edificado, classificando indevidamente por excesso algumas áreas urbanas. Pelo contrário, uma maior resolução melhoraria a qualidade da delimitação mas faria aumentar exponencialmente a necessidade de recursos computacionais e resultaria em limites muito recortados, sem correspondência na escala da informação respeitante à população presente em cada zona. Já a utilização de *buffers* menos generosos excluiria edifícios que se situassem legitimamente na área de influência de um determinado aglomerado urbano, obtendo-se classificações incorrectas por defeito.

Podemos concluir que, apesar de longa sucessão de operações necessárias, a relativa facilidade de aplicação se constitui como o seu maior mérito. O facto de recorrer a um conjunto bastante limitado de dados de origem facilita a sua gestão, potenciada pela diminuta necessidade de manipulação destes para que possam ser utilizados. Também o relativo reduzido número de operações espaciais necessárias para a obtenção dos resultados necessários se impõe como uma virtude.

A tentativa de incorporação de critérios administrativos pode ser considerado uma fraqueza do método proposto, do ponto de vista em que a correspondência entre esses parâmetros e a realidade modelada não será, de todo, directa.

A utilização dos centróides dos edifícios como factor identificativo das edificações obriga a um esforço prévio e que pode ser moroso de verificação dos dados de base. A obrigatoriedade desta operação é exigível sob pena de serem incluídos pontos que correspondem ou a polígonos duplicados ou a polígonos que pela sua dimensão não devam ser considerados edifícios e que teriam assim o mesmo peso dos restantes, enviesando o resultado final. Também o facto de ter um critério de exclusão de edifícios não habitacionais com base na sua população pode induzir incorrecções nos resultados, uma vez que esses padrões dependem directamente da sua tipologia e contexto populacional e socio-económico local. A já mencionada necessidade que o método tem de conversão de dados de génese matricial para vectorial impõe igualmente uma falsa noção de rigor possibilitada pela aparência familiar do resultado final, uma vez que este irá depender directamente da resolução utilizada na matriz original, sendo as interpolações realizadas nesse processo de difícil controlo, não beneficiando o método em termos de rigor da delimitação.

## 4. PROPOSTA METODOLÓGICA

### 4.1 FUNDAMENTAÇÃO

O desenvolvimento dos SIG e a generalização da utilização de dados geográficos georreferenciados, permite a sua análise na forma de padrões de distribuição espacial. Torna-se agora possível, não só aceder aos relatórios estatísticos da análise efectuada, mas também proceder à sua exploração e modelação, obtendo uma visualização através de mapas ou outros cartogramas de fácil compreensão e de indispensável valor.

O método apresentado deriva da abordagem da estatística espacial, apoiada num conjunto de dados de variação discreta transformados em pontos e sobre os quais se efectua uma análise espacial de distribuição baseada na área e impondo restrições ao nível da agregação e classificação de objectos em torno de regiões contíguas às quais é imposta um conjunto de parâmetros mínimos no que diz respeito à densidade e número de ocorrências.

Contribuiu ainda para a definição da metodologia a interiorização dos seguintes critérios, directamente resultantes da revisão bibliográfica efectuada e da ponderação crítica dos elementos que consubstanciam a problemática apresentada:

- Não existem métodos consensuais de identificação de áreas urbanas, e muito menos que sejam simples e de aplicação expedita;
- É possível modelar a realidade através da simplificação e abstracção das suas regras fundamentais;
- O processo de classificação do solo assume um cariz de discriminação eminentemente binário;
- A diferente densidade espacial da edificação assume-se como uma das mais representativas características distintivas entre espaço urbano e rural.

A metodologia apresentada apoia-se na identificação de áreas urbanas, recorrendo ao método de determinação da densidade pontual em ambiente SIG, em particular ao software *ESRI@ArcMap™* 9.2.

O facto de o modelo apresentado ser de natureza matricial, implica a interiorização de um conjunto de características que podem ser tidas como vantagens e desvantagens:

- **Simplicidade da estrutura:** de uma forma elementar, o modelo matricial resume-se a um conjunto de células rectangulares ou quadradas de uma matriz ou grelha de células, que são então referenciadas pelo seu índice de linha e coluna, não sendo por isso sequer necessário recorrer a qualquer tipo de referenciação das suas coordenadas.
- **Análise fácil e expedita:** o facto de a cada célula estar associado apenas um valor, permite realizar cálculos e sobreposições de conjuntos complexos de dados de uma forma rápida e computacionalmente pouco exigente.
- **Compatibilidade com dados de detecção remota:** a recolha de informação recorrendo a métodos de detecção remota tem por base o formato matricial, evitando-se assim o recurso a conversões com simplificações indutoras de erro.
- **Simplicidade na modelação:** a modelação de fenómenos, nomeadamente daqueles que dependam apenas de um atributo, assume-se como quase imediata. Mesmo aqueles que dependam de um conjunto mais complexo de características que possam ser discriminadas de forma unitária, vêm a sua modelação ser facilitada pela facilidade de análise da estrutura de dados matricial.
- **Algoritmia geralmente mais simples:** a construção de algoritmos de análise é facilitada pela natureza única dos atributos de cada matriz utilizada.
- **Inexactidão posicional:** dado o limite para a exactidão posicional ser imposto pela dimensão de célula utilizada, podem existir imprecisões de localização, nomeadamente no que respeita à fronteira exacta dos objectos ou fenómenos tratados.
- **Resolução inferior a modelos de natureza vectorial:** a utilização de células requer necessariamente o recurso a uma generalização, fazendo com que a resolução final seja inversamente proporcional à dimensão destas.
- **Classificação obrigatória:** a matriz tem de ter necessariamente um valor atribuído a todas as células. Tal resulta na classificação desnecessária de células sem interferência no fenómeno modelado, resultando no desaproveitamento de recursos computacionais.
- **Grande volume de dados:** além da referida classificação obrigatória, a tentativa de obtenção de melhor resolução obriga à diminuição da dimensão das células o que se reflecte grandemente nos recursos computacionais necessários tanto ao nível do processamento como do armazenamento.

## 4.2 DESCRIÇÃO

A estrutura metodológica, representada na Figura 9 através da linguagem diagramática *Unified Modeling Language* (UML), corresponde à sequência não ambígua de instruções para a resolução do problema proposto.

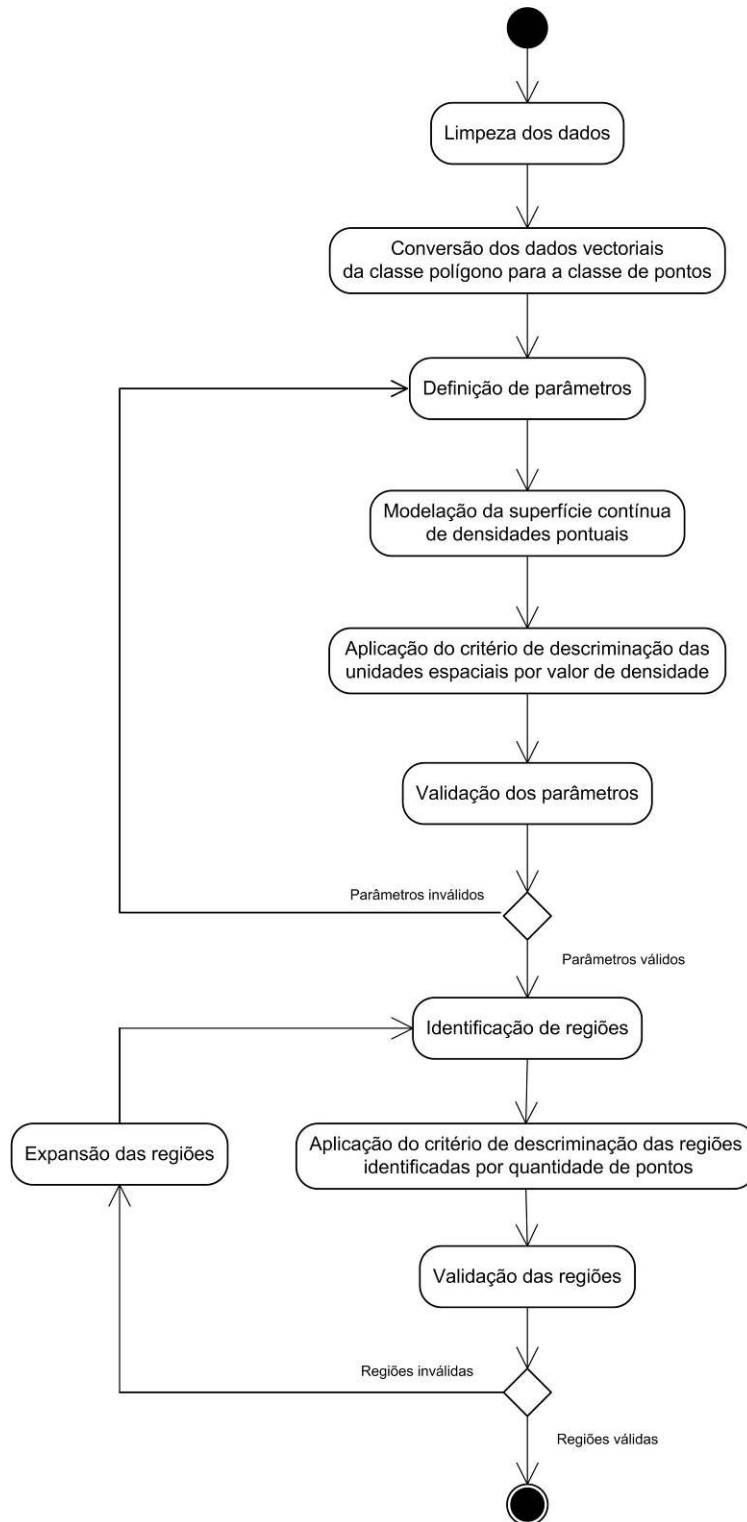


Figura 9 – Estrutura metodológica em UML

## ▪ LIMPEZA DE DADOS

Corresponde a uma primeira fase de tratamento e limpeza dos dados, nomeadamente da correcção de erros topológicos e da selecção dos dados relevantes. Esta acção prende-se com a necessidade de extrair apenas a informação essencial para a aplicação do método, procurando que fique livre de incorrecções passíveis de induzir problemas de utilização, influenciando negativamente a validade dos resultados e conclusões obtidas.

A etapa de limpeza de dados apoia-se em duas questões fundamentais:

- Dada a natureza do método, a utilização de temas de edificado em suporte *AutoCAD* assume-se como a mais frequente fonte de dados. No processo de conversão de um desenho desta tipologia para o formato vectorial utilizável pelo *software ArcGIS*, a duplicação dos polígonos assume-se como único erro topológico com capacidade de afectar a validação do método. Exige-se assim a utilização de um desenho topologicamente correcto ou a eliminação de todos os objectos que estejam nestas condições. Uma vez que os dados utilizados como *input* se encontram topologicamente corrigidos, esta operação não se revela necessária.

- Por outro lado, uma vez que a densidade espacial na qual se baseia a análise efectuada procura identificar padrões relevantes do número de edifícios por unidade de área, apenas devem ser tidos em conta os objectos que pela sua dimensão, sejam passíveis de ser consideradas construções com carácter definidor do espaço urbano. Para tal utiliza-se como critério de selecção a dimensão mínima de 25 m<sup>2</sup>, apoiado na noção anterior e nos parâmetros expostos no artigo 66º do Regulamento Geral de Edificações Urbanas (RGEU), consagrado pelo Decreto-Lei 38 382 de 7 de Agosto 1951. Neste diploma o valor apontado evidencia-se como o mínimo exigível para uma habitação, sendo que mesmo abaixo desse limiar qualquer polígono, para o caso em questão, se considera ou um erro de delimitação (Figura 10) ou uma edificação sem função urbana relevante, nomeadamente construções de apoio como telheiros e anexos (Figura 11).

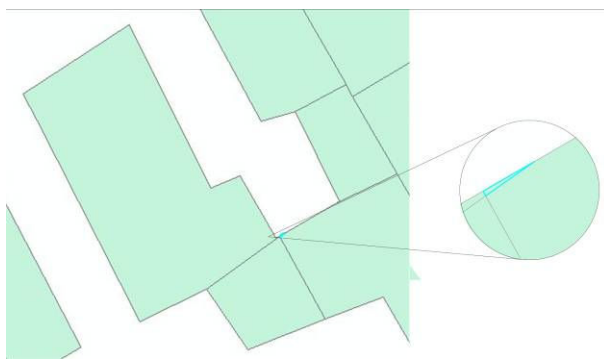


Figura 10 – Erro de delimitação

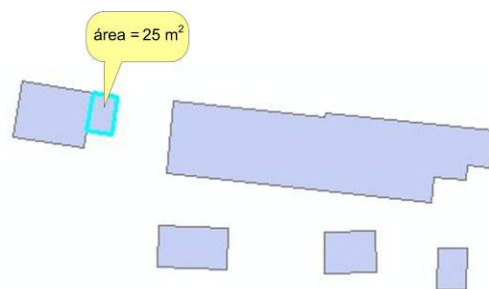


Figura 11 – Edificação sem função urbana relevante

▪ **CONVERSÃO DOS DADOS VECTORIAIS DA CLASSE POLÍGONO PARA A CLASSE PONTO**

Corresponde ao cumprimento da necessidade de converter os dados vectoriais da classe polígono (Figura 12), representativos dos limites exteriores das edificações relevantes, para a classe de pontos (Figura 13). Cada construção passa assim a ser representada por um ponto (Figura 14), sendo então possível determinar a sua densidade pontual relativa a uma área predefinida. A conversão realiza-se recorrendo a uma função que permite a representação de cada polígono por um ponto localizado no seu centróide. Devem-se no entanto ressaltar situações em que, pela sua forma, o centro de gravidade do polígono não se situe no interior deste, o que não pode acontecer uma vez que se pretende que o centróide do polígono passe a representar o edifício. Tal obriga a que se imponha que o ponto representativo do centróide do edifício se localize na posição interior do polígono mais próxima do seu centro de massa.

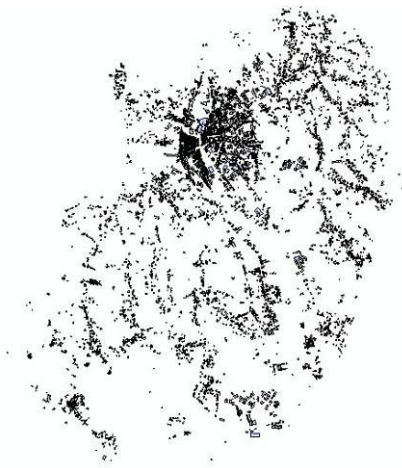


Figura 12 - Dados de base, vectoriais da classe polígono

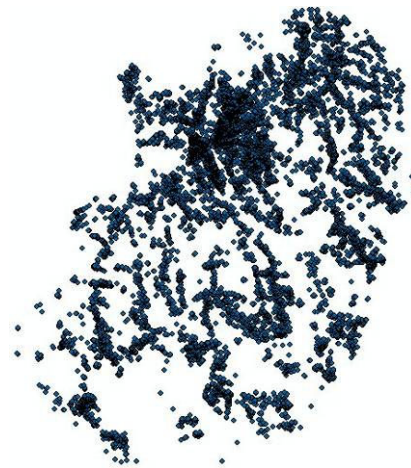


Figura 13 – Conversão para dados vectoriais da classe pontos

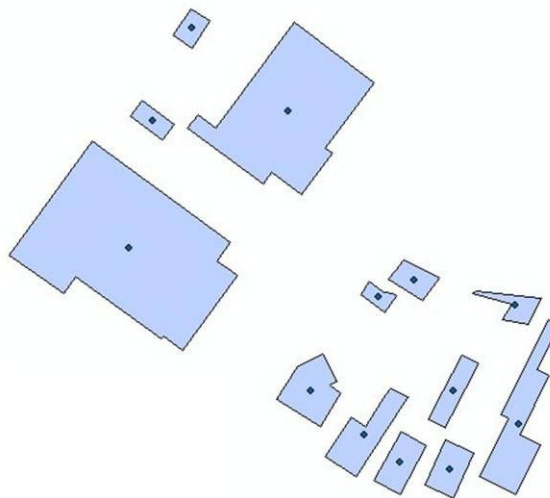


Figura 14 – Pontos representativos nos centróides dos polígonos

#### ▪ **MODELAÇÃO DA SUPERFÍCIE CONTÍNUA DE DENSIDADES PONTUAIS**

O número de pontos por unidade de área é agora utilizado para produzir uma modelação do ambiente construído da área de estudo através de uma superfície contínua de densidade espacial (Figura 15). Para tal é necessário definir a dimensão das células regulares da matriz resultado no qual é dividido o espaço de análise, assim como o raio de procura da vizinhança circular utilizada para o cálculo da densidade. É então definida a vizinhança em torno de cada célula, sendo a cada uma delas atribuído o valor correspondente ao total de pontos que aí ocorrem dividido pela sua área (Figura 16), ou seja, o valor de densidade de edificações por unidade de área, tal como evidenciado pela Equação 7. Caso não existam edificações na área de procura, é atribuído à célula o valor *No Data*.

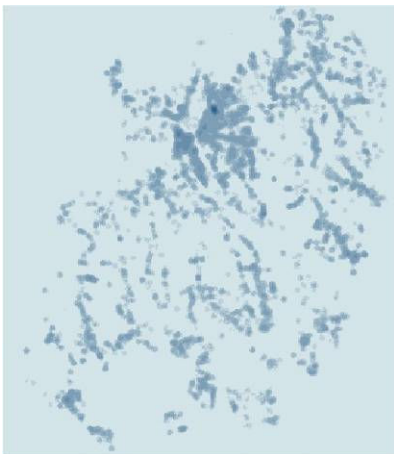


Figura 15 – Superfície contínua de densidade

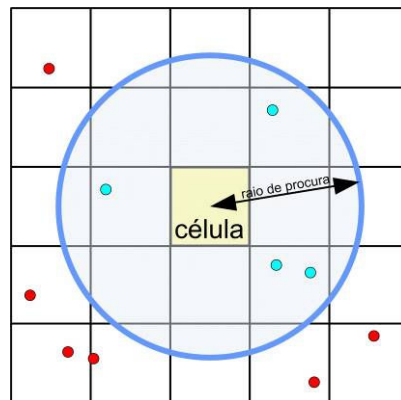


Figura 16 – Cálculo do valor de densidade atribuído a cada célula

A escolha de raios de procura muito pequenos permite não só refinar o critério de discriminação de densidade para a área urbana, como também que a superfície obtida se constitua numa matriz menos generalizada, o que permite um maior detalhe.

#### ▪ **DISCRIMINAÇÃO DAS UNIDADES ESPACIAIS POR VALOR DE DENSIDADE**

Corresponde à definição e segregação do espaço com características tidas como urbanas, pela escolha das unidades espaciais que apresentem os atributos determinados (Figura 17). Tal pode ser conseguido pela divisão das células que formam a superfície do espaço de análise em duas classes distintas, consoante o seu valor se situe acima ou abaixo do limiar de densidade considerado como relevante para que possa ser considerada como parte de uma área classificada como espaço urbano.

Esse processo encontra-se demonstrado a título de exemplo pela Figura 18 onde, para efeitos ilustrativos, o limiar proposto para que uma célula fosse considerada como espaço urbano é 5, pelo que apenas aquelas classificadas com um valor igual ou superior a esse serão tidas como espaço urbano. Na realidade, esse valor não tem necessariamente de se configurar como um número inteiro, podendo assumir um qualquer valor real.



Pode-se então proceder à reclassificação da matriz, onde as células de valor situado no intervalo inferior são classificadas como *No Data*, sendo às restantes atribuído o valor 1 (Figura 19).

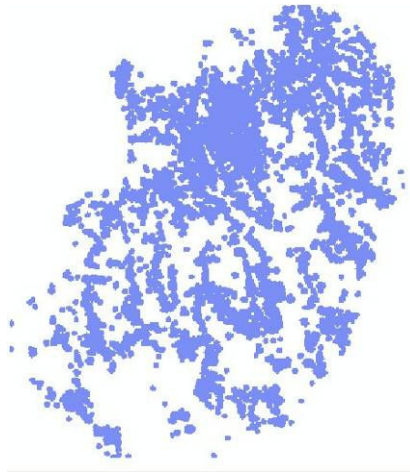


Figura 17 – Descriminação das células relevantes dos dados de teste

|   |   |         |         |   |
|---|---|---------|---------|---|
| 3 | 2 | No Data | No Data | 9 |
| 7 | 4 | 6       | 3       | 8 |
| 3 | 9 | 5       | 4       | 7 |
| 5 | 5 | 2       | No Data | 3 |
| 7 | 4 | 3       | 1       | 2 |

Figura 18 – Classificação da matriz

|         |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| No Data | No Data | No Data | No Data | 1       |
| 1       | No Data | 1       | No Data | 1       |
| No Data | 1       | 1       | No Data | 1       |
| 1       | 1       | No Data | No Data | No Data |
| 1       | No Data | No Data | No Data | No Data |

Figura 19 – Reclassificação da matriz

#### ▪ IDENTIFICAÇÃO DE REGIÕES

Esta operação equivale ao agrupamento das unidades espaciais consideradas, com o intuito de delimitar espacialmente áreas que evidenciem um padrão de distribuição semelhante. Tendo presente que regiões são zonas contíguas, ou seja, conjuntos de células adjacentes numa vizinhança de primeira ordem e que apresentem o mesmo valor, pretende-se com esta operação identificar regiões (Figura 20). Como nesta fase apenas temos células com dois valores possíveis, trata-se de, tal como exemplificado na Figura 21, atribuir a cada célula o valor correspondente ao identificador da sua região, permitindo que esta seja posteriormente considerada como uma entidade individualizada.

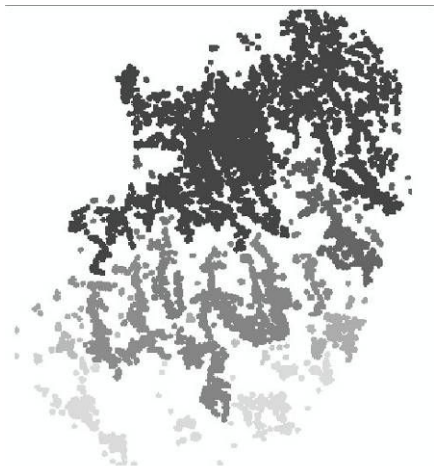


Figura 20 – Identificação de regiões nos dados de teste

|         |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| No Data | No Data | No Data | No Data | 2       |
| 7       | No Data | 7       | No Data | 2       |
| No Data | 7       | 7       | No Data | 2       |
| 7       | 7       | No Data | No Data | No Data |
| 7       | No Data | No Data | No Data | No Data |

Figura 21 – Identificação de regiões

▪ **EXPANSÃO DA REGIÃO CLASSIFICADA**

O passo anterior pode ser complementado pela aplicação de uma função de proximidade que classifica uma envolvente adicional de um número fixo de células de largura, e que procura incorporar as zonas dispersas que faça sentido agregar numa só área urbana contínua.

Procura-se assim, se necessário, minimizar os efeitos do não estabelecimento de uma região homogênea por se constituírem zonas de densidade inferiores à definida a menos de duas vezes o lado da célula unitária de análise, ou seja – para o caso de estudo considerado – de 50 metros de distância. O resultado desse procedimento encontra-se ilustrado pela Figura 22 e Figura 23.

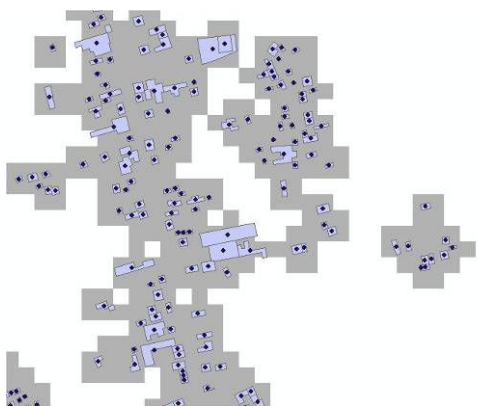


Figura 22 – Mancha classificada sem expansão de 1 célula

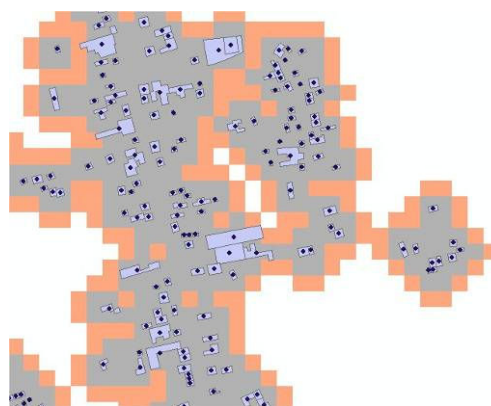


Figura 23 – Mancha classificada com expansão de 1 célula

▪

#### ▪ **DESCRIMINAÇÃO DAS REGIÕES POR QUANTIDADE DE PONTOS**

Esta fase compreende duas tarefas distintas:

- Contagem da quantidade de ocorrências em cada região. Realiza-se através do apuramento do número de pontos existentes em cada uma das regiões identificadas.
- Eliminação das regiões que apresentem número de edificações (dado pelo número de pontos), inferior ao limiar considerado relevante.

É assim possível delimitar regiões homogêneas que, não só pelo seu valor de densidade pontual mas também por apresentarem uma quantia crítica de edificações, possam ser consideradas áreas urbanas.

#### ▪ **VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS**

Dado que a generalização da aplicação deste procedimento e da validade dos parâmetros utilizados a outros contextos geográficos incide fora do âmbito do presente trabalho, recomenda-se a validação dos resultados obtidos, nomeadamente por visitas ao terreno e seu confronto com situações que se evidenciem como configurando episódios limite, como sejam os de aglomerados de génese mais recente e que estabeleçam a ligação entre dois de implantação mais estabelecida. Pode-se através deste procedimento, se necessário, proceder ao refinamento do modelo, ou seja, ao teste retro-alimentado da quantificação dos parâmetros que melhor servem a modelação da realidade presente localmente.

### **4.3 CARACTERÍSTICAS GENÉRICAS DO MÉTODO PROPOSTO**

Tratando-se de uma proposta baseada em dados de modelo matricial, as características positivas e negativas intrínsecas à modelação de dados de génese matricial anteriormente identificadas são igualmente assumidas para o modelo aqui apresentado. Além destas, realçam-se ainda características que decorrem das opções de modelação tomadas e que se constituem como méritos e deméritos particulares:

- Simplicidade possibilitada pela utilização de um número reduzido de dados de base que facilita a sua gestão e controlo de qualidade, potenciando a integridade dos mesmo e minimizando a introdução de arbitrariedade;
- Simplicidade na análise dos dados, possibilitada pela reduzida quantidade de operações necessárias e reduzidos recursos computacionais exigidos, permite que seja de aplicação rápida, expedita e relativamente simples, potenciando a iteratividade e evidenciando um elevado padrão de eficiência em termos de custos e recursos investidos para a obtenção de resultados. Possibilita ainda uma fácil definição, afinação e adequação ao contexto local e características intrínsecas do tecido urbano em causa;

- Fidelidade dos resultados obtidos possibilitada pela não introdução de elementos de incerteza não controlada como operações de conversão entre modelos de dados;
- Controlo do efeito de generalização e de predisposição para a ocorrência de erros de omissão (FP) provocado pelo recurso a um método apoiado no cálculo de densidades, possibilitado pela utilização de raios de procura curtos;
- Dependência do rigor de delimitação das edificações apresentado pelo tema de *input*, permitido pela identificação das construções pelos seus centróides;
- Reconhecimento e identificação do modelo com o fenómeno geográfico estudado, possibilitado pela análise da sua característica espacial mais distintiva (a densidade), não fazendo depender os resultados de outras particularidades caracterizadoras da rede urbana mais subjectivas (como a rede viária ou a população residente).
- Sensibilidade elevada à variação dos parâmetros de entrada, potenciada pelo seu reduzido número e pela qualidade da análise que lhes deu origem;
- Dependência da resolução definida, sendo os resultados influenciáveis pelo nível de generalização imposto;
- Sensibilidade elevada à persistência de erros topológicos e de desenho provocada pela utilização dos centróides dos polígonos como representação do edificado;
- Diminuição da capacidade de entendimento intuitivo e compreensão directa do método, potenciada pela utilização de um modelo matricial de dados, proporcionando igualmente resultados menos consentâneos com as noções da cartografia convencional;
- Limitação na modelação introduzida pela utilização de pontos representativos do espaço construído, não permitindo ter em conta o efeito densificador no perímetro urbano de um edifício de grandes dimensões.

## 5. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA A UM CASO DE ESTUDO

### 5.1 DESCRIÇÃO GENÉRICA

Apresenta-se seguidamente a síntese comparativa da análise e avaliação realizada sobre o caso de aplicação prática.

A escolha recaiu sobre uma área heterogeneamente ocupada do concelho de Tomar, abrangendo o núcleo consolidado da Cidade e estendendo-se pela sua periferia, onde o padrão errático predomina, formando uma quase nebulosa de ocupação dispersa. Torna-se assim possível apreciar o comportamento do modelo proposto apesar dos diferentes paradigmas de edificação do território, ou seja, desde o denso e bem definido centro até ao espaço fragmentado e disperso das suas margens, compreendendo ainda zonas de transição mais ou menos extensas.

A abordagem de apreciação apresentada procura relacionar o mérito do modelo proposto através da comparação crítica qualitativa dos resultados obtidos e do cumprimento dos objectivos definidos, com a sua consistência determinada através da quantificação possível dada por medidas valorativas de adequação a um conjunto de dados de referência.

Neste caso de estudo, os perímetros urbanos assumidos como referência correspondem à aplicação generalizada dos conceitos definidos como necessários para que um espaço edificado seja entendido como configurando uma *área urbana*, realizado no decorrer do processo de revisão do Plano Director Municipal de Tomar, levado a cargo pelo Instituto Superior Técnico. Corresponde a uma delimitação efectuada recorrendo a um SIG, com recurso a dados em formato vectorial e tendo por base conceitos técnicos rigorosos, englobando áreas:

- com um número mínimo de edificações;
- servidas por rede viária;
- que não incluam áreas sujeitas a restrições, servidões ou outros condicionamentos;
- com continuidade espacial;
- cumpram um conjunto de condições regulamentares;
- exibam a existência de equipamentos urbanos.

O facto de a delimitação utilizada como referência corresponder à delimitação efectuada numa fase prévia à de discussão dos limites particulares de cada um dos aglomerados identificados, onde cada um destes será adequado aos seus limites cadastrais rígidos, e dadas as características do método proposto, faz com que sirva melhor o objectivo de se constituir como o adequado para confronto comparativo com o modelo apresentado. A razão para tal é o facto de este não se pretender substituir à última fase mencionada, tentado antes agilizar e executar de forma expedita uma primeira delimitação e que é comumente efectuada recorrendo a critérios mais normativos e significativamente menos ágeis.

Foi assim necessário realizar uma conversão do modelo de natureza vectorial utilizado na delimitação de referência, para um de natureza matricial (Figura 24 e Figura 25), uma vez ser este o tipo utilizado na proposta metodológica apresentada. Esta operação, apesar de indispensável, não se revela especialmente onerosa em termos de perda de rigor geográfico, uma vez que em termos absolutos, se reflecte numa diminuição de apenas 4,4% de área classificada, num universo de 9 924 329 m<sup>2</sup> de superfície inicialmente delimitada como parte de perímetro urbano.

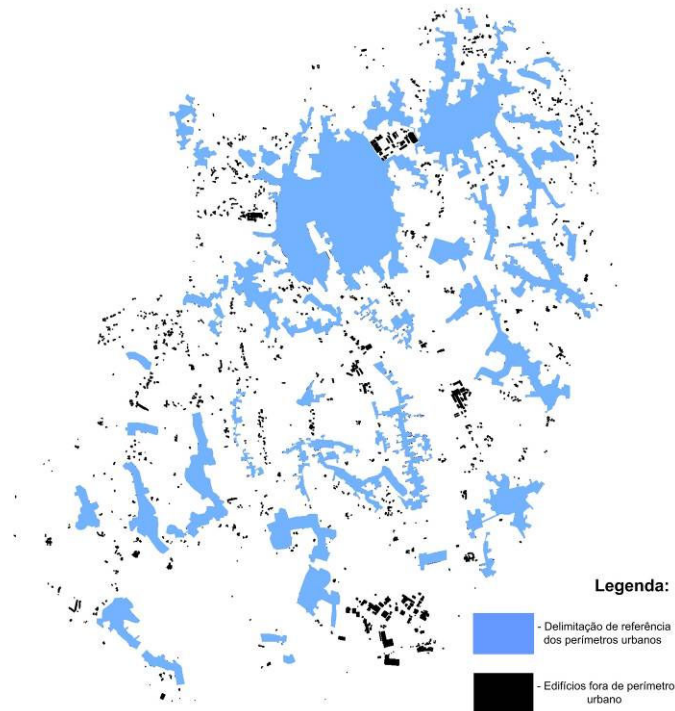


Figura 24 – Conjunto de dados de referência em modelo vectorial

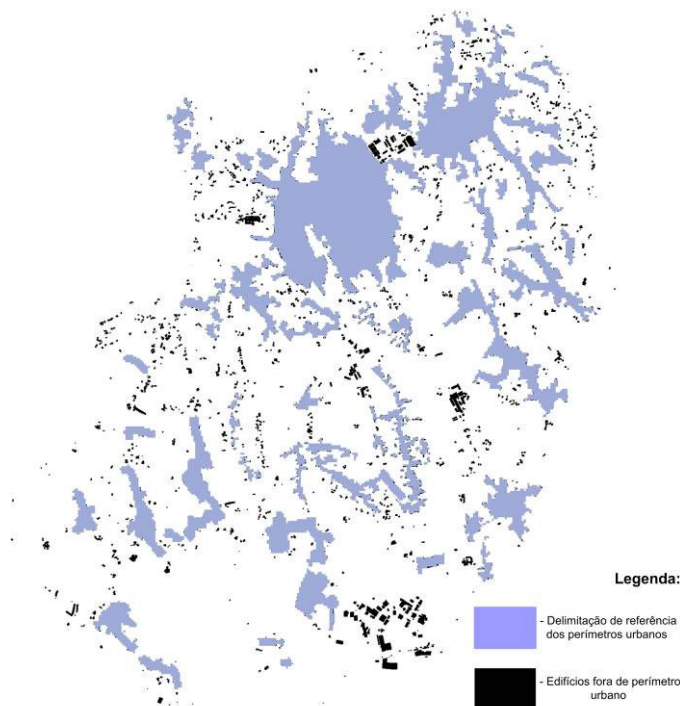


Figura 25 – Conjunto de dados de referência em modelo matricial

A extensão espacial foi previamente definida e fixada, correspondendo à demais utilizada nos restantes testes efectuados, tendo-se como resultado uma matriz de 321 colunas por 368 linhas, formada por células quadradas com 25 metros de lado.

Tendo todos os resultados dos testes sido realizados seguindo a mesma extensão, dimensão de matriz e de célula, foi possível obter uma referência comparativa com características passíveis de serem verificáveis.

Como nota particular da aplicação da metodologia ao caso de estudo, regista-se o facto de a fase de limpeza de dados, necessária e mencionada em § 4.2, ter levado a que fossem eliminados 441 dos 11963 polígonos originais, tornando possível obter um conjunto de dados passíveis de serem utilizados para a aplicação do método proposto e de produzirem resultados fidedignos.

## 5.2 MEDIDAS VALORATIVAS UTILIZADAS

No caso de estudo apresentado, encontrava-se disponível um conjunto de dados geográficos relativo à área urbana do concelho de Tomar (descrito em § 5.1). Como tal, a possibilidade de o utilizar como conjunto de dados de referência levou à consideração de medidas valorativas em que cada solução proposta com o método em estudo pudesse ser tomada por conjunto de dados de teste.

Sendo as variáveis *raio* e *densidade* aquelas nas quais o modelo proposto se apoia e cuja variação assume uma maior e mais clara influência no seu desempenho, a primeira fase de testes serviu fundamentalmente para determinar qual dos seus valores possíveis melhor cumpria os objectivos propostos. Uma vez estabelecidos, foi posteriormente possível testar quais dos valores das demais variáveis permitiam uma melhor representação da realidade tratada.

A apreciação do desempenho do modelo e quantificação mais adequada dos parâmetros utilizados decorreu da determinação de uma medida ponderada de *Sensibilidade* e *Especificidade* dos resultados obtidos em relação à delimitação técnica utilizada para o caso de estudo escolhido. Estas noções são apresentadas seguidamente.

### 5.2.1.1 SENSIBILIDADE

Entende-se por *Sensibilidade* ( $S$ ) a proporção de área do modelo proposto que é correctamente classificada como *área urbana*, em relação ao total de área do modelo de referência tida igualmente como *área urbana*. Depende do número de células classificadas como *Verdadeiros Positivos* ( $VP$ ) e *Falsos Negativos* ( $FN$ ) ou erros de omissão.

$$S = \frac{VP}{FN + VP}$$

Equação 3 – Sensibilidade do modelo

com:

$VP$  = número de células correctamente classificadas como espaço urbano

$FN$  = número de células erradamente classificadas como espaço não-urbano

Procura-se assim estabelecer com que precisão consegue o modelo proposto identificar as características espaciais solicitadas.

### 5.2.1.2 ESPECIFICIDADE

Tem-se por *Especificidade* ( $E$ ) a proporção de área do modelo proposto que é correctamente classificada como não sendo *área urbana*, em relação ao total de área do modelo de referência tida igualmente como *não urbana*. Depende do número de células classificadas como *Verdadeiros Negativos* ( $VN$ ) e *Falsos Positivos* ( $FP$ ) ou erros de comissão.

$$E = \frac{VN}{FP + VN}$$

Equação 4 – Especificidade do modelo

com:

$VN$  = número de células correctamente classificadas como espaço não-urbano

$FP$  = número de células erradamente classificadas como espaço urbano

Tenta-se desta forma estabelecer com que precisão consegue o modelo proposto identificar áreas que não apresentem as características espaciais solicitadas.

### 5.2.1.3 AVALIAÇÃO PONDERADA

A avaliação global da pertinência dos parâmetros utilizados para cada teste é efectuada através da ponderação entre os valores obtidos das medidas referidas. Deste modo, a fórmula a utilizar é dada pela seguinte equação, sendo as medidas já normalizadas de origem:

$$Avaliação\_Ponderada = \alpha \times Sensibilidade + (1 - \alpha) \times Especificidade$$

Equação 5 – Avaliação ponderada dos resultados testados

A necessidade de introduzir factores de ponderação para as medidas enunciadas deve-se às limitações introduzidas pelo facto de a área tratada ter um âmbito restrito, o que faz com que a determinação do número de células classificadas correctamente como não devendo pertencer à



classe de *áreas urbana* – verdadeiros negativos – esteja limitado pela dimensão da grelha de análise e interferindo por isso na tradução dos resultados obtidos de *Especificidade*. No entanto, sendo esta a mesma para todos os teste efectuados e estando o mais restrita possível à área da delimitação de referência, esse efeito é atenuado.

A crescer a este facto e por este ser um método que se pretende como primeira aproximação de áreas tidas como urbanas e que necessitará sempre de uma delimitação mais rigorosa realizada *a posteriori*, impõe-se a percepção de que se deve valorizar a correcta classificação das células da área pretendida, ou seja, os verdadeiros positivos.

Assim, a opção de se ponderar diferentemente os resultados de *Sensibilidade* e de *Especificidade* apresenta-se válida, sendo atribuída para a primeira o dobro da segunda, tal como demonstrado na fórmula de ponderação seguinte:

$$Avaliação\_Ponderada = \frac{2}{3} \times Sensibilidade + \frac{1}{3} \times Especificidade$$

Equação 6 – Avaliação ponderada dos resultados testados

### 5.3 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS ADEQUADOS

Às diversas soluções, resultantes de variações sensíveis no valor das variáveis estruturantes utilizadas, corresponde um conjunto de testes, dos quais se apresentam seguidamente os resultados obtidos.

Tal como referido anteriormente, a etapa inicial de calibração do modelo corresponde à determinação do valor de *raio* e *densidade* que mais se adequa ao caso estudado. Para o cumprimento dessa primeira tarefa, realiza-se e apresenta-se uma bateria inicial de teste utilizando diferentes raios (30 m, 40 m, 50 m, 60 m, 70 m), que correspondem necessariamente a diferentes intervalos discretos de densidade. O carácter discreto dos referidos intervalos advém do facto da densidade de uma determinada área depender do número também discreto de edifícios que existam no perímetro considerado.

$$d = \frac{n^{\circ} \text{edifícios}}{\pi \cdot r^2} \quad \text{com:} \quad n^{\circ} \text{edifícios} = \text{quantidade de ocorrências}$$

Equação 7 – Densidade  $r$  = raio de procura

O facto de, por razões de dimensão mínima das construções, existir um número máximo de edifícios que se podem localizar na vizinhança de cada um dos edifícios, leva a que exista da mesma forma para cada um dos raios considerados, um cúmulo de densidade possível. Esta realidade é potenciada para raios diminutos, como os que são utilizados. Assim, com o aumento do raio de procura, observa-se uma diminuição da densidade máxima possível, sendo que, para o caso de estudo, esta se cifrou nos valores seguidamente apresentados no Quadro 4:

Quadro 4 – Densidades máximas possíveis em função do raio de procura

| raio [m] | densidade máxima [edifícios/m <sup>2</sup> ] | n.º de edifícios |
|----------|--|------------------|
| 30       | 0,0130861                                    | 37               |
| 40       | 0,0123345                                    | 62               |
| 50       | 0,0112045                                    | 88               |
| 60       | 0,0106103                                    | 120              |
| 70       | 0,0098741                                    | 152              |

No entanto, constata-se que o aumento da densidade requerida como mínima para que a célula seja classificada como *área urbana* conduz a que muito rapidamente se atinja um baixo limiar de classificação. Impõe-se assim que, de todos os intervalos de densidade possíveis, apenas sejam testados aqueles que, por observação comparada com a delimitação de referência, denotem uma relação significativa de áreas correctamente classificadas como *área urbana* em relação às demais. Este fenómeno evidencia um agravamento notório com a diminuição significativa do raio de procura.

Isso mesmo pode ser verificado pelo Quadro 5, onde é possível constatar qual o limiar máximo de *densidade*, materializado pelo cúmulo do número de ocorrências passível de sucederem para o raio de procura definido, para o qual a área de classificada se situa abaixo do patamar relevante dos 50%. Demonstra-se assim o carácter desnecessário da tarefa de testar soluções para valores de densidade que não permitam um mínimo de metade da área de referência classificada.

Quadro 5 – Percentagem de área classificada por intervalo discreto de densidade

| n.º de edifícios | raio de procura [m] |      |      |      |      |
|------------------|---------------------|------|------|------|------|
|                  | 30                  | 40   | 50   | 60   | 70   |
| ≥ 1              | 100%                | 100% | 100% | 100% | 100% |
| ≥ 2              | 60%                 | 68%  | 57%  | 78%  | 82%  |
| ≥ 3              | 37%                 | 48%  | 44%  | 63%  | 68%  |
| ≥ 4              | 23%                 | 35%  | 35%  | 52%  | 58%  |
| ≥ 5              | 14%                 | 25%  | 27%  | 43%  | 49%  |
| ≥ 6              | 8%                  | 18%  | 21%  | 35%  | 42%  |

No entanto, ao testar um conjunto de diferentes intervalos, torna-se possível efectuar uma análise de sensibilidade sobre qual aquele que tem o melhor comportamento. Por outras palavras, este procedimento permite não só avaliar qual o melhor raio de procura a utilizar, mas também, e para cada um dos raios testados, determinar qual o número mínimo de edifícios relevante no perímetro em causa para que uma área seja classificada como *área urbana*.

Como exercício de determinação do intervalo para o qual deixa de ser relevante testar o comportamento do modelo, procede-se à determinação do intervalo para o qual a área a si afecta se constitui como menos de metade da área total classificada no teste correspondente, estando esses resultados esquematizados no Quadro 6.

Quadro 6 – Intervalos não testados

| raio [m] | n.º de edifícios | densidade [edifícios/m <sup>2</sup> ] | proporção de área classificada [%] |
|----------|------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| 30       | ≥ 3              | ≥ 0,00106                             | 37                                 |
| 40       | ≥ 3              | ≥ 0,000596                            | 48                                 |
| 50       | ≥ 4              | ≥ 0,000509                            | 35                                 |
| 60       | ≥ 5              | ≥ 0,000442                            | 43                                 |
| 70       | ≥ 6              | ≥ 0,000324                            | 42                                 |

Para ilustrar o procedimento utilizado e recorrendo ao exemplo de raio de procura de 40 m, nos grupos de densidade correspondente a mais de 2 edifícios no raio de procura, classificam-se 68% do total de área abrangida. No intervalo de densidade superior a 1 edifício na vizinhança, a percentagem de classificação é obviamente de 100%. Nos grupos subsequentes relativos aos casos de densidade correspondente à existência, primeiro de mais de 3 e depois de mais de 4 edifícios contidos no raio de procura, as percentagens baixam para 48% e 35%, respectivamente.

O facto do modelo ser por natureza contido na extensão da área classificada devido à pequena extensão dos raios de procura considerados, justifica a opção geral de apenas se testarem intervalos que, de uma forma clara, classificam mais de metade da área em causa.

Em relação ao intervalo mais baixo de densidade testado, a sua escolha advém da constatação de que, para cada um dos raios testados, o valor mínimo corresponde à existência de apenas um edifício dentro do perímetro de procura.

Na tentativa de refinamento dos resultados obtidos, para cada um dos testes efectuados e recorrendo à combinação de parâmetros apresentada no Quadro 7, realiza-se e testa-se igualmente, pelas razões decorrentes da metodologia aplicada e esclarecidas § 4.2, a expansão em uma célula da mancha obtida e classificada como *área urbana*.

De recordar ainda que, como primeira aproximação para cada um dos testes realizado nesta fase, foram apenas consideradas como regiões relevantes para classificação como *áreas urbanas*, aquelas nas quais se localizassem um mínimo de 30 edifícios.

Os testes incidem desta forma sobre as seguintes variações de parâmetros:

Quadro 7 – Variações de parâmetros testadas

| raio [m] | n.º de edifícios no raio de procura | densidade [edifícios/m <sup>2</sup> ] | expansão da região [n.º células] | referência |
|----------|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|------------|
| 30       | 1                                   | ≥ 0,000353                            | 0                                | r30_d353   |
|          |                                     |                                       | 1                                | r30_d353c  |
|          | 2                                   | ≥ 0,000707                            | 0                                | r30_d707   |
|          |                                     |                                       | 1                                | r30_d707c  |
| 40       | 1                                   | ≥ 0,000198                            | 0                                | r40_d198   |
|          |                                     |                                       | 1                                | r40_d198c  |
|          | 2                                   | ≥ 0,000397                            | 0                                | r40_d397   |
|          |                                     |                                       | 1                                | r40_d397c  |
| 50       | 1                                   | ≥ 0,000127                            | 0                                | r50_d127   |
|          |                                     |                                       | 1                                | r50_d127c  |
|          | 2                                   | ≥ 0,000254                            | 0                                | r50_d254   |
|          |                                     |                                       | 1                                | r50_d254c  |
|          | 3                                   | ≥ 0,000381                            | 0                                | r50_d381   |
|          |                                     |                                       | 1                                | r50_d381c  |
| 60       | 1                                   | ≥ 0,000088                            | 0                                | r60_d088   |
|          |                                     |                                       | 1                                | r60_d088c  |
|          | 2                                   | ≥ 0,000176                            | 0                                | r60_d176   |
|          |                                     |                                       | 1                                | r60_d176c  |
|          | 3                                   | ≥ 0,000265                            | 0                                | r60_d265   |
|          |                                     |                                       | 1                                | r60_d265c  |
|          | 4                                   | ≥ 0,000353                            | 0                                | r60_d353   |
|          |                                     |                                       | 1                                | r60_d353c  |
| 70       | 1                                   | ≥ 0,000064                            | 0                                | r70_d064   |
|          |                                     |                                       | 1                                | r70_d064c  |
|          | 2                                   | ≥ 0,000129                            | 0                                | r70_d129   |
|          |                                     |                                       | 1                                | r70_d129c  |
|          | 3                                   | ≥ 0,000194                            | 0                                | r70_d194   |
|          |                                     |                                       | 1                                | r70_d194c  |
|          | 4                                   | ≥ 0,000259                            | 0                                | r70_d259   |
|          |                                     |                                       | 1                                | r70_d259c  |
|          | 5                                   | ≥ 0,000324                            | 0                                | r70_d324   |
|          |                                     |                                       | 1                                | r70_d324c  |

Os resultados obtidos são heterogéneos, procurando-se de seguida fazer uma reflexão sobre a sua consistência. São, aquando da sua análise, expostas as figuras representativas dos melhores resultados obtidos para cada uma das referidas variações de parâmetros, encontrando-se as restantes presentes no Anexo I.

### Raio de procura igual a 30 metros

Sendo o mais baixo raio de procura utilizado, evidencia-se também como aquele em cuja classificação de áreas como *áreas urbanas* é mais contida, ou seja, o número de células classificadas é menos extenso, fazendo com que tenha, à excepção do melhor resultado, um fraco cumprimento na identificação correcta das áreas desejadas (VP). Assim, é também aquele que dá origem a menos erros de comissão, levando a que se apresente como aquele que apresenta a mais alta média de *Especificidade*. Pelo mesmo mecanismo, evidencia-se igualmente como aquele com menos erros de

omissão, levando a que se revele como o raio de procura com os piores valores de *Sensibilidade* na média dos testes realizados. Tal leva a que os resultados ponderados sigam a mesma tendência, concluindo-se que este raio de procura, no cômputo geral, é aquele que leva a que o modelo tenha o pior desempenho de todos os testados.

Quadro 8 – Resultados obtidos para um raio de procura de 30 metros

| ref.      | n.º cél. classif. | n.º células VP | n.º células FP | n.º células FN | n.º células VN | S    | E    | Aval. Ponderada |
|-----------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|------|-----------------|
| r30_d353  | 15663             | 11662          | 4001           | 3517           | 98948          | 0,77 | 0,96 | 0,83            |
| r30_d353c | 30943             | 14514          | 16429          | 665            | 86520          | 0,96 | 0,84 | 0,92            |
| r30_d707  | 8065              | 7475           | 590            | 7704           | 102359         | 0,49 | 0,99 | 0,66            |
| r30_d707c | 19383             | 12387          | 6996           | 2792           | 95953          | 0,82 | 0,93 | 0,85            |

O desempenho característico do modelo para um raio de procura de 30 m descrito anteriormente tem o seu reflexo mais evidente nos resultados obtidos no segundo intervalo de densidade testado (r30\_d707). Tal deve-se ao facto de, além de se recorrer ao mais pequeno raio utilizado, é ainda feita uma discriminação que faz com que apenas possam ser classificadas células que tenham dois ou mais edifícios na sua vizinhança circular de 30 m. Ao impor esta restrição, estamos na realidade a limitar a busca a cerca de 60% da área de classificação possível utilizando o intervalo de densidade anterior e que por esta razão apresenta resultados mais satisfatórios.

Por aumentarem significativamente o número de células classificadas, todos os testes em que se aplicou a extensão de uma célula às regiões identificadas, registaram uma melhoria significativa nos resultados (r30\_d353c e r30\_d707c) em relação aos seu homólogos (r30\_d353 e r30\_d707), nomeadamente em termos de *Sensibilidade* mas também na sua *Especificidade* e conseqüentemente na avaliação ponderada (Quadro 8). De notar que, pelo raio de procura ser pequeno, muitas das regiões identificadas ficam separadas por distâncias igualmente curtas. Ao realizar esta operação e visto que estamos na prática a aproximá-las em 50 m (duas células de 25 m), muitas das regiões anteriormente separadas passam a formar uma só região com um acumulado de edifícios superior a 30, sendo por isso consideradas como *áreas urbanas*.

Tal leva a que, o teste com raio de procura de 30 m, um limiar significativo de densidade superior a 0,000353 edifícios/m<sup>2</sup> e uma extensão de uma célula no seu perímetro (r3\_d353c), tal com ilustrado pela Figura 26, tenha sido para este raio de procura aquele que revelou o melhor desempenho, exibindo valores bastante aceitáveis tanto do ponto de vista da capacidade de detectar correctamente áreas urbanas, como do ponto de vista da sua avaliação ponderada.

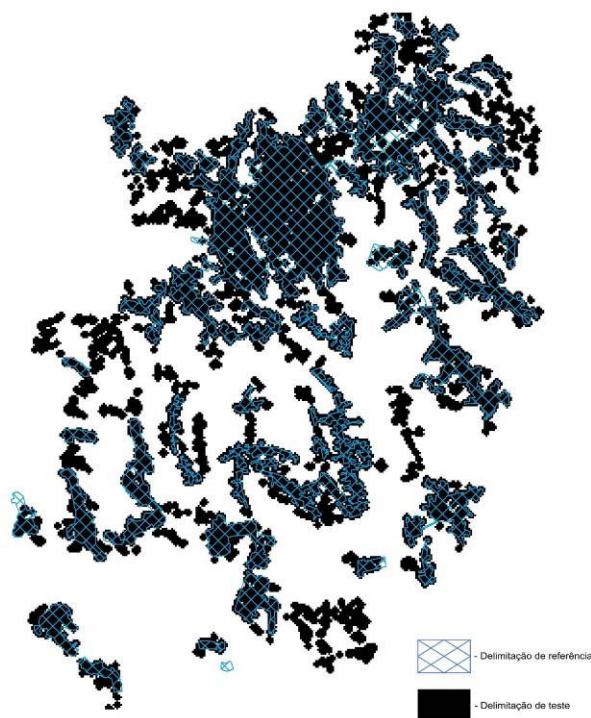


Figura 26 – Teste de referência r30\_ d353c

### Raio de procura igual a 40 metros

Recorrendo ao um raio de procura de 40 m, os resultados obtidos melhoram, o que pode ser observado pelos mais altos valores na avaliação ponderada. Tal deve-se fundamentalmente ao melhor desempenho no que diz respeito à capacidade de identificar correctamente as áreas desejadas, ou seja, um aumento na sua *Sensibilidade*. Já os valores de *Especificidade* evidenciam uma redução na aptidão de classificação das *áreas não urbanas* em relação aos parâmetros utilizados com o raio de procura anterior. Estes factos devem-se fundamentalmente ao aumento generalizado de área classificada, dando azo a mais áreas classificadas correctamente mas também, embora em menor proporção, a uma redução na capacidade de as distinguir.

Quadro 9 - Resultados obtidos para um raio de procura de 40 metros

| ref.      | n.º cél. classif. | n.º células VP | n.º células FP | n.º células FN | n.º células VN | S    | E    | Aval. Ponderada |
|-----------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|------|-----------------|
| r40_d198  | 23645             | 13687          | 9958           | 1492           | 92991          | 0,90 | 0,90 | 0,90            |
| r40_d198c | 36864             | 14863          | 22001          | 316            | 80948          | 0,98 | 0,79 | 0,91            |
| r40_d397  | 14460             | 11273          | 3187           | 3906           | 99762          | 0,74 | 0,97 | 0,82            |
| r40_d397c | 26715             | 13920          | 12795          | 3906           | 87507          | 0,78 | 0,87 | 0,81            |

Verifica-se assim que o melhor resultado obtido para um raio de procura de 40 m é aquele que é ilustrado pela Figura 27 e abrange o máximo número de edifícios possível no seu perímetro. A expansão das regiões em uma célula permite a união de muitas destas que, de outra forma não seriam classificadas, revelando-se bastante benéfica como pode ser assinalado pela *Sensibilidade* obtida de 0,98 (Quadro 9). No entanto a *Especificidade* ressentem-se, levando a crer que a melhoria

dos resultados se deveu acima de tudo ao pouco arrojo na classificação dos parâmetros iniciais que são de alguma forma colmatados pelo alargamento da mancha. Revela ainda que o raio de 40 m é pequeno para caracterizar a ocupação urbana do local testado.

Quando se testa a classificação de apenas áreas com mais de 2 edifícios no perímetro de procura, o facto de os valor de *Sensibilidade* cair para 0,74 revela um agravamento dos erros de omissão, sendo acompanhada pela diminuição dos erros de comissão. Tal deve-se fundamentalmente à diminuição da área classificada, passando a ser sensivelmente 61% da obtida com o primeiro teste. Esta quebra deriva em grande parte do facto de, sendo um raio pequeno, as regiões identificadas serem bastante contidas no espaço, não tendo assim a dimensão suficiente para poderem conter o mínimo de edifícios necessários para que nesta fase sejam consideradas *áreas urbanas*.

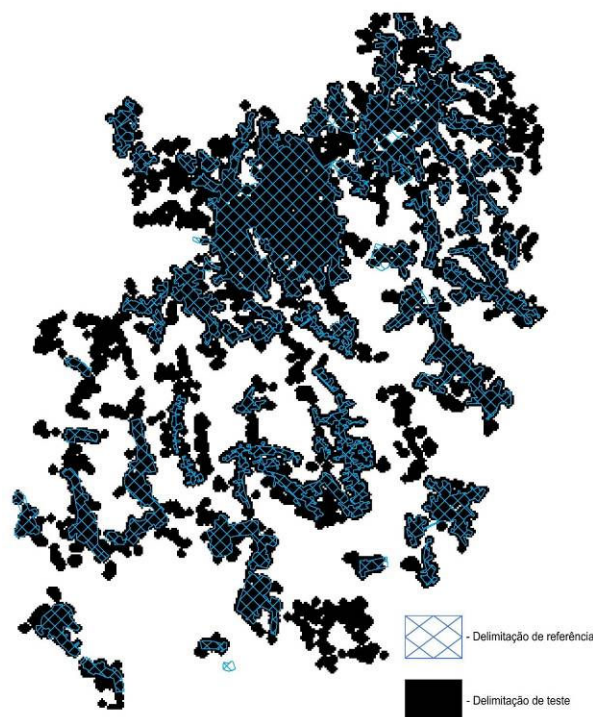


Figura 27 – Teste de referência r40\_198c

### Raio de procura igual a 50 metros

Em relação aos testes anteriores, volta-se a verificar nos testes realizados para um raio de procura de 50 m (Quadro 10), uma melhoria generalizada dos resultados obtidos, facto comprovado pelos melhores valores na avaliação ponderada. Mais uma vez este aumento é realizado graças a um acréscimo da *Sensibilidade* do modelo, permitido fundamentalmente pelo relativo decréscimo de erro de omissão.

Quadro 10 - Resultados obtidos para um raio de procura de 50 metros

| ref.      | n.º cél. classif. | n.º células VP | n.º células FP | n.º células FN | n.º células VN | S    | E    | Aval. Ponderada |
|-----------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|------|-----------------|
| r50_d127  | 30178             | 14472          | 15706          | 707            | 87243          | 0,95 | 0,85 | 0,92            |
| r50_d127c | 41634             | 15019          | 26615          | 160            | 76334          | 0,99 | 0,74 | 0,91            |
| r50_d254  | 21239             | 13106          | 8133           | 2073           | 94816          | 0,86 | 0,92 | 0,88            |
| r50_d254c | 33031             | 14488          | 18543          | 691            | 84406          | 0,95 | 0,82 | 0,91            |
| r50_d381  | 14933             | 11223          | 3710           | 3956           | 99239          | 0,74 | 0,96 | 0,81            |
| r50_d381c | 25750             | 13765          | 11985          | 1414           | 90964          | 0,91 | 0,88 | 0,90            |

O melhor resultado obtido volta a ser aquele que se encontra no intervalo mais abrangente de densidades (r50\_d127) e que é ilustrado pela Figura 28. No entanto, realizando a expansão das manchas de densidade em uma célula (r50\_d127c), apesar de se obter uma maior área de classificação, a qualidade do método cai. Tal deve-se ao desmesurado acréscimo de erros de comissão que o aumento de área provoca, deixando perceber que este último facto não é em si, um garante de qualidade do método. Isto apesar da assinalável diminuição de erros de omissão registada levar a um aumento significativo da *Sensibilidade*.

Nos intervalos de densidade seguintes o comportamento é idêntico, com excepção para o facto de a diferenciação entre *Sensibilidade* e *Especificidade* não ser tão marcada, permitindo que a avaliação global evolua positivamente com a introdução da expansão de uma célula.

Destaque para o facto de o terceiro intervalo de densidade testado (r50\_d381) se evidenciar com valores extremos tanto de *Sensibilidade* como de *Especificidade*, facto que pode ser explicado pela relativa baixa área classificada, que potencia a existência tanto de erros de omissão como de comissão.

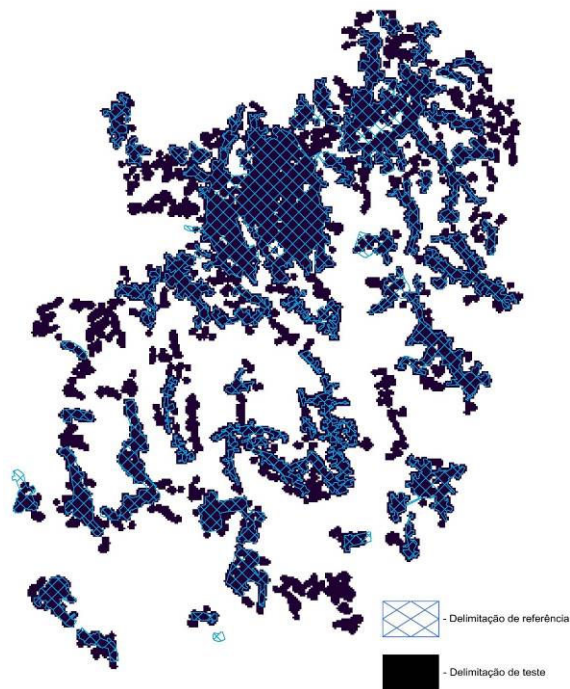


Figura 28 – Teste de referência r50\_d127



## Raio de procura igual a 60 metros

Com o aumento do raio de procura para 60 m, continua-se a verificar a tendência de aumento da qualidade do modelo, evidenciada pelos elevados valores na avaliação ponderada. Justifica-se assim a continuação do aumento do raio como tentativa de obtenção de melhores resultados (Quadro 11). Atinge-se aqui pela primeira vez os 100% de capacidade de classificação correcta de “área urbana”, sendo que se esbate a disposição até aqui observada de melhoria dos resultados pelo aumento de área classificada dado pela expansão das regiões em uma célula.

Quadro 11 - Resultados obtidos para um raio de procura de 60 metros

| ref.      | n.º cél. classif. | n.º cél. VP | n.º cél. FP | n.º cél. FN | n.º cél. VN | S    | E    | Aval. Ponderada |
|-----------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|------|-----------------|
| r60_d088  | 35870             | 14847       | 21023       | 332         | 81926       | 0,98 | 0,80 | 0,92            |
| r60_d088c | 46139             | 15121       | 31018       | 58          | 71931       | 1,00 | 0,70 | 0,90            |
| r60_d176  | 27673             | 14118       | 13555       | 1061        | 89394       | 0,93 | 0,87 | 0,91            |
| r60_d176c | 37709             | 14819       | 22890       | 360         | 80059       | 0,98 | 0,78 | 0,91            |
| r60_d265  | 21532             | 13103       | 8429        | 2076        | 94520       | 0,86 | 0,92 | 0,88            |
| r60_d265c | 31560             | 14401       | 17159       | 778         | 85790       | 0,95 | 0,83 | 0,91            |
| r60_d353  | 13495             | 11850       | 4858        | 3329        | 98091       | 0,78 | 0,95 | 0,84            |
| r60_d353c | 21490             | 13795       | 12212       | 1384        | 90737       | 0,91 | 0,88 | 0,90            |

Com uma avaliação ponderada de 0,92, o teste com um raio de procura de 60 m e um intervalo de densidade superior a 0,000088 edifício/m<sup>2</sup> (r60\_d088) assume-se como o melhor resultado da combinação de parâmetros testada. A delimitação correspondente encontra-se ilustrada na Figura 29. Tal acontece pois a classificação não é extensiva o suficiente para aumentar significativamente os erros de comissão, no entanto permite que se classifique 98% da *área urbana* do modelo de referência, limitando em muito os erros de omissão.

Um modelo muito arrojado na classificação afirma-se assim como prejudicial para a qualidade do mesmo, como pode ser observado pela teste seguinte em que se mantendo os mesmos parâmetros do melhor teste, se obtém um aumento de aproximadamente 30% da área classificada recorrendo apenas à expansão das regiões de densidade relevante em uma célula (r60\_d088c). O facto de se conseguir uma classificação de todas as células tidas como *área urbana*, reflecte-se num aumento significativo dos erros de comissão, diminuindo para 70% a *Especificidade* do modelo e comprometendo a sua avaliação ponderada.

De destacar que os testes recorrendo a intervalos de densidade mais restritos - e por isso com uma área de classificação também mais limitada - revelaram sempre resultados menos conseguidos devido fundamentalmente a uma incapacidade de classificar convenientemente as *áreas urbanas*. Justifica-se assim que, não só o aumento excessivo da área de classificação é nocivo para a qualidade do modelo, como também a limitação desta e principalmente a exclusão do intervalo mais baixo de densidade (perímetros de procura com apenas um edifício) compromete os resultados obtidos.

Sugere-se então que um raio na vizinhança de 60 m é o primeiro limite a considerar como de separação legítima entre os centróides de dois edifícios em área urbana. Desta forma, um edifício

que tenha o seu centro geométrico afastado até uma distância de 120 m do seu vizinho, afirma-se passível de incorporar uma região susceptível de ser classificada como área urbana, caso no seu conjunto tenha um número suficiente de edifícios para tal. Tal como mencionado, nesta primeira aproximação o número considerado para que tal fosse possível foi de 30 edifícios.

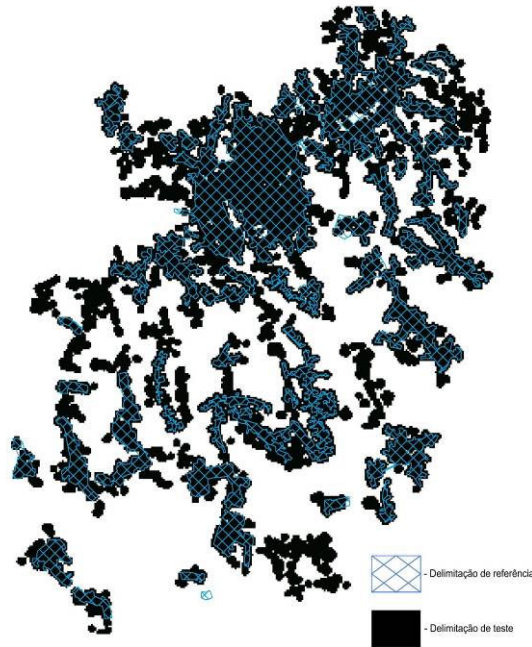


Figura 29 – Teste de referência r60\_d088

### **Raio de procura igual a 70 metros**

Ao utilizar um raio de procura de 70 m (Quadro 12), a tendência de melhoria da qualidade do modelo com o aumento do raio quebra-se. Pode-se assim afirmar que um edifício que tenha o seu centróide afastado em 140 m ou mais do centróide do edifício vizinho mais próximo, não pode ser considerado como parte integrante de uma área urbana. Sendo 70 m o maior raio de procura testado, é também aqui que apresenta o máximo da média de células classificadas. Justifica-se assim pela classificação extensiva igualmente a melhor média em termos de número de células correctamente classificadas como *áreas urbanas* e que impulsionam os valores de *Sensibilidade*, acarretando como revés os piores valores médios em termos de erros de comissão.

Quadro 12 - Resultados obtidos para um raio de procura de 70 metros

| ref.      | n.º cél. classif. | n.º cél. VP | n.º cél. FP | n.º cél. FN | n.º cél. VN | S    | E    | Aval. Ponderada |
|-----------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|------|-----------------|
| r70_d064  | 40819             | 15002       | 25817       | 177         | 77132       | 0,99 | 0,75 | 0,91            |
| r70_d064c | 49893             | 15151       | 34742       | 28          | 68207       | 1,00 | 0,66 | 0,89            |
| r70_d129  | 33244             | 14578       | 18666       | 601         | 84283       | 0,96 | 0,82 | 0,91            |
| r70_d129c | 42180             | 15003       | 27177       | 176         | 75772       | 0,99 | 0,74 | 0,90            |
| r70_d194  | 27578             | 14055       | 13523       | 1124        | 89426       | 0,93 | 0,87 | 0,91            |
| r70_d194c | 36299             | 14738       | 21561       | 441         | 81388       | 0,97 | 0,79 | 0,91            |
| r70_d259  | 22552             | 13285       | 9267        | 1894        | 93682       | 0,88 | 0,91 | 0,89            |
| r70_d259c | 31404             | 14379       | 17025       | 800         | 85924       | 0,95 | 0,83 | 0,91            |
| r70_d324  | 18771             | 12490       | 6281        | 2689        | 96668       | 0,82 | 0,94 | 0,86            |
| r70_d324c | 27144             | 13965       | 13179       | 1214        | 89770       | 0,92 | 0,87 | 0,90            |

Sendo o teste r70\_d064c aquele induz o maior alcance territorial na sua classificação, consegue classificar com sucesso todas as *áreas urbanas*. No entanto e pela mesma razão, evidencia-se como aquele que comete mais erros de comissão e menor capacidade de identificar correctamente *áreas não urbanas*, apresentando por isso o menor valor de *Especificidade* de todos os testes efectuados.

Por essa mesma razão, todos os testes onde foi aplicado uma expansão das regiões identificadas em uma células apresentam piores resultados que os seus homólogos, deixando perceber que o raio de 70 m é por si suficiente elevado para que todos os edifícios relevantes sejam incluídos nas áreas classificadas.

Sendo tida como melhor combinação de parâmetros aquela que se revelava mais contida na classificação efectuada, o teste que evidencia os melhores resultados para um raio de procura de 70 m é o que classifica as células com um intervalo de densidade correspondente à identificação de 3 ou mais ocorrências (Figura 30), sem qualquer expansão das regiões reconhecidas.

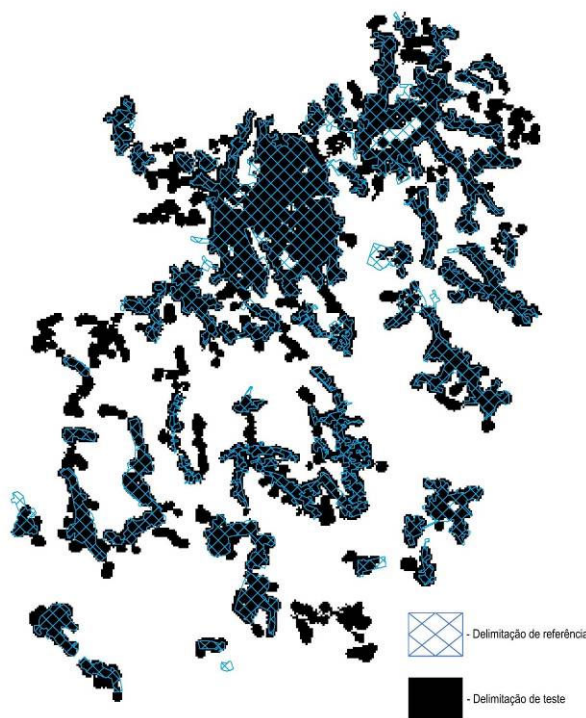


Figura 30 – Teste de referência r70\_d194

### 5.3.1.1 REFINAMENTO DO MODELO

As combinações de parâmetros que evidenciaram os resultados mais satisfatórios são apresentadas no Quadro 13.

| ref.            | raio [m]  | densidade [edifícios/m <sup>2</sup> ] | exp. da região [n.º células] | S           | E           | AP          | n.º células classificadas |
|-----------------|-----------|---------------------------------------|------------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------------|
| r30_d353c       | 30        | ≥ 0,000353                            | 1                            | 0,95        | 0,84        | 0,92        | 30943                     |
| <b>r50_d127</b> | <b>50</b> | <b>≥ 0,000127</b>                     | <b>0</b>                     | <b>0,95</b> | <b>0,85</b> | <b>0,92</b> | <b>30178</b>              |
| r60_d088        | 60        | ≥ 0,000088                            | 0                            | 0,98        | 0,80        | 0,92        | 35870                     |

Quadro 13 – Testes com melhores resultados de Avaliação Ponderada

Uma vez existirem três testes que patenteiam o melhor valor alcançado de avaliação ponderada (0,92) e tal como aplicado no conjunto de teste referentes ao raio de procura de 70 m, em caso de igualdade tomou-se como critério de desempate considerar que um método menos extensivo na classificação que permita iguais resultados de Avaliação Ponderada se constitui como um conjunto de parâmetros de modelação mais bem conseguido.

Desta forma, e uma vez realizada uma primeira bateria de testes na tentativa de determinar quais os parâmetros que melhor servem a modelação desejada da realidade, tem-se para esta fase que o melhor teste é o de referência r50\_d127, ilustrado pela Figura 28, referente a um raio de procura de 50 m, correspondente à assumpção do intervalo de densidade mais extensivo e ainda um número de edifícios por região igual ou superior a 30.

São assim seguidamente expostos os testes que correspondem a variações sensíveis em relação ao teste referenciado anteriormente do número de edifícios por região tidos como relevantes (20, 25, 30, 35 e 40), assim como da dimensão dos raios de procura (45 e 55 metros).

#### Variação do número de edifícios por região

Procede-se assim primeiro à variação do número de edifícios por região relevante para que as células sejam classificadas como *áreas urbanas* (Quadro 14), mantendo fixos os parâmetros referentes ao raio de procura e intervalos de abrangência.

Quadro 14 - Variações sensíveis do número de edifícios por região

| raio [m] | densidade [edifícios/m <sup>2</sup> ] | n.º edifícios por região | referência |
|----------|---------------------------------------|--------------------------|------------|
| 50       | ≥0,000127                             | ≥ 20                     | r5_d127_20 |
|          |                                       | ≥ 25                     | r5_d127_25 |
|          |                                       | ≥ 30                     | r5_d127_30 |
|          |                                       | ≥ 35                     | r5_d127_35 |
|          |                                       | ≥ 40                     | r5_d127_40 |

A figura representativa do melhor resultado pelas referidas variações de parâmetros encontra-se referenciada aquando da sua discussão, encontrando-se as restantes presentes no Anexo II. Os resultados obtidos são sistematizados no Quadro 15, sendo estes discutidos seguidamente.

Quadro 15 - Resultados obtidos pela variação sensível do número de edifícios por região

| ref.              | nº. cél. classif. | nº. cél. VP  | nº. cél. FP  | nº. cél. FN | nº. cél. VN  | S           | E           | Aval. Ponderada |
|-------------------|-------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-----------------|
| r5_d127_20        | 30416             | 15179        | 15918        | 681         | 86350        | 0,96        | 0,84        | 0,92            |
| r5_d127_25        | 30226             | 14498        | 15728        | 681         | 87221        | 0,96        | 0,85        | 0,92            |
| r5_d127_30        | 30178             | 14472        | 15706        | 707         | 87243        | 0,95        | 0,85        | 0,92            |
| <b>r5_d127_35</b> | <b>29916</b>      | <b>14472</b> | <b>15444</b> | <b>707</b>  | <b>87505</b> | <b>0,95</b> | <b>0,85</b> | <b>0,92</b>     |
| r5_d127_40        | 29621             | 14351        | 15270        | 828         | 87679        | 0,95        | 0,85        | 0,91            |

Verifica-se que o melhor resultado passa a corresponder à utilização de regiões que abrangem um mínimo de 35 edifícios, para um intervalo de densidade mais abrangente e um raio de procura de 50 metros (Figura 31 – Teste de referência r5\_d127\_35). Este resultado, no entanto, apenas se evidencia após a aplicação do critério de desempate, que pretende premiar combinações de parâmetros que permitem um número mais contido de células classificadas.

Desta forma, tanto a diminuição como o aumento do limiar de edifícios por região, denota ter um efeito quase subliminar na capacidade de identificação correcta do modelo tanto de *áreas urbanas* como de *áreas não urbanas*.

Não se evidencia assim, dentro do mesmo intervalo de densidade, uma relação directa entre o aumento da quantidade de área classificada e a melhoria do comportamento do método pois, à excepção do teste efectuado recorrendo a regiões com mais de 40 edifícios (r5\_d127\_40), os demais apresentam uma área de classificação igual ou superior à do teste com melhor desempenho (r5\_d127\_35). Deixa-se assim antever que, para um raio de procura de 50 metros, apenas faz sentido considerar como área urbana regiões que apresentem 35 ou mais edifícios no seu interior.

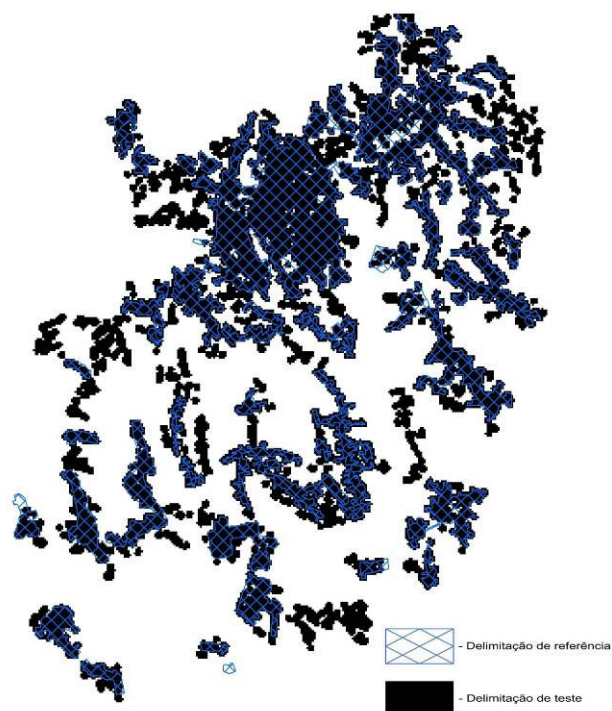


Figura 31 – Teste de referência r5\_d127\_35

### Variação do raio de procura

Seguidamente e mantendo estável em 35 o número de edifícios por região, faz-se incidir a variação sobre o raio de procura utilizado, tal como demonstrado no Quadro 16:

Quadro 16 - Variações sensíveis raio de procura

| raio [m] | densidade [edifícios/m²] | referência  |
|----------|--------------------------|-------------|
| 45       | ≥ 0,000157               | r45_d157_35 |
|          | ≥ 0,000314               | r45_d314_35 |
|          | ≥ 0,000472               | r45_d472_35 |
|          | ≥ 0,000629               | r45_d629_35 |
| 55       | ≥ 0,000105               | r55_d105_35 |
|          | ≥ 0,000210               | r55_d210_35 |
|          | ≥ 0,000315               | r55_d315_35 |
|          | ≥ 0,000420               | r55_d420_35 |

Mais uma vez, a figura representativa da combinação de parâmetros com o melhor resultado é apresentada aquando da sua discussão, encontrando-se as restantes presentes no Anexo III. Os resultados obtidos são sistematizados no Quadro 17, sendo estes discutidos seguidamente.

Quadro 17 - resultados obtidos pela variação sensível do raio de procura

| ref.               | nº. cél. classif. | nº. cél. VP  | nº. cél. FP  | nº. cél. FN | nº. cél. VN  | S           | E           | Aval. Ponderada |
|--------------------|-------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-----------------|
| <b>r45_d157_35</b> | <b>26341</b>      | <b>14146</b> | <b>12195</b> | <b>1033</b> | <b>90754</b> | <b>0,93</b> | <b>0,88</b> | <b>0,92</b>     |
| r45_d314_35        | 17318             | 12166        | 5152         | 3013        | 97797        | 0,80        | 0,95        | 0,85            |
| r45_d472_35        | 8439              | 7616         | 823          | 7563        | 102126       | 0,50        | 0,99        | 0,67            |
| r45_d629_35        | 6031              | 5686         | 345          | 9493        | 102604       | 0,37        | 1,00        | 0,58            |
| r5_d127_35         | 29916             | 14472        | 15444        | 707         | 87505        | 0,95        | 0,85        | 0,92            |
| r55_d105_35        | 33180             | 14677        | 18503        | 502         | 84446        | 0,97        | 0,82        | 0,92            |
| r55_d210_35        | 24140             | 13686        | 10454        | 1493        | 92495        | 0,90        | 0,90        | 0,90            |
| r55_d315_35        | 18023             | 12191        | 5832         | 2988        | 97117        | 0,80        | 0,94        | 0,85            |
| r55_d420_35        | 13371             | 10507        | 2864         | 4672        | 100085       | 0,69        | 0,97        | 0,79            |

A redução do raio de procura em 5 metros permite manter o mesmo desempenho do método, tornando-o no entanto um pouco mais contido na extensão da classificação. Apenas por esse motivo e recorrendo ao critério de desempate, se considera que a combinação de parâmetros correspondente a um raio de procura de 45 metros, para o intervalo de densidade mais abrangente e um mínimo de 35 regiões por região, se assume como a melhor (Figura 32). Perde-se assim ligeiramente a capacidade de classificar correctamente *áreas urbanas*, mas essa situação é compensada com a diminuição de erros de comissão, aumentando a aptidão do método na classificação de áreas não urbanas.

Destaque para o fraco desempenho evidenciado no mesmo raio de procura para os dois intervalos de densidade mais restritos (r45\_d472\_35 e r45\_d629\_35), reflexo da segregação que obriga a que apenas seja classificada 55% e 40% da área da delimitação de referências, respectivamente. Tal inibe qualquer possibilidade de um bom cumprimento da tarefa proposta.

Em relação aos resultados obtidos pela aumento sensível do raio de procura em 5 metros, apesar de apresentarem resultados globais na mesma ordem de grandeza, o aumento do âmbito da busca implica um correspondente acréscimo da área classificada, prejudicando-os após a aplicação do critério de desempate.

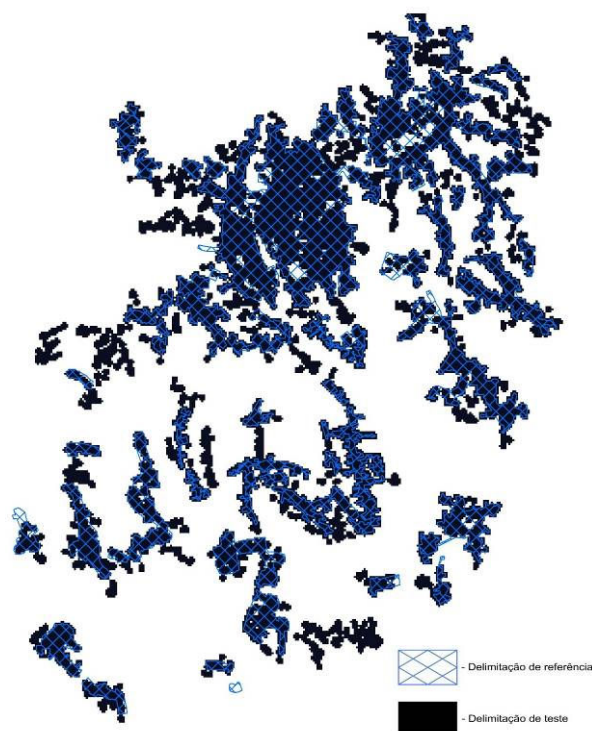


Figura 32 – Teste de referência r45\_d157\_35

Apenas como confirmação de que a redução do raio de procura, nomeadamente para 40 metros, mesmo para este limiar mínimo de edifícios (35 edifícios), se revela inócuo em termos de melhoria da qualidade do método, apresenta-se no Quadro 18 os resultados referentes aos ensaios realizados para os intervalos de densidade mais abrangentes. A realização de ensaios para intervalos mais restritos não se justifica pois, como já foi demonstrado e mais uma vez se comprova, a redução do número de células classificadas que tal implica não se afirma como benéfica para o método.

Quadro 18 - resultados da redução sensível do raio de procura para o melhor teste

| ref.       | n.º cél. classif. | n.º cél. VP | n.º cél. FP | n.º cél. FN | n.º cél. VN | S    | E    | Aval. Ponderada |
|------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|------|-----------------|
| r4_d198_35 | 23241             | 13560       | 9681        | 1619        | 93268       | 0,89 | 0,91 | 0,90            |
| r4_d397_35 | 8851              | 7976        | 882         | 7203        | 102067      | 0,53 | 0,99 | 0,68            |

Comprova-se assim, pela variação sensível dos parâmetros de modelação, que para o caso de estudo em questão, os melhores resultados são obtidos pela utilização de um raio de procura de 45 metros, um limiar mínimo de 35 edificações por região homogénea para o intervalo de densidade mais abrangente. Apesar de a combinação de parâmetros utilizada apenas ter sido testada para o contexto geográfico em questão, a heterogeneidade das tipologias urbanas presentes na área de estudo escolhida augura a possibilidade igualmente satisfatória da sua aplicação a demais contextos existentes.



## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS**

### **6.1 SÍNTESE DO TRABALHO DESENVOLVIDO**

No decorrer dos capítulos anteriormente submetidos, são examinados aspectos relacionados com métodos de visualização e análise do fenómeno de aglomeração à escala urbana, derivados dos princípios da estatística espacial. Apresenta-se igualmente uma proposta metodológica para a identificação de áreas urbanas, de génese análoga, baseada na análise da distribuição por unidade de área do fenómeno de edificação e apoiada na combinação de métodos e técnicas em ambiente SIG. Procura-se ainda estimar a qualidade do método proposto, sugerindo-se para tal a aplicação de um conjunto de medidas capazes de quantificar a valia do mesmo.

Neste âmbito, pretende-se que se constitua como um ensaio exploratório capaz de erigir conhecimento e produzir saber, em geral no vasto âmbito do ordenamento do território e em particular na identificação, compreensão e classificação de espaços edificados. Deseja-se que através da síntese apresentada entre conceitos teóricos, sua discussão e utilização das ferramentas técnicas e tecnológicas adequadas - sejam existentes ou propostas - se contribua para o crescimento da eficiência, rigor e transparência do acto de planear.

Considera-se então que, pela aplicação da abordagem proposta e da resultante aliança entre teoria e prática, três tópicos de reflexão se evidenciam:

- i. SIG e a identificação de áreas urbanas
- ii. Métodos e técnicas existentes para a identificação de áreas urbanas
- iii. Método proposto e resultados obtidos para a identificação de áreas urbanas

### **6.2 OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS URBANAS**

As constantes transformações das estruturas urbanas, acompanhadas pela necessidade de revisão tanto do modelo de desenvolvimento seguido como dos IGT que o enquadram, impõem a capacidade de identificação e delimitação dos espaços urbanos. Esta é uma tarefa que, sendo da intrínseca responsabilidade da Administração Pública, se reveste de obrigatória transparência, igualdade e equidade para com toda a comunidade. Os SIG, como ferramenta de análise espacial, tornam hoje possível ir de encontro a essas premissas, não só de uma forma rigorosa, mas também expedita e sóbria no consumo de recursos temporais, financeiros e humanos, condizentes com o carácter eminentemente iterativo do processo de planeamento. Permite ainda a melhoria da qualidade do processo decisional, potenciando a diminuição de ambiguidade e clarificação dos critérios de classificação de áreas urbanas.

Mesmo recorrendo a SIG, várias técnicas podem ser utilizadas na avaliação dos contextos geográficos e territoriais presentes. Independentemente da sofisticação, deverão ter em conta a continuidade do espaço edificado e/ou proximidade a redes de infra-estruturação como aspectos

fundamentais caracterizadores do espaço urbano. Pela disponibilidade de informação existente e estrutura de compreensão e utilização mais imediata, os dados de génese vectorial assumem-se como aqueles melhor colocados para o cumprimento dos requisitos necessários e anteriormente expostos. No entanto, estas estruturas são de gestão e operacionalidade complexa, sendo igualmente dadas à existência de erros de difícil controlo e correcção. Assume-se assim como adequada a opção da utilização de uma metodologia que, apoiando-se na mais valia de ter como *input* dados facilmente disponíveis de natureza vectorial, necessite apenas de uma gestão simples de dados, recorrendo a uma estrutura matricial ágil para a efectivação no método.

### 6.3 MÉTODOS E TÉCNICAS EXISTENTES PARA A IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS URBANAS

Os exemplos disponíveis são escassos e os resultados obtidos são similares tanto do ponto de vista da escala de representação como do nível de análise apresentados. O enfoque da averiguação realizada relativa à utilização de métodos de estatística espacial para a identificação de áreas urbanas foi desta forma colocado na sistematização da proposta, assim como das suas características intrínsecas particulares e de natureza.

Os modelos de génese vectorial permitem uma utilização e compreensão mais imediata das operações aplicadas e dos resultados obtidos que são também mais conformes com as concepções tradicionais da cartografia. No entanto, por necessitarem de dados frequentemente de escalas e origens díspares, obrigam a um elevado esforço de gestão, validação e correcção, pouco consentâneo com os constrangimentos de tempo e meios agravados pela natureza eminentemente iterativa do processo de planeamento.

Os métodos de génese matricial permitem uma visualização do contexto geográfico estudado recorrendo a células como unidades homogéneas de análise, o que permite uma mais fácil comparação entre resultados. Permitem ainda uma maior sensibilidade e a aplicação de conceitos de estatística espacial, evidenciando uma menor dependência dos parâmetros de entrada em relação aos métodos apoiados exclusivamente em dados de estrutura vectorial. A utilização de uma função de densidade ponderada pela distância assume-se mais apta para detecção de fenómenos locais e não tanto para a classificação binária entre solo rural e urbano. A resolução utilizada e pelo mesmo motivo, a aplicação de funções de generalização, têm também um peso na qualidade dos resultados obtidos que não pode ser descorada.

A utilização de uma solução de compromisso, que assimile ambos os modelos de dados utilizados, potencia o aproveitamento das características de cada um que melhor se adequam à modelação específica do fenómeno desejado. No entanto, o recurso à conversão entre dados de génese matricial para vectorial assume-se como uma operação passível de induzir erros e arbitrariedade não controlados, ameaçando o rigor do resultado final. Também a introdução de conceitos administrativos obriga a um esforço de incorporação e compreensão da sua real correspondência com o fenómeno modelado.

## 6.4 MÉTODO PROPOSTO E RESULTADOS OBTIDOS PARA A IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS URBANAS

Não obstante o facto dos modelos serem inevitavelmente uma forma simplista de representação da realidade e consequentemente, de alguma forma igualmente limitados na representação da complexidade do sistema urbano, como primeira ilação evidencia-se a realidade de ser possível assumir uma proposta de solução operacional para a problemática da identificação de áreas urbanas a partir de informação geográfica que revele uma boa reacção e resultados de desempenho verdadeiramente satisfatórios. A qualidade apresentada é potenciada pelo propósito original de procura de um método de delimitação indicativa, passível de ser utilizado como base para o planeamento municipal.

O método evidencia-se flexível, apresentando-se a escala de análise utilizada (PDM) igualmente adequada. Permite assim e em simultâneo, tanto a possibilidade do estabelecimento de bases de ordenamento apoiadas, como o seu fácil ajustamento futuro. Este deve, no entanto, ter lugar num patamar posterior do processo de planeamento de áreas urbanas, nomeadamente da gestão urbanística a ser realizada em sede própria de Plano de Urbanização.

O resultado é ainda reforçado pela auto-imposta meta de simplificação e minimização das operações e dados utilizados, tornando possível minimizar problemas de gestão e erros de utilização. Para tal recorreu-se a um método simples de análise espacial e distribuição de ocorrências baseada na área, apoiado numa estrutura de dados matricial e impondo restrições ao nível da agregação e classificação de objectos em torno de regiões contíguas. Como segunda lição regista-se o facto de ser igualmente realizável a avaliação das soluções alcançadas através da aplicação de medidas valorativas, passíveis de avaliar a consistência do modelo proposto.

Da interiorização destas duas leituras particulares e das análises efectuadas, decorre um conjunto de outras reflexões de índole mais específica, mas nem por isso de menor valor. Estas prendem-se, acima de tudo, com a exigência de iteratividade e rigor que a problemática impõe e à qual a simplicidade de gestão, análise e operacionalização dos dados que o método proposto dá resposta, minimizando a utilização de recursos. Por estas razões e ainda pela facilidade de aplicação, permite ainda a obtenção de leituras e análise pontuais, passíveis de serem utilizadas no processo de monitorização do desenvolvimento da rede urbana em questão.

No entanto, apenas a aplicação dos testes efectuados a áreas de análise diferentes e disseminadas no território permitirá uma validação mais extensiva dos parâmetros propostos e da sua consistência espacial.

Ainda com esta ressalva, permite a sua adopção em diferentes contextos e escalas, possibilitando, por exemplo, o estudo de fenómenos espaciais diferentes, como cidades de dimensão distinta, apenas adequando os parâmetros e os limiares de representatividade. O alargamento do seu âmbito de análise permite ainda a avaliação de efeitos regionais e inter-regionais na rede urbana.

Como reverso da aparente simplicidade do método, salienta-se que o uso de um reduzido número de parâmetros torna mais exigente a aferição dos respectivos valores, sendo também premente a

utilização de dados de boa qualidade. Como ilustração desta necessidade basta recordar que, sendo os edifícios representados por pontos, como forma de garantir a sua representatividade, esses pontos terão de se situar no seu centróide (necessariamente no interior do polígono) e não no seu centro de massa (que se pode situar fora do polígono, caso este seja irregular). Outro exemplo pode ser dado pelo cuidado na definição dos limiares relevantes de densidade. Uma vez que, podendo o valor de densidade assumir um qualquer valor real, mas correspondendo no entanto a intervalos discretos de valor dependendo número de edifícios presentes no raio de procura, os patamares de arredondamento têm de ser cuidadosamente confirmados ou existir uma conversão prévia que garanta a utilização de valores inteiros. Existe ainda a obrigatoriedade de certificação que são eliminados todos os erros topológicos e polígonos que não tenham, nomeadamente pela sua dimensão, uma clara relevância na definição do tecido urbano como anexos ou telheiros. O ignorar de qualquer um destes aspectos é passível de introduzir fortes enviesamentos nos resultados obtidos da aplicação do método proposto. De destacar ainda que os valores determinados tanto para o raio de procura como para a dimensão das células da matriz resultado condicionam a generalização dos dados e por isso também o efeito final.

Relativamente aos ensaios efectuados, procurou-se minimizar os efeitos da não-contiguidade entre regiões próximas geradas quando se constituíram zonas de densidade inferior à que corresponderia às áreas urbanas. Fixado um valor máximo para essa distância entre regiões, tornou-se evidente que este recurso à expansão em uma célula a partir das manchas obtidas não se revelou benéfico em todos os ensaios. Este efeito foi especialmente notório nos ensaios que atingiram um resultado mais satisfatório, embora para a generalidade dos restantes ensaios se tenham conseguido correspondências mais fortes com o conjunto de dados de referência.

Este facto é justificável pelo facto de esta operação, devido à natureza altamente irregular das regiões identificadas, resultar num acréscimo substancial do número de células classificadas sem o correspondente aumento da *Especificidade*, ou seja, é limitativa da capacidade do método de identificar correctamente *áreas não urbanas*. Saem desta forma reforçados os pressupostos de modelação, nomeadamente na afirmação da validade da utilização de raios de busca contidos em relação ao reduzido tamanho das células.

Também o facto de os resultados não melhorarem com o refinamento dos intervalos de densidade utilizados, ou seja, de os melhores resultados se verificarem sistematicamente pelo recurso aos intervalos mais abrangentes, deixa igualmente entender que, mesmo para raios de procura relativamente elevados, uma vez que se está a lidar com intervalos discretos de densidade e que a eliminação de um deles acarreta elevadas perdas na área classificada, não podem ser ignorados os intervalos mais abrangentes. O método deve assim ser afinado recorrendo acima de tudo ao raio de procura e ao número mínimo de edifícios considerado para se entender a área classificada como *área urbana*, e não relativamente à discriminação de intervalos de densidade dentro de um mesmo raio definido.

Em relação à aplicação do método proposto ao caso de estudo, foi possível alcançar resultados bastante motivadores, revelando uma avaliação ponderada de cerca de 92%. Tal deve-se a uma

proporção de área do modelo proposto correctamente classificada de 93%, para uma capacidade de identificação das *áreas não urbanas* de cerca de 88%.

Os parâmetros que permitem o melhor desempenho correspondem à adopção do limiar mínimo de 35 edifícios presentes numa região para que possa ser considerada como *área urbana* e à aplicação de um raio de procura de 45 metros, tomando como bom o intervalo de densidade mais abrangente ou seja, todas as células onde tenham sido identificadas edificações e o que equivale a áreas de densidade superior a 1,57 edifícios/ha.

Estes resultados revelam que a introdução de critérios administrativos comprometeria a qualidade do método, uma vez que os valores obtidos para a melhor aproximação não são condizentes com a maioria daqueles propostos por este tipo de documentação, tanto no que diz respeito a limiares mínimos de densidade, fogos ou distanciamento entre edificações. Esta afirmação apenas é contrariada, a nível do nível do limiar mínimo de edificações proposto, pela Lei 26/2003 de 30 de Julho e pelos valores propostos para “Núcleos habitacionais” pelo PDM de Tomar. No que diz respeito à densidade habitacional, os parâmetros propostos não são incorporados em classes de solo urbanas, sendo apenas tidos na literatura de referência como pertencendo a classes para-urbanas.

Assume-se o facto de que, existindo uma avaliação geral baseada em critérios determinísticos e numa ponderação, caso o peso atribuído fosse diferente ou mesmo tido em conta outro critério de escolha, os resultados obtidos seriam invariavelmente diferentes. Poder-se-ia, por exemplo, ter como critério de desempate o valor de *Sensibilidade*. No entanto, ao fazê-lo, além de implicar o reforço já efectuado pelo valor de ponderação escolhido para a avaliação global, não se teria em conta que um método muito extensivo na classificação facilmente apresenta poucos erros de omissão (bem como a consequente melhoria dos valores de *Sensibilidade* e de *Avaliação Ponderada*) sem que tal se reflecta num real acerto na mesma. Acresce ainda o carácter indicativo do método, julgando-se pertinente que essa indicação inicial sirva como marcação necessária mas não suficiente de espaços urbanos. Potencia-se assim a orientação de recursos para uma validação *a posteriori* dos resultados e delimitação rigorosa dos aglomerados em sede própria.

Não pode no entanto deixar de se assinalar que, em geral, a utilização do modelo de dados matricial para a representação do espaço classificado como *urbano* é susceptível de gerar desconfiança a operadores que não estejam alertados sobre alguns aspectos particulares da compatibilidade e conversão entre formatos distintos de dados geográficos. Exemplificando, é possível que as fronteiras obtidas no modelo matricial não sejam coerentes com os contornos dos edifícios, ou que uma conversão das regiões para formato vectorial resulte em polígonos de geometrias aparentemente incoerentes.

Todavia, estes efeitos de incerteza ou ambiguidade quanto à geometria das áreas obtidas estão sempre presentes na comparação ou conversão de informação geográfica entre os dois modelos de dados. O facto de o objectivo deste trabalho ser o da classificação binária do espaço em *urbano* e *não-urbano* pode levar à ultrapassagem destes aspectos, possibilitando uma análise independente de toda a consideração geométrica dos dados de entrada. Essa independência em relação à geometria das edificações pode mesmo, desta forma, ser vista como uma mais-valia do método proposto.

## 6.5 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Uma vez que a experiência apresentada reflecte um contexto geográfico bastante particular, como desenvolvimentos futuros sugere-se a já mencionada necessidade de aferir da possibilidade de generalização dos parâmetros utilizados, nomeadamente pela sua aplicação a outros casos em que ocorram distribuições espaciais do edificado de natureza diferente da que se observou no caso de estudo. Apenas a aplicação do método proposto a conjuntos de dados diferenciados, e a respectiva validação dos resultados obtidos, permitirão avaliar o grau de universalidade da metodologia aqui apresentada.

Esta eventual utilização sistematizada sobre tipologias urbanas distintas possibilitaria relatar quais seriam os seus contextos preferenciais de aplicabilidade. Tais ensaios complementares facultariam ainda e desejavelmente, se não a determinação dos valores de base para os diversos parâmetros, a percepção de quais os intervalos a assumir para estes e que melhor desempenho permitiriam nas diferentes tipologias urbanas.

Também a comparação dos resultados obtidos com os resultados decorrentes da aplicação dos demais métodos identificados aos mesmo dados de referências e consequente aplicação das medidas de desempenho propostas, constituiria um factor adicional de criação de conhecimento. Seria assim possível aferir com maior rigor tanto dos méritos do método de identificação desenvolvido, como dos resultados da aplicação das medidas valorativas a diferentes processos e modelos de dados.

Apenas os constrangimentos inerentes à realização de um ensaio exploratório desta natureza impediu que os desenvolvimentos aqui identificados não fossem concretizados.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADELL, G., Theories and models of the peri-urban interface: a changing conceptual landscape. Strategic Environmental Planning and Management for the Peri-urban Interface Research Project, University College London, Development Planning Unit. Inglaterra, 1999.
- AMNA, Sistemas de Informação Geográfica – Possibilidades e Aplicações, Portugal, 2002.
- ARONOFF, S., Geographical Information Systems: A Management Perspective, WDI Publications, Canadá, 1989.
- BENTO, J., HENRIQUES, R.G., GOUVEIA, C., CONDESSA, B., Sistemas de Informação Geográfica. Relatório A., Engenharia e Tecnologia 2000. Ensaio de Prospectiva 2000-2002, Portugal, 2000.
- BERTINI, G. C.; Uma modelagem orientada a objeto para o mapa urbano básico de Belo Horizonte (MUB/BH); Monografia de Especialização; Pontifca Universidade Católica de Minas Gerais, Brasil, 2003.
- BOOCH, G., RUMBAUGH, J., JACOBSON, I., The Unified Modeling Language User Guide, Addison Wesley, E.U.A., 1999.
- BORRUSO, G., Network density and delimitation of urban areas, Transactions in GIS 2003, Blackwell Publishing Lda, Reino Unido, 2003.
- BURGESS, E.W., PARK, R., The City, University of Chicago Press, E.U.A., 1925
- CÂMARA, G., MONTEIRO, M.V., CARVALHO, M.S., DRUCK, S., Análise espacial de dados geográficos; 2ª edição online, Portugal, 2002.
- CARTER, H., The study of urban geography, Edward Arnold Ltd, Grã-Bretanha, 1974.
- CARUSO, G., Integrating Urban Economics and Cellular Automata to model Periurbanisation Spatial dynamics of residential choice in the presence of neighbourhood externalities, These resente en vue de l'obtention du grade de Docteur en Sciences. Louvain-la-Neuve: Universite catholique de Louvain, Universite Catholique de Louvain, Bélgica, 2006.
- CARVALHO, J., Formas Urbanas, Edições Minerva, Portugal, 2003.
- CASTELLS, M., La galaxia Internet, Plaza & Jânes, Espanha, 2001.
- CHAPUIS, R., L'espace périurbain: une problématique à travers le cas bourguignon, L'information Géographique, vol. 59, Armand Colin, França, 1995.

CCDRLVT, Plano Regional de Ordenamento do Território do Oeste e Vale do Tejo -: Versão para Discussão Pública, CCDRLVT, Portugal, 2008 .

CONDESSA, B., MONTEIRO, R., Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território, 1ª Jornadas de Ordenamento em Espaço Rural, CNIG, Portugal, 2001.

COWEN, D.J., GIS Versus CAD Versus DBMS: What are the Differences, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, E.U.A., 1988.

CRUZ, I., CAMPOS, V. B. G., Sistemas de informação geográfica aplicados à análise espacial em transportes, meio ambiente e ocupação do solo, Instituto Militar de Engenharia, Brasil, 2007.

Decreto-Lei 38 382 de 7 de Agosto 1951.

Decreto-Lei n.º 211/92 de 8 de Outubro. D.R. n.º 232, Série I-A de 1992-10-08.

Decreto-Lei n.º 69/90 de 2 de Março. D.R. n.º 51, Série I de 1990-03-02.

Decreto-Lei n.º 400/84 de 31 de Dezembro. D.R. n.º 301, Série I de 1984-12-31.

Decreto-Lei n.º 380/99 de 22 de Fevereiro. D.R. n.º 222, Série I-A de 1999-02-22.

Decreto-Lei n.º 316/2007 de 19 de Setembro. D.R. n.º 181, Série I de 2007-09-19.

Despacho Conjunto da Presidência do Conselho de Ministros e Ministério do Planeamento e Administração do Território de 9 de Fevereiro. D.R. n.º 33, Série II de 1994-02-09.

Despacho n.º 12/94 de 1 de Fevereiro. D.R. n.º 26, Série II de 1994-02-01.

DGOTDU, Vocabulário de Ordenamento do Território, Colecção Informação 5, DGOTDU, DSEPL, Lisboa, 2000.

DGOTDU/UTL, Lobo, M. C.; Pardal, S.; Correia, P. V. D.; Lobo, M. S., Normas Urbanísticas – Volume I: princípios e conceitos fundamentais (2ª edição), DGOTDU/UTL, Lisboa. Portugal, 1996.

DGOTDU/UTL, Lobo, M. C.; Pardal, S.; Correia, P. V. D.; Lobo, M. S., Normas Urbanísticas – Volume II: princípios e conceitos fundamentais (2ª edição), DGOTDU/UTL, Lisboa. Portugal, 1996.

DIG/CML, O Papel dos Municípios na Constituição das Bases Geográficas, Revista Expresso, 1602 (12 de Julho), Portugal, 2003.

FONT, A., Anatomia de una metropoli discontinua: La Barcelona Metropolitana, Papers, n.º 26, Espanha, 1997.

GATTREL, A., BAILEY, T., DIGGLE, P., ROWLINGSON, B., Spatial point pattern analysis and its application in geographical epidemiology, Royal Geographical Society, Reino Unido, 1996.



- GILFOYLE, I., THORPE, P., Geographic Information Management in Local Government, CRC Press LLC, E.U.A., 2004.
- GONÇALVES, T., PAULINO, L., VALENTIM, M., O Periurbano de Tomar – Identificação do Fenómeno e Proposta de Ordenamento, Projecto de Final de Curso em Engenharia do Território, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal, 2007.
- JEAN, Y., CALANGE, C., Espaces périurbains: au-delà de la ville et de la campagne? (Problématique à partir d'exemples pris dans le Centre-Ouest), Annales Géographiques, n.º596, Armand Colin; França, 1997.
- KRIER, R., L'Espace de la Ville: Theorie et Pretique, AAM Editions, França, 1975.
- LE GOFF, J., Por amor das cidades: conversas com Jean Lebrun, Teorema, Portugal, 1999.
- Lei 48/98 de 11 de Agosto, D.R. n.º 184, Série I-A de 1998-08-11.
- Lei 26/2003 de 30 de Julho, D.R. n.º 174, Série I-A de 2003-07-30.
- LISBOA, F., Modelos Conceptuais de Dados para Sistemas de Informação Geográfico, Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Brasil, 1997.
- LOBO, M. C., Administração Urbanística – Evolução legal e sua prática, IST Press, Portugal, 2001.
- LOBO, M. C., Planeamento Regional e Urbano, Universidade Aberta, Portugal, 1999.
- MATOS, J. M., Fundamentos de Informação Geográfica, LIDEL, Portugal, 2001.
- MATOS, J., NÉRY, F., SILVA, A., SOUSA, R., Modelação e Sistemas de Informação Geográfica em UML, ESIG2001, 2001.
- MENESES, H. B.; Interface Lógica em Ambiente SIG para Bases de Dados de Sistemas Centralizados de Controle de Tráfego em Tempo Real, Dissertação para a obtenção do grau de Mestrado; Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Brasil, 2003.
- MERLIN, P., CHOAY, F., Dictionaire de L'Urbanisme et de L'Aménagement, Presses Universitaires de France, França, 1988.
- MOURÃO, M., CONDESSA, B., Sistemas de Informação Geográfica e Ordenamento do Território, Seminário Internacional de Gestão do Território na Europa, CNIG, Portugal, 2001.
- NELLO, O., Los confines de la ciudad sin confines. Estructura urbana y limites administrativos en la ciudad difusa, Francisco Javier Monsclús ediciones, Espanha, 1998.

- NÉRY, F., Sistemas de Informação Geográfica na Gestão do Território: Um Panorama da Utilização de Ferramentas SIG na Gestão, Modelação e Simulação de Dinâmicas Territoriais, Revista Fórum Energia e Ambiente, Portugal, 2002.
- NÉRY, F., SOUSA, L., MARRECCAS, P., SOUSA, R., MATOS, J., Using spatially constrained clustering in land cover mapping, 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences, Portugal, 2006.
- ORMSBY, T., BURKE, R., BOWDEN, L.S., GROESSL, C., Getting to Know ArcGIS Desktop, ESRI Press, E.U.A., 2001.
- PEREIRA, M., Urbanização e planeamento na periferia de Lisboa, CEGGPR-INIC-JNICT, Portugal, 1986.
- REIS, M. A., Sistemas Municipais de Informação Geográfica, Editora Fim de Século, Portugal, 1993.
- Resolução do Conselho de Ministros n.º 100/94 de 8 de Outubro. D.R. n.º 233, Série I-B de 1994-10-08
- ROCHA, J., TENEDÓRIO, J.A., ENCARNAÇÃO, S., Pontes, S., Interacção entre redes neuronais e automatismos celulares para previsão de alterações nos padrões de uso e ocupação do solo, Cartografia e Geodesia 189 Actas da IV Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia Lisboa: LIDEL, Portugal, 2005.
- SILVA, F. N., A aplicação da perequação: do Plano Director Municipal ao Plano de Pormenor, Seminário: O Sistema da Execução de Planos e a Perequação – Comunicações, comentários e conclusões. DGOTDU, Portugal, 2002.
- SILVA, R., Metodologias para a identificação das margens urbanas metropolitanas por abordagem multi-estratégica: uma aplicação à área metropolitana de Lisboa, Dissertação para a obtenção do grau de mestre em Gestão do Território, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 2007.
- SOLÀ-MORALES, M., Las formas de crecimiento urbano, Edicions UPC, Espanha, 1997.
- SPOSITO, M. E., Novos conteúdos nas periferias urbanas das cidades médias do Estado de São Paulo, Brasil, Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía – UNAM, n.º 54, Brasil, 2004.
- STATISTICS FINLAND, The Development of Delineation Methods of Urban Areas for the Census 2000, Statistical Commission and Economic Commission for Europe – Conference of European Statisticians, Finlândia, 2001.

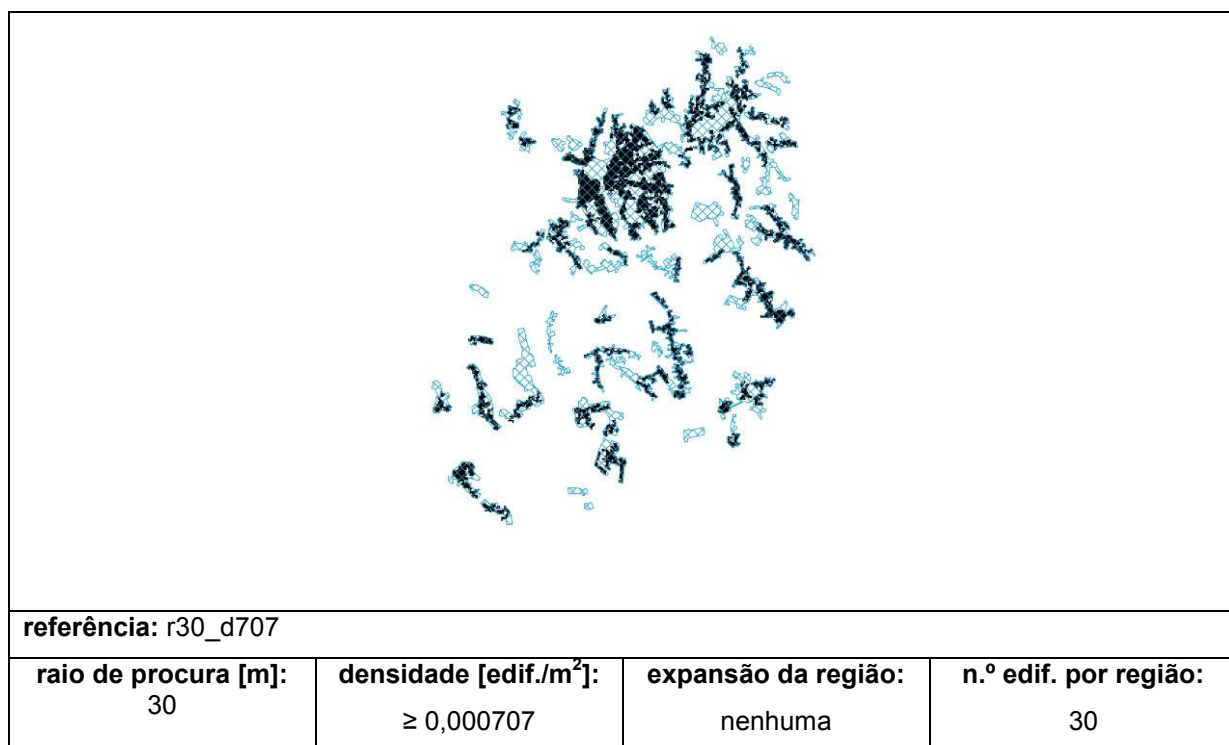
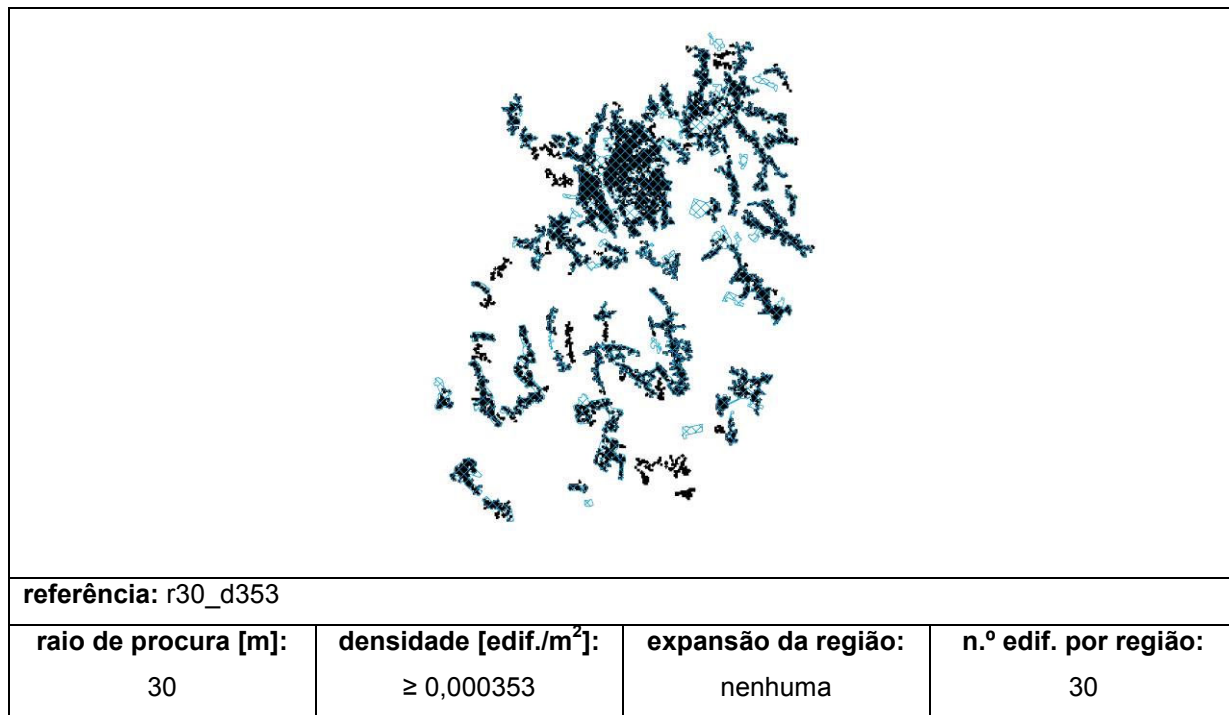
TENEDÓRIO, J. A., Télédétection en milieu périurbain. Détection et localisation du changement de l'occupation du sol par intégration des données-satellite SPOT HRV dans un Système d'Information Géographique. Thèse pour l'obtenir le grade de Docteur de l'Université Paris XII. Université de Paris XII – Val de Marne. Institut d'Urbanisme de Paris, França, 1998.

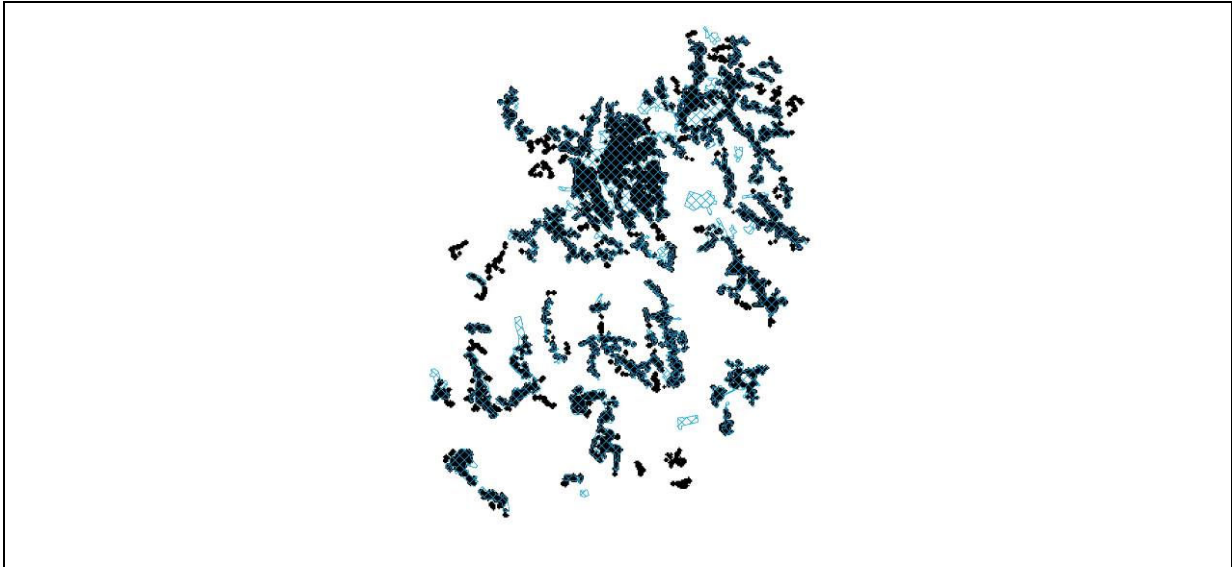
TENEDÓRIO, J.A., HENRIQUES, C. D., SILVA, J.C., Municípios, Ordenamento do Território e Sistemas de Informação Geográfica, GEOINOVA, Revista do Departamento de Geografia e Planeamento Regional da Universidade Nova de Lisboa, DGPR/FCSH/UNL, Portugal, 2003.

WALEY, P., Moving the margins of Tokyo - Urban Studies, vol. 39, n.º 9., Taylor & Francis, Reino Unido, 2002.

## 8. ANEXOS

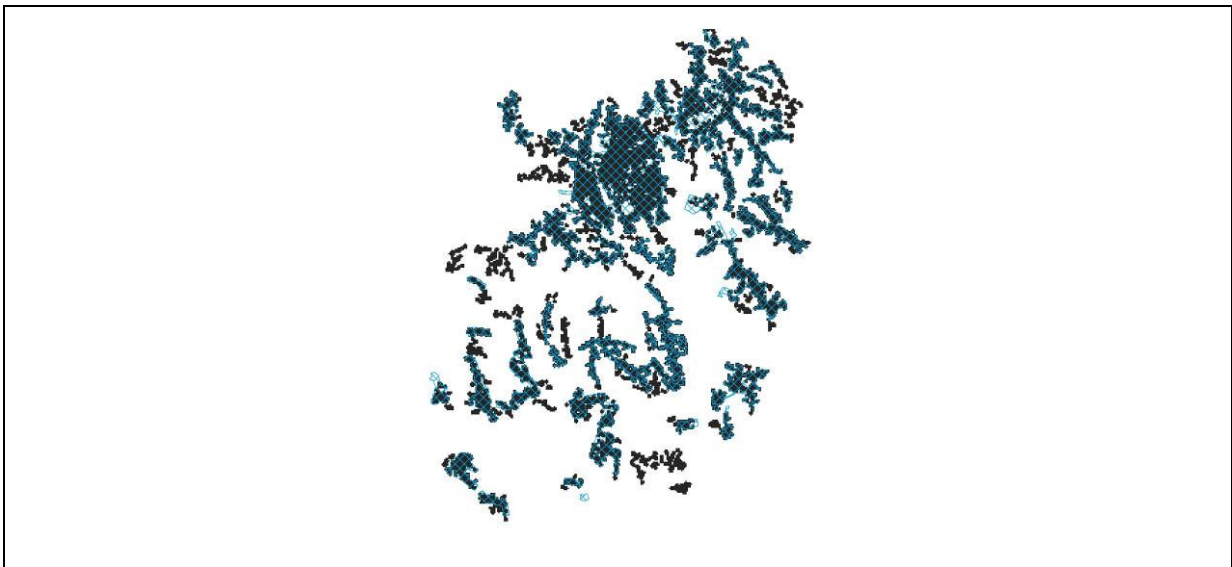
### ANEXO I





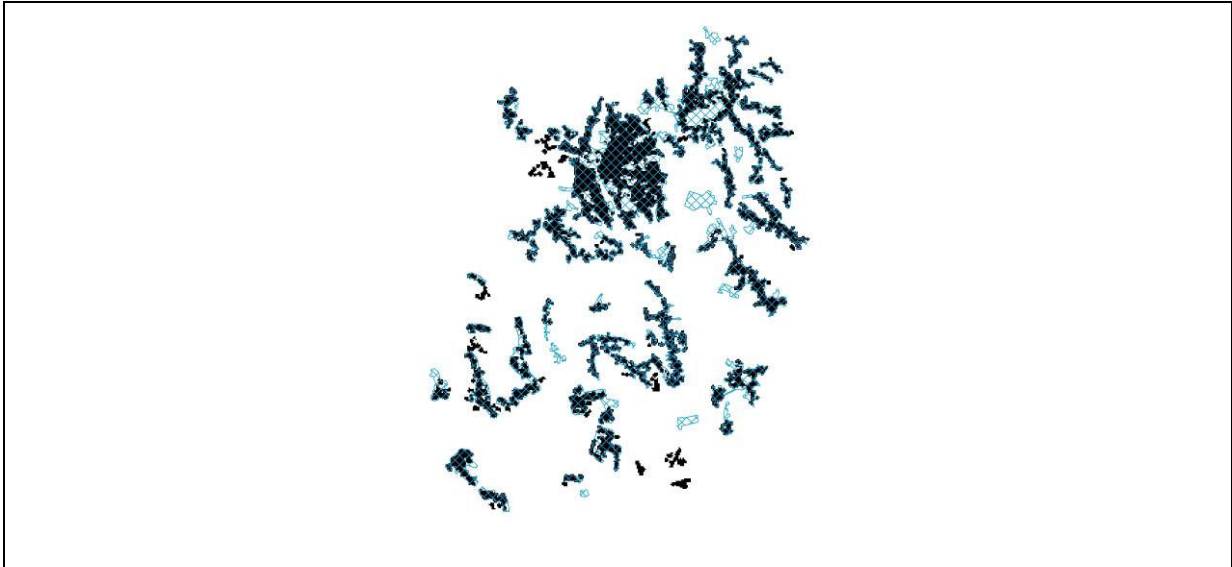
**referência:** r30\_d707c

| raio de procura [m]: | densidade [edif./m <sup>2</sup> ]: | expansão da região: | n.º edif. por região: |
|----------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 30                   | ≥ 0,000707                         | 1 célula            | 30                    |



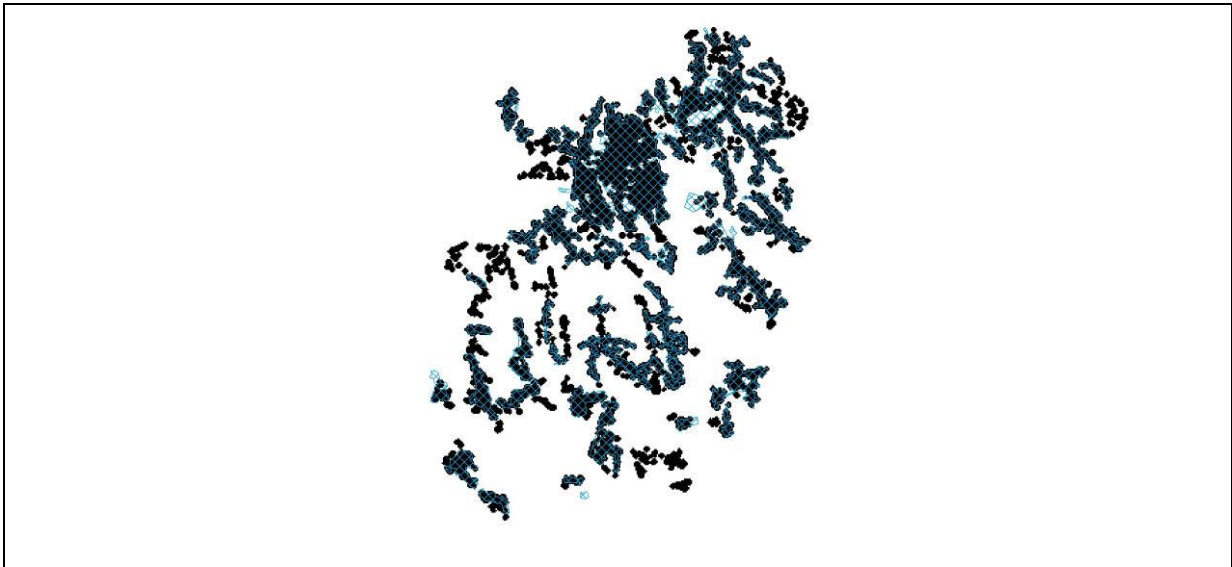
**referência:** r40\_d198

| raio de procura [m]: | densidade [edif./m <sup>2</sup> ]: | expansão da região: | n.º edif. por região: |
|----------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 40                   | ≥ 0,000198                         | nenhuma             | 30                    |



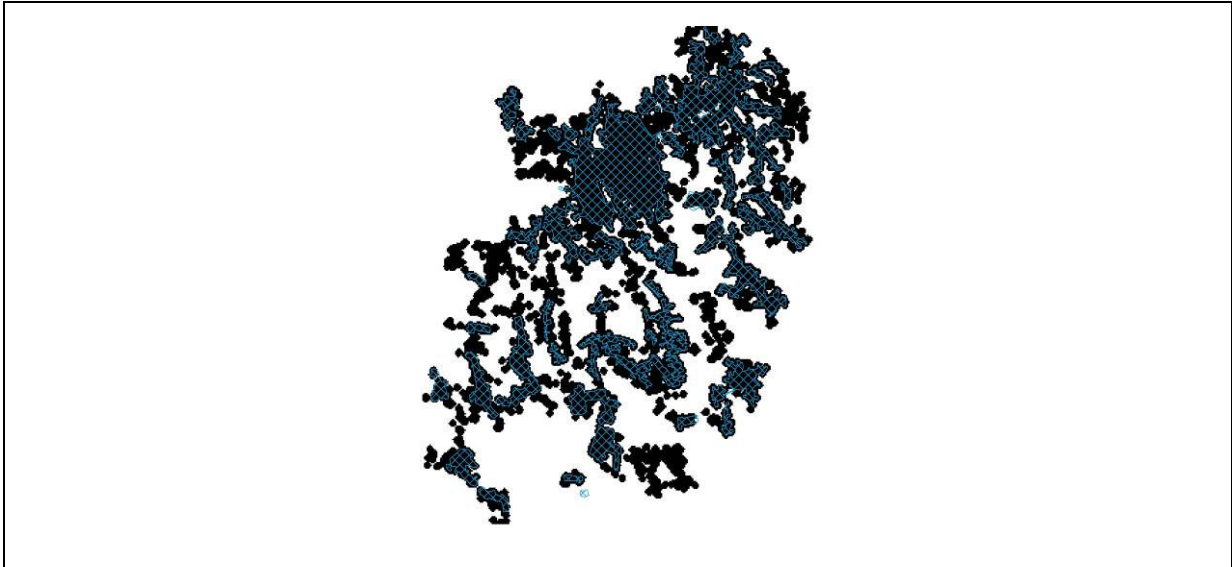
referência: r40\_d397

| raio de procura [m]: | densidade [edif./m <sup>2</sup> ]: | expansão da região: | n.º edif. por região: |
|----------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 40                   | ≥ 0,000397                         | nenhuma             | 30                    |



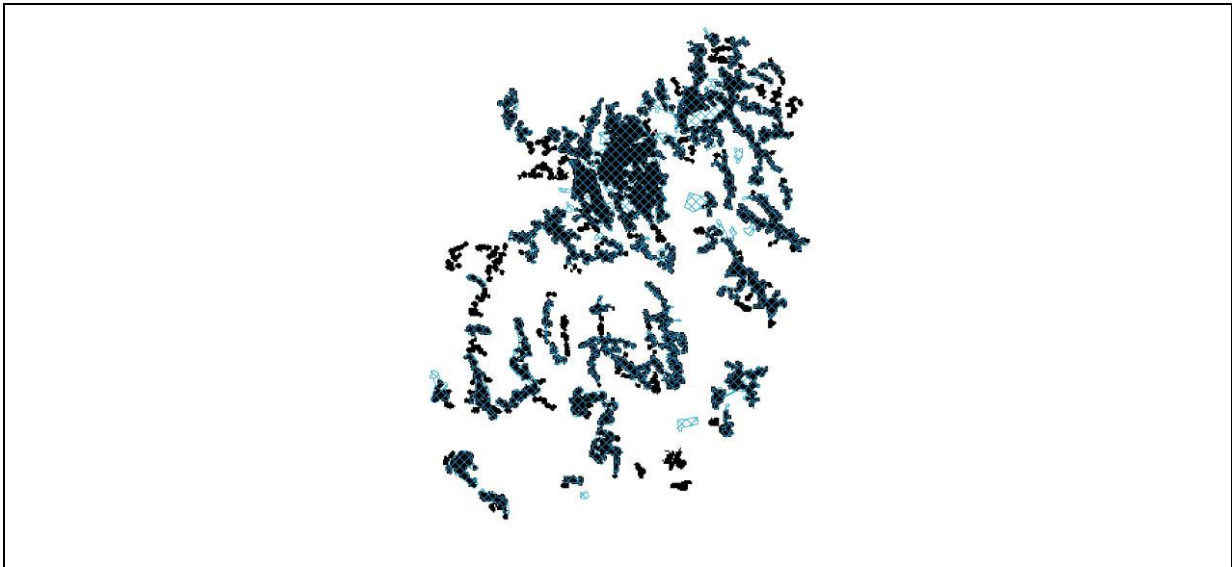
referência: r40\_d397c

| raio de procura [m]: | densidade [edif./m <sup>2</sup> ]: | expansão da região: | n.º edif. por região: |
|----------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 40                   | ≥ 0,000397                         | 1 célula            | 30                    |



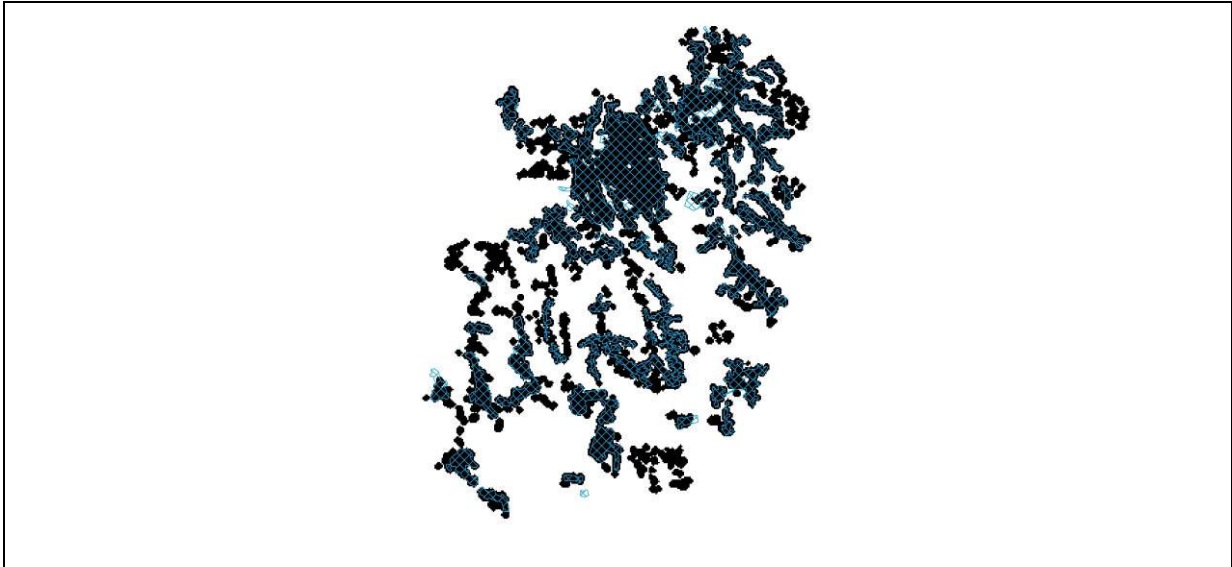
**referência:** r50\_d127c

| <b>raio de procura [m]:</b> | <b>densidade [edif./m<sup>2</sup>]:</b> | <b>expansão da região:</b> | <b>n.º edif. por região:</b> |
|-----------------------------|---|----------------------------|------------------------------|
| 50                          | ≥ 0,000127                              | 1 célula                   | 30                           |



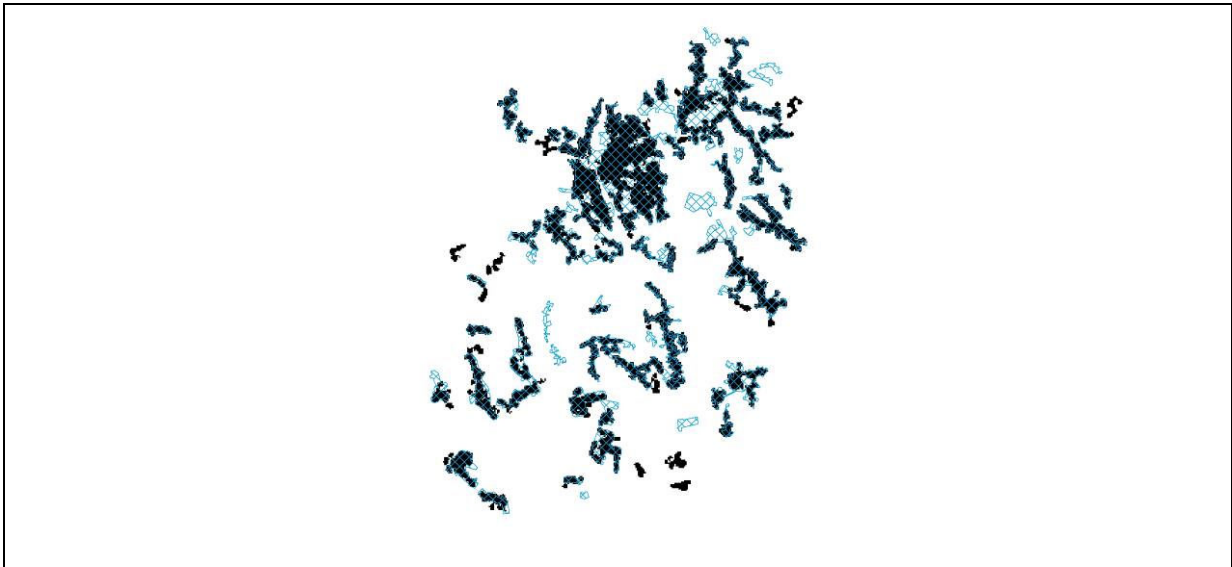
**referência:** r50\_d254

| <b>raio de procura [m]:</b> | <b>densidade [edif./m<sup>2</sup>]:</b> | <b>expansão da região:</b> | <b>n.º edif. por região:</b> |
|-----------------------------|---|----------------------------|------------------------------|
| 50                          | ≥ 0,000254                              | nenhuma                    | 30                           |



**referência:** r50\_d254c

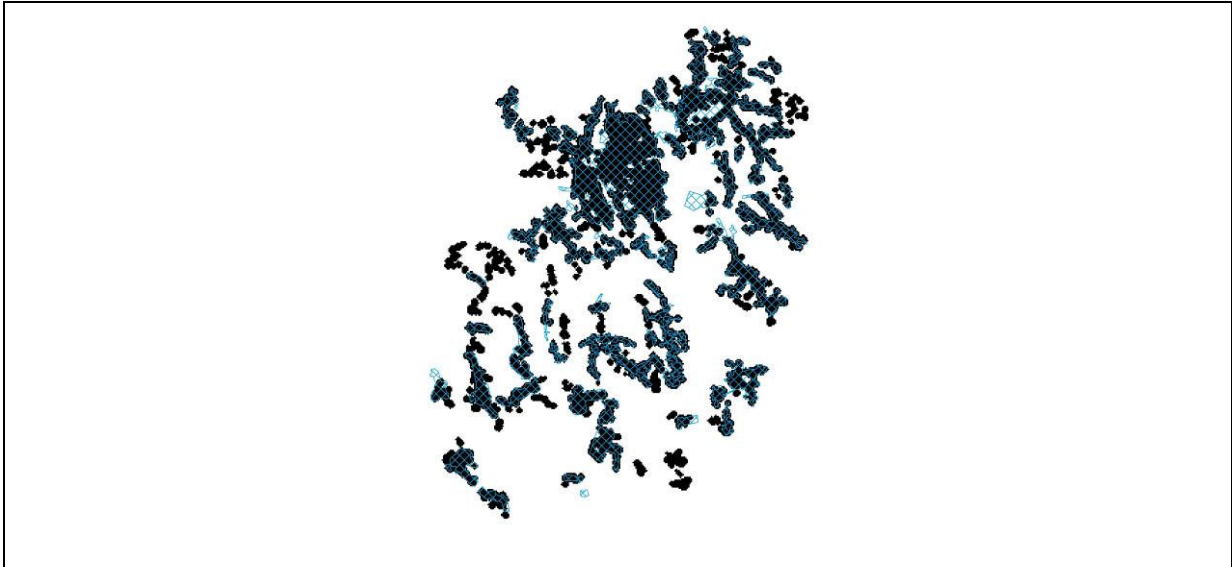
| raio de procura [m]: | densidade [edif./m <sup>2</sup> ]: | expansão da região: | n.º edif. por região: |
|----------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 50                   | ≥ 0,000254                         | 1 célula            | 30                    |



**referência:** r50\_d381

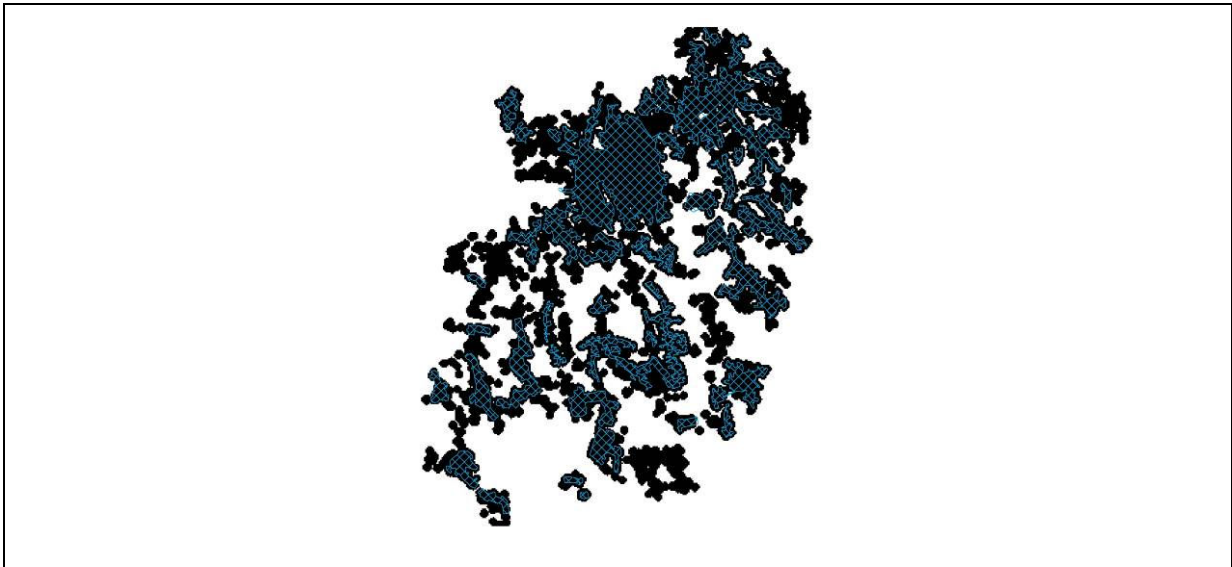
| raio de procura [m]: | densidade [edif./m <sup>2</sup> ]: | expansão da região: | n.º edif. por região: |
|----------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 50                   | ≥ 0,000381                         | nenhuma             | 30                    |





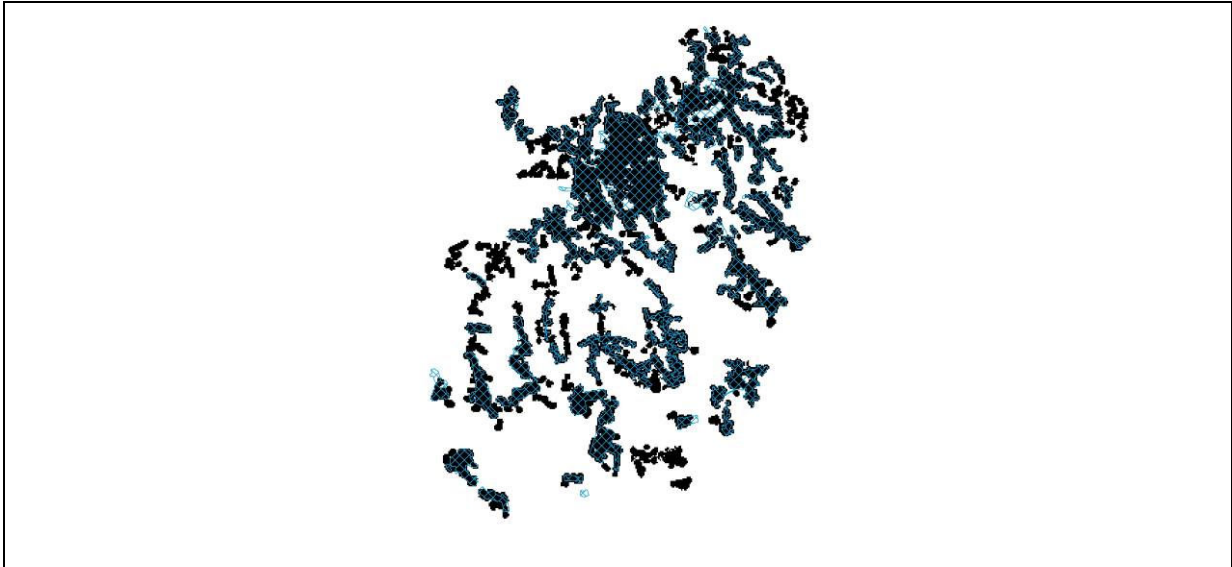
**referência:** r50\_d381c

| raio de procura [m]: | densidade [edif./m <sup>2</sup> ]: | expansão da região: | n.º edif. por região: |
|----------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 50                   | ≥ 0,000381                         | 1 célula            | 30                    |



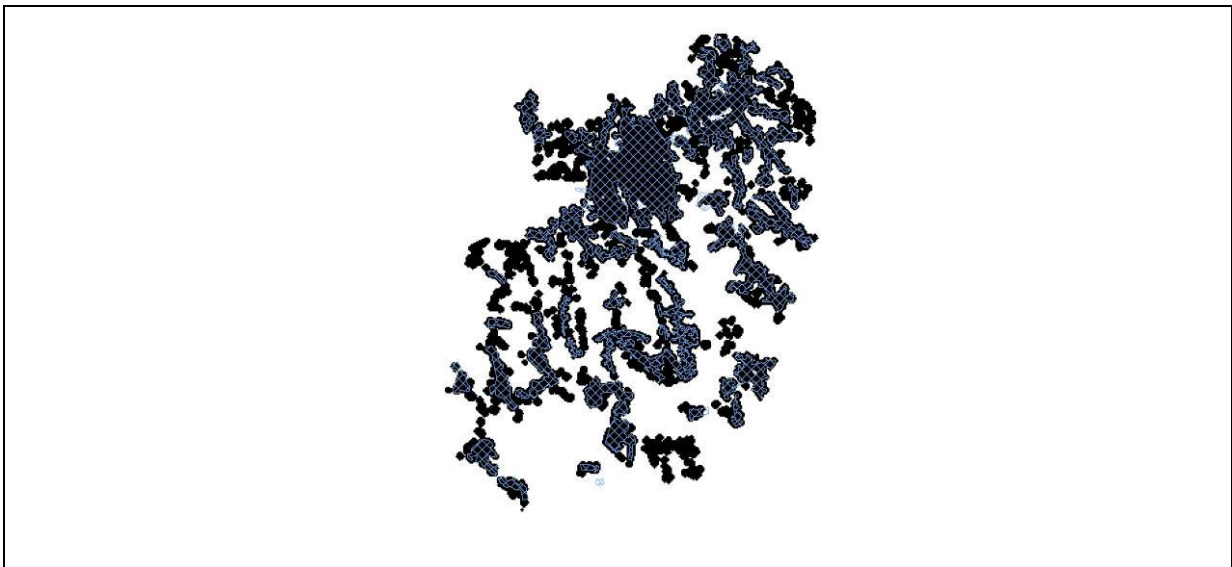
**referência:** r60\_d088c

| raio de procura [m]: | densidade [edif./m <sup>2</sup> ]: | expansão da região: | n.º edif. por região: |
|----------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 60                   | ≥ 0,000088                         | 1 célula            | 30                    |



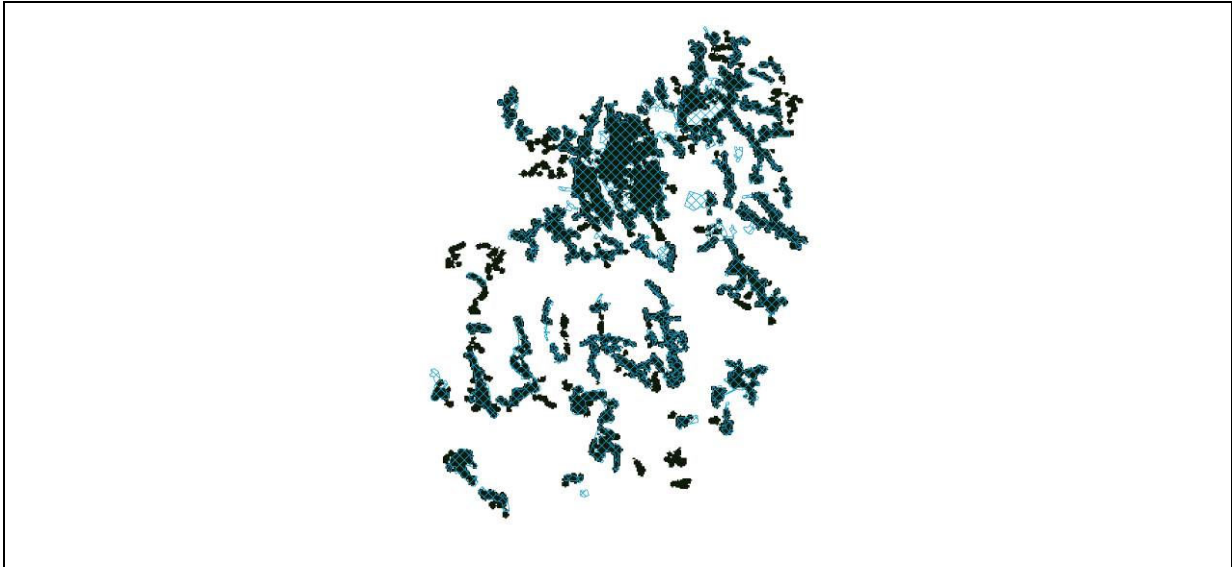
**referência:** r60\_d176

| <b>raio de procura [m]:</b> | <b>densidade [edif./m<sup>2</sup>]:</b> | <b>expansão da região:</b> | <b>n.º edif. por região:</b> |
|-----------------------------|---|----------------------------|------------------------------|
| 60                          | ≥ 0,000176                              | nenhuma                    | 30                           |



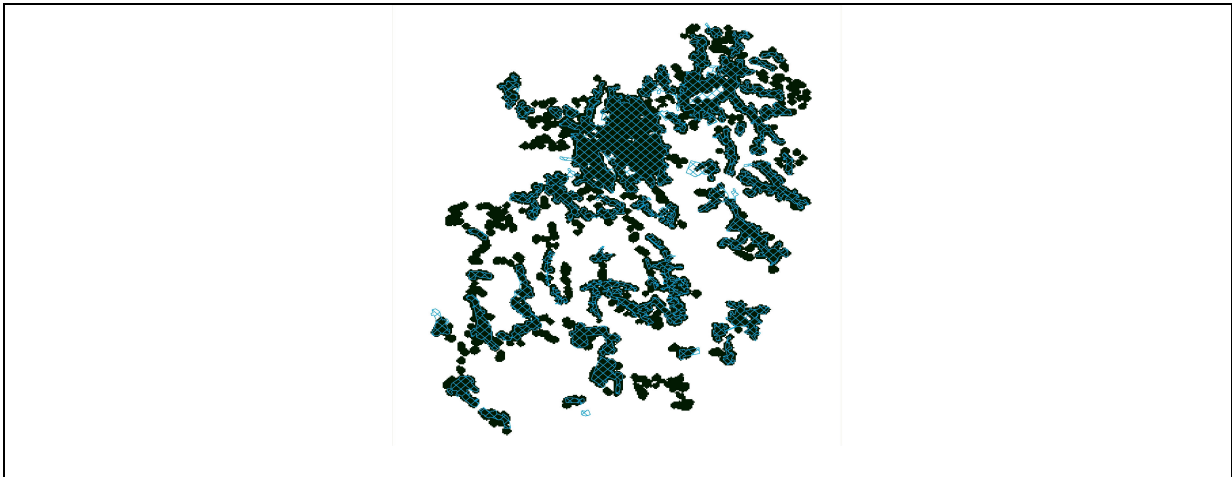
**referência:** r60\_d176c

| <b>raio de procura [m]:</b> | <b>densidade [edif./m<sup>2</sup>]:</b> | <b>expansão da região:</b> | <b>n.º edif. por região:</b> |
|-----------------------------|---|----------------------------|------------------------------|
| 60                          | ≥ 0,000176                              | 1 célula                   | 30                           |



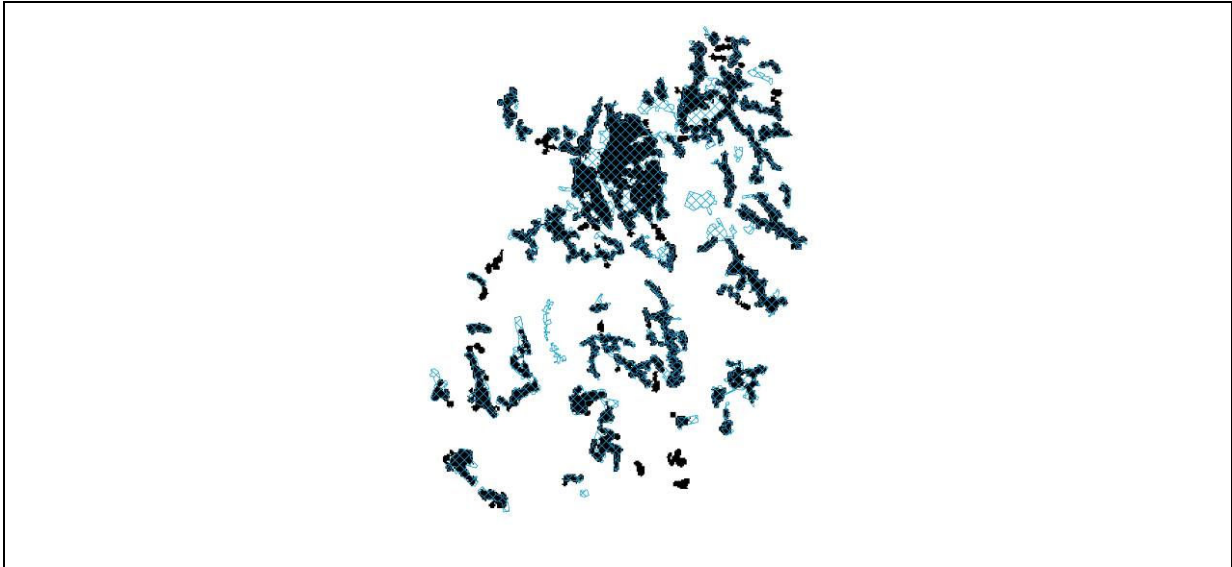
**referência:** r60\_d265

| raio de procura [m]: | densidade [edif./m <sup>2</sup> ]: | expansão da região: | n.º edif. por região: |
|----------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 60                   | ≥ 0,000265                         | nenhuma             | 30                    |



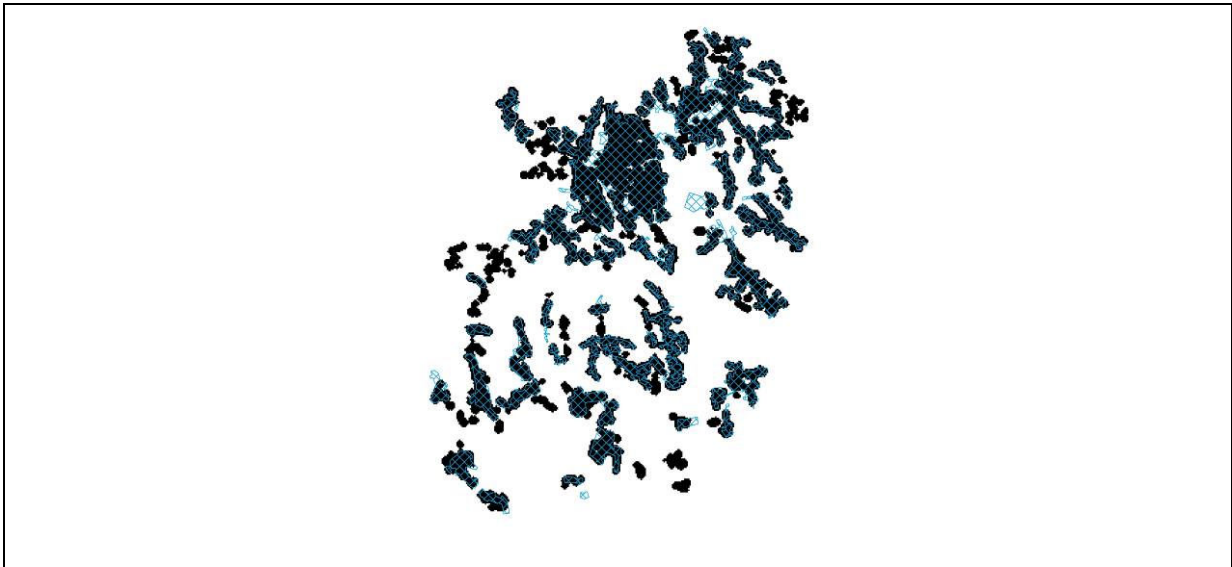
**referência:** r60\_d265c

| raio de procura [m]: | densidade [edif./m <sup>2</sup> ]: | expansão da região: | n.º edif. por região: |
|----------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 60                   | ≥ 0,000265                         | 1 célula            | 30                    |



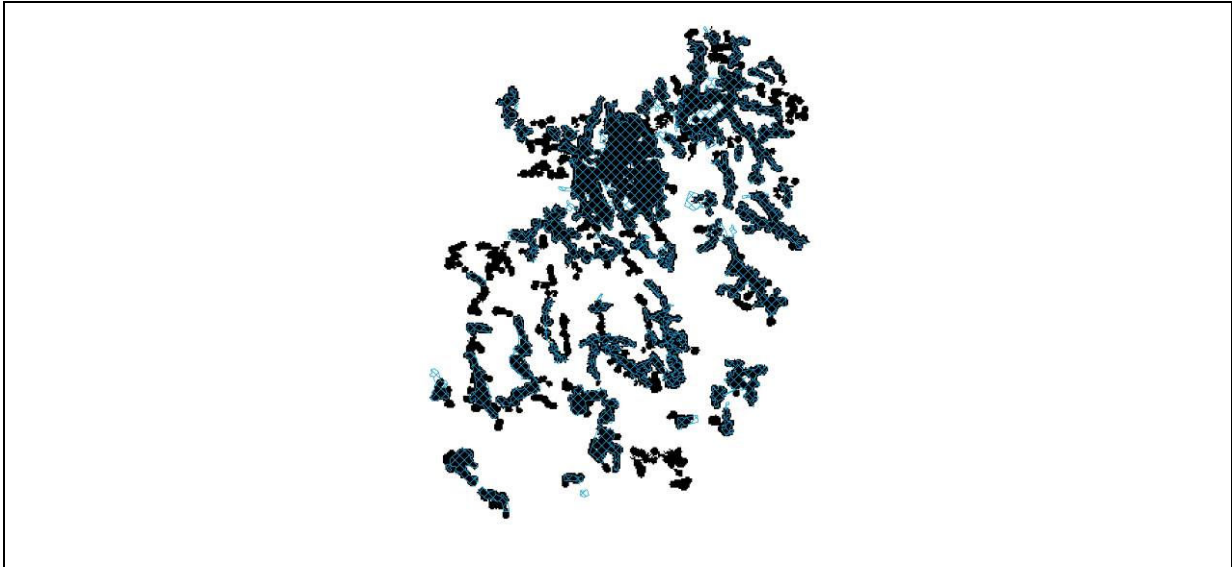
**referência:** r60\_d353

| raio de procura [m]: | densidade [edif./m <sup>2</sup> ]: | expansão da região: | n.º edif. por região: |
|----------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 60                   | ≥ 0,000353                         | nenhuma             | 30                    |



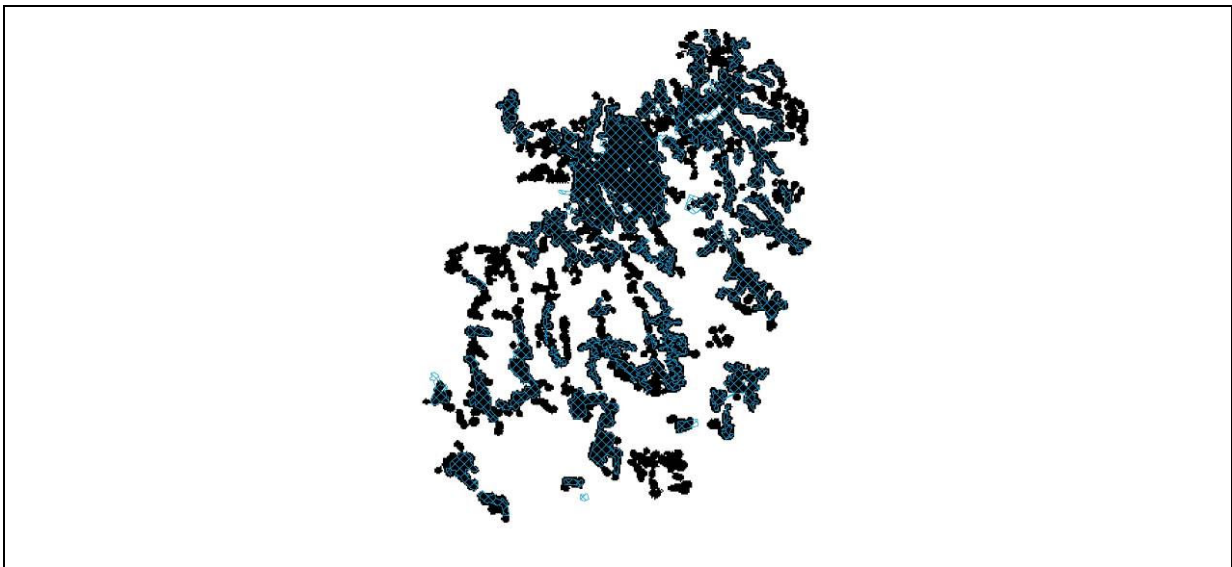
**referência:** r60\_d353c

| raio de procura [m]: | densidade [edif./m <sup>2</sup> ]: | expansão da região: | n.º edif. por região: |
|----------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 60                   | ≥ 0,000353                         | 1 célula            | 30                    |



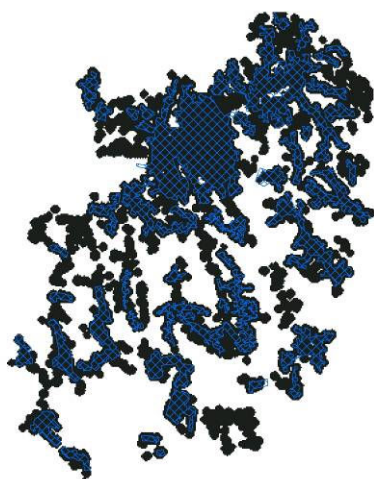
**referência:** r70\_d194

| <b>raio de procura [m]:</b> | <b>densidade [edif./m<sup>2</sup>]:</b> | <b>expansão da região:</b> | <b>n.º edif. por região:</b> |
|-----------------------------|---|----------------------------|------------------------------|
| 70                          | ≥ 0,000194                              | nenhuma                    | 30                           |



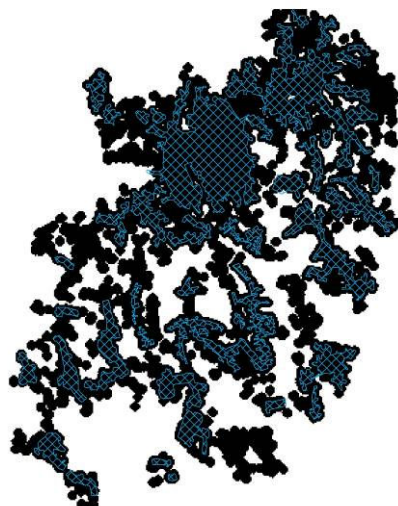
**referência:** r70\_d129

| <b>raio de procura [m]:</b> | <b>densidade [edif./m<sup>2</sup>]:</b> | <b>expansão da região:</b> | <b>n.º edif. por região:</b> |
|-----------------------------|---|----------------------------|------------------------------|
| 70                          | ≥ 0,000129                              | nenhuma                    | 30                           |



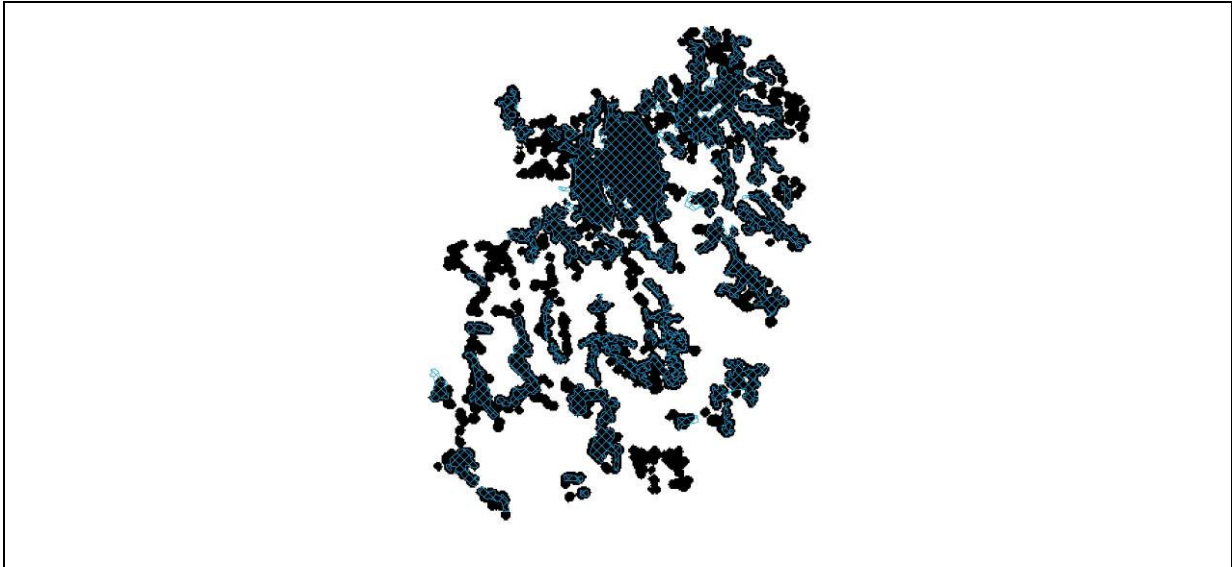
**referência:** r70\_d129c

| <b>raio de procura [m]:</b> | <b>densidade [edif./m<sup>2</sup>]:</b> | <b>expansão da região:</b> | <b>n.º edif. por região:</b> |
|-----------------------------|---|----------------------------|------------------------------|
| 70                          | ≥ 0,000129                              | 1 célula                   | 30                           |



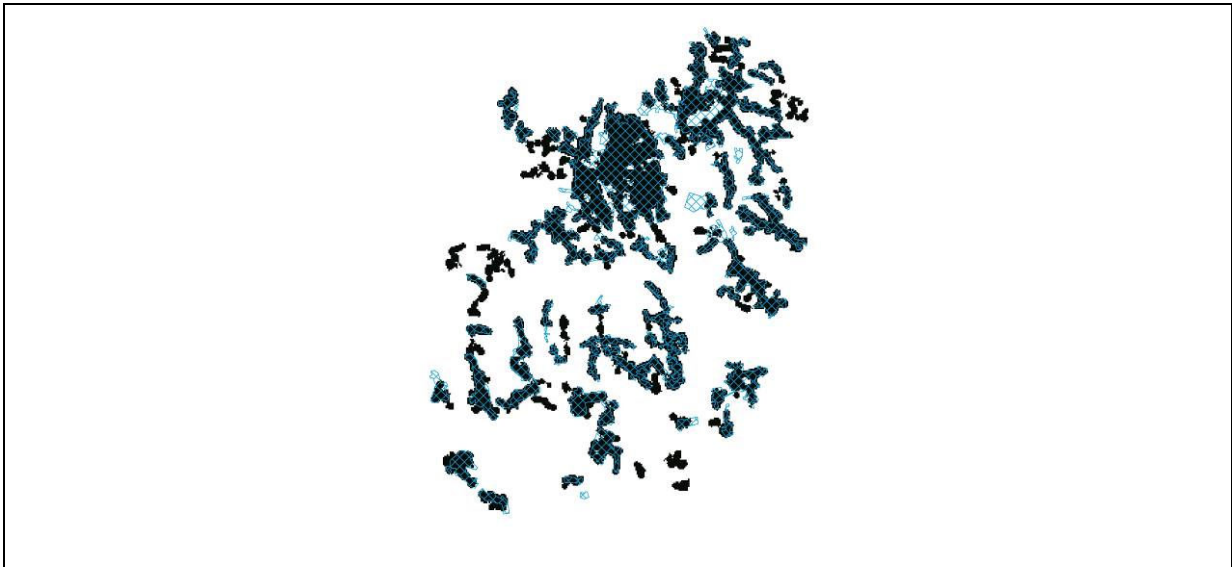
**referência:** r70\_d064c

| <b>raio de procura [m]:</b> | <b>densidade [edif./m<sup>2</sup>]:</b> | <b>expansão da região:</b> | <b>n.º edif. por região:</b> |
|-----------------------------|---|----------------------------|------------------------------|
| 70                          | ≥ 0,000064                              | 1 célula                   | 30                           |



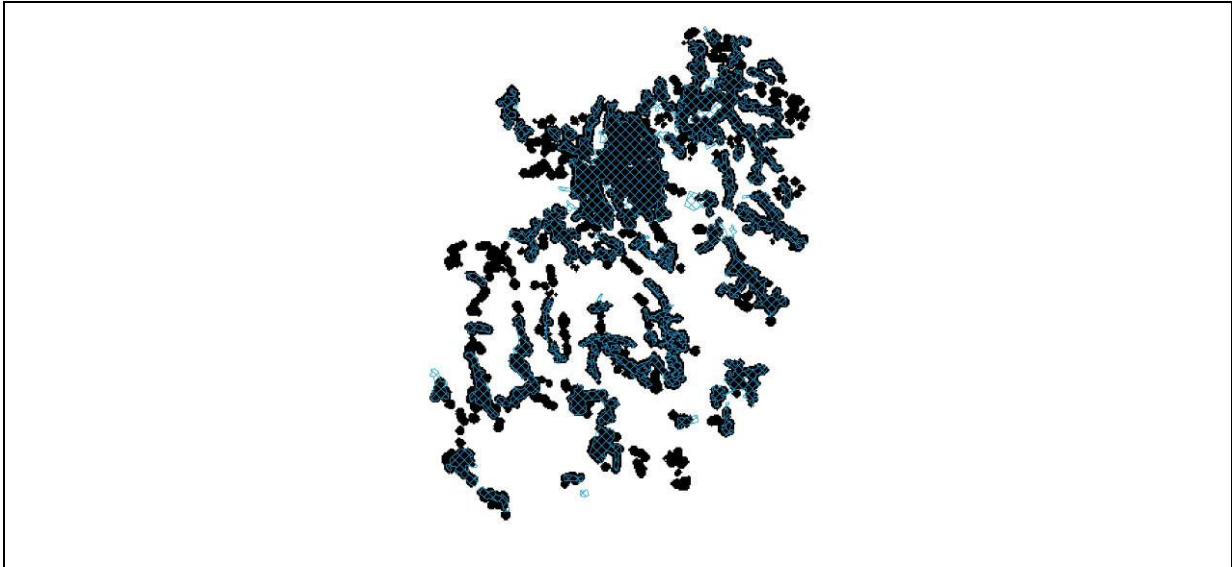
referência: r70\_d194c

| raio de procura [m]: | densidade [edif./m <sup>2</sup> ]: | expansão da região: | n.º edif. por região: |
|----------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 70                   | ≥ 0,000194                         | 1 célula            | 30                    |



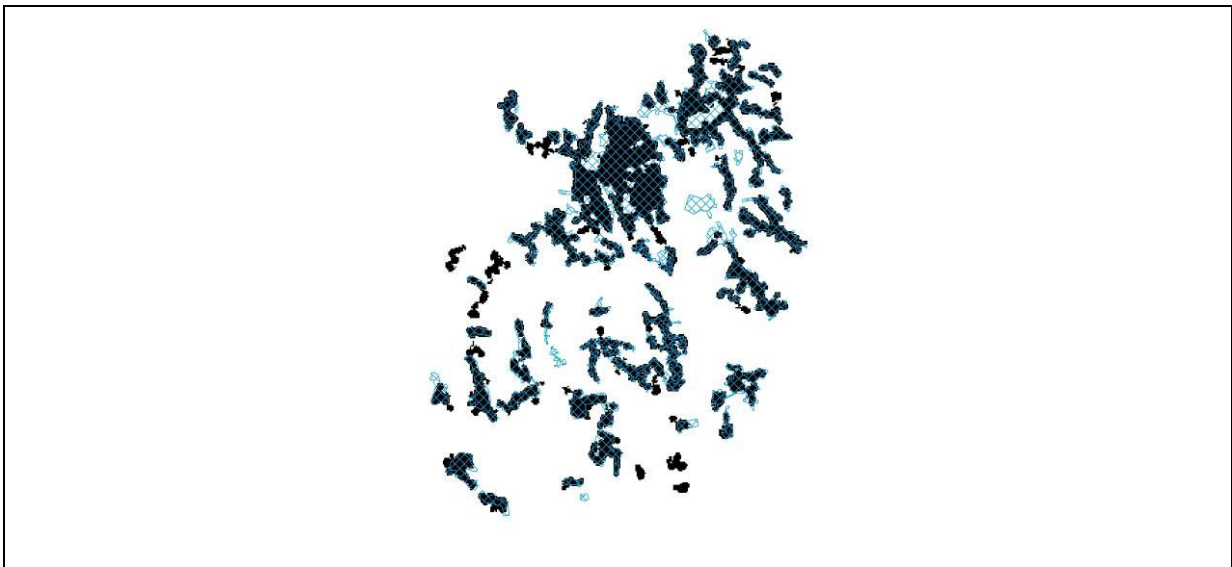
referência: r70\_d259

| raio de procura [m]: | densidade [edif./m <sup>2</sup> ]: | expansão da região: | n.º edif. por região: |
|----------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 70                   | ≥ 0,000259                         | nenhuma             | 30                    |



**referência:** r70\_d259c

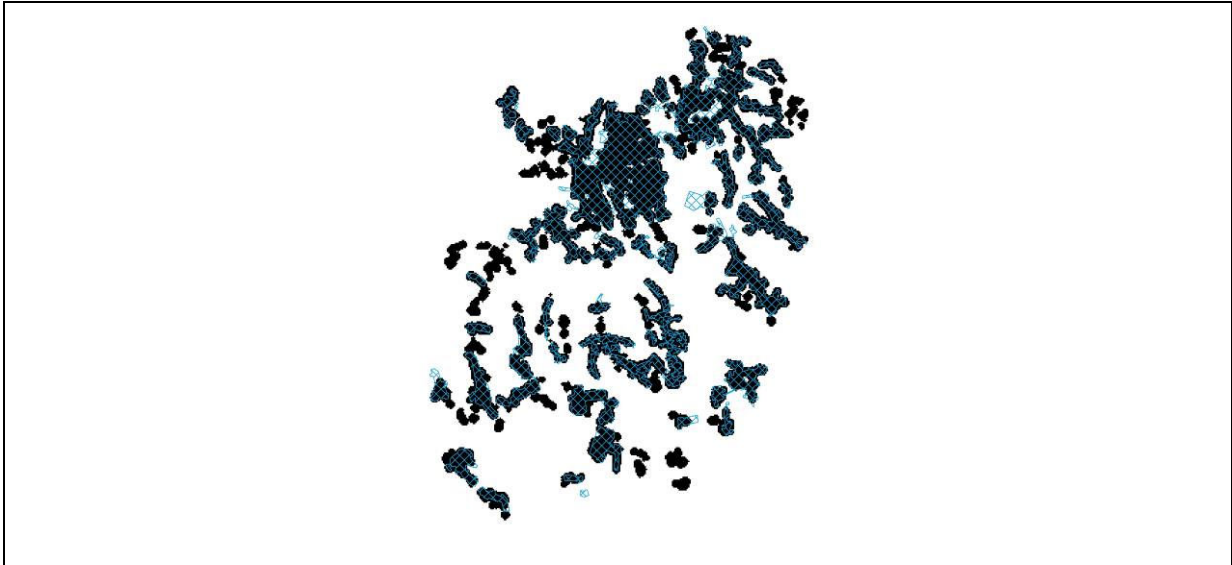
| <b>raio de procura [m]:</b> | <b>densidade [edif./m<sup>2</sup>]:</b> | <b>expansão da região:</b> | <b>n.º edif. por região:</b> |
|-----------------------------|---|----------------------------|------------------------------|
| 70                          | ≥ 0,000259                              | 1 célula                   | 30                           |



**referência:** r70\_d324

| <b>raio de procura [m]:</b> | <b>densidade [edif./m<sup>2</sup>]:</b> | <b>expansão da região:</b> | <b>n.º edif. por região:</b> |
|-----------------------------|---|----------------------------|------------------------------|
| 70                          | ≥ 0,000324                              | nenhuma                    | 30                           |

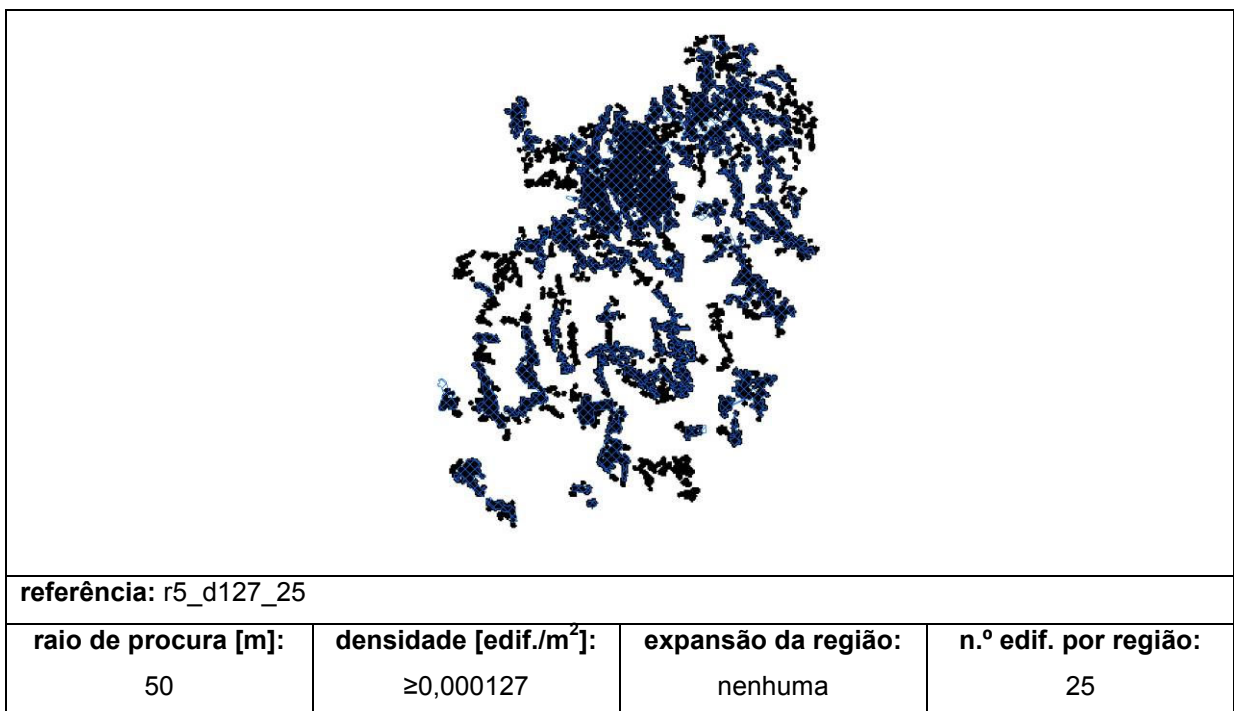
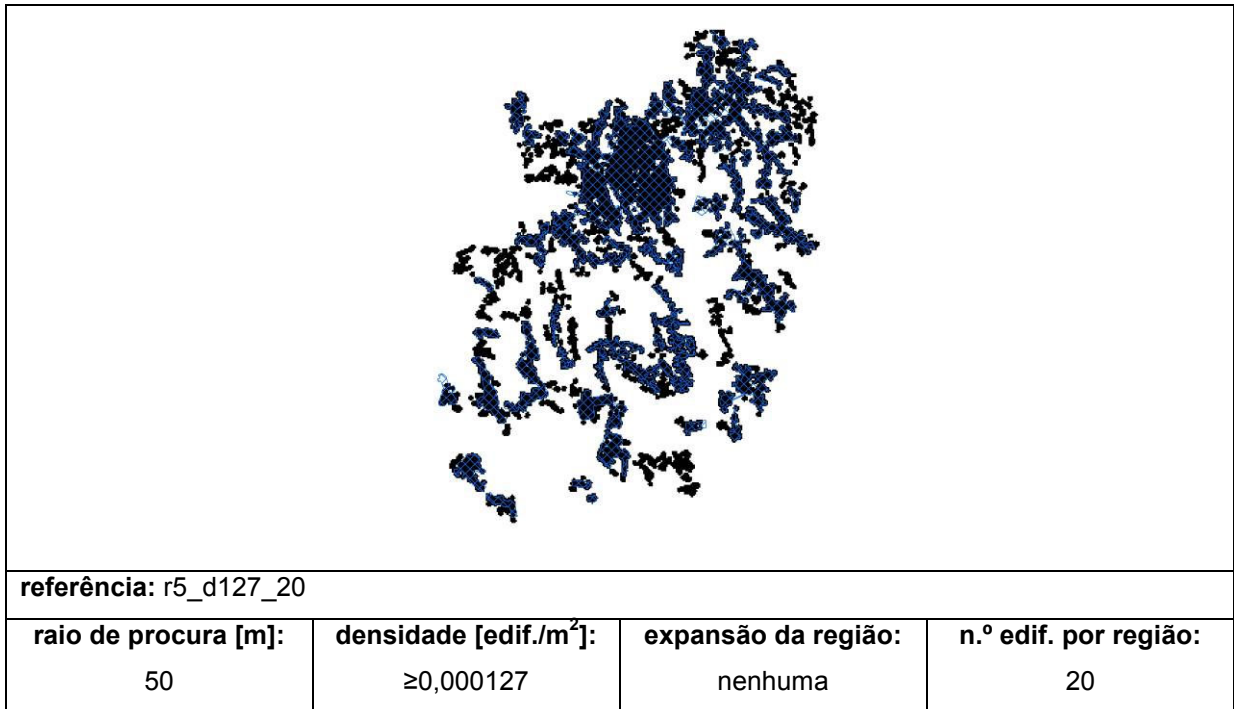


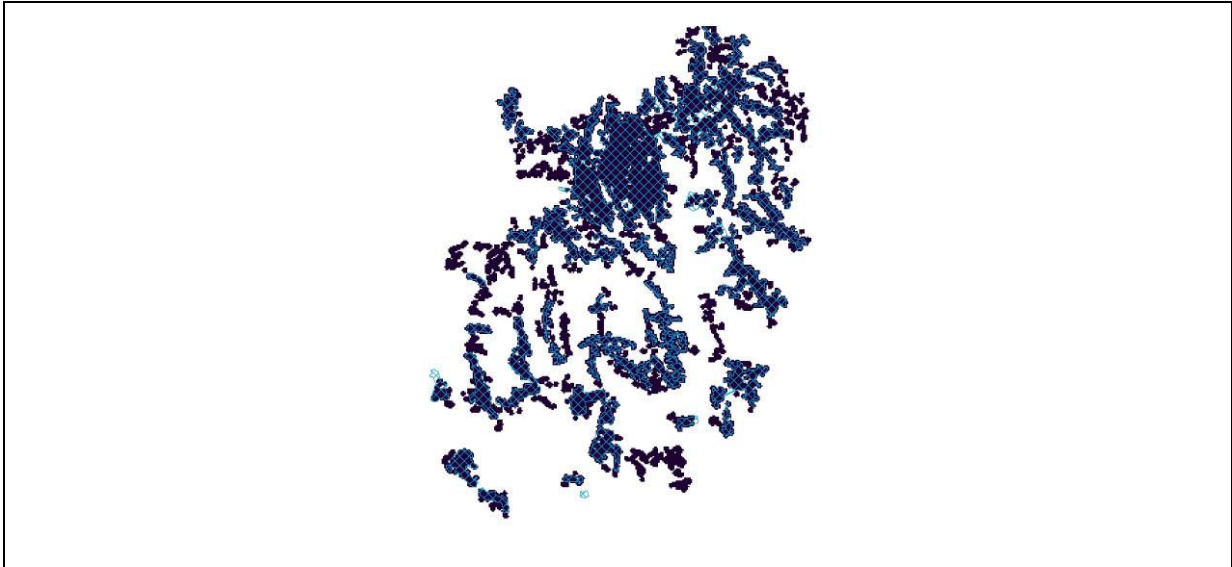


**referência:** r70\_d324c

| <b>raio de procura [m]:</b> | <b>densidade [edif./m<sup>2</sup>]:</b> | <b>expansão da região:</b> | <b>n.º edif. por região:</b> |
|-----------------------------|---|----------------------------|------------------------------|
| 70                          | ≥ 0,000324                              | 1 célula                   | 30                           |

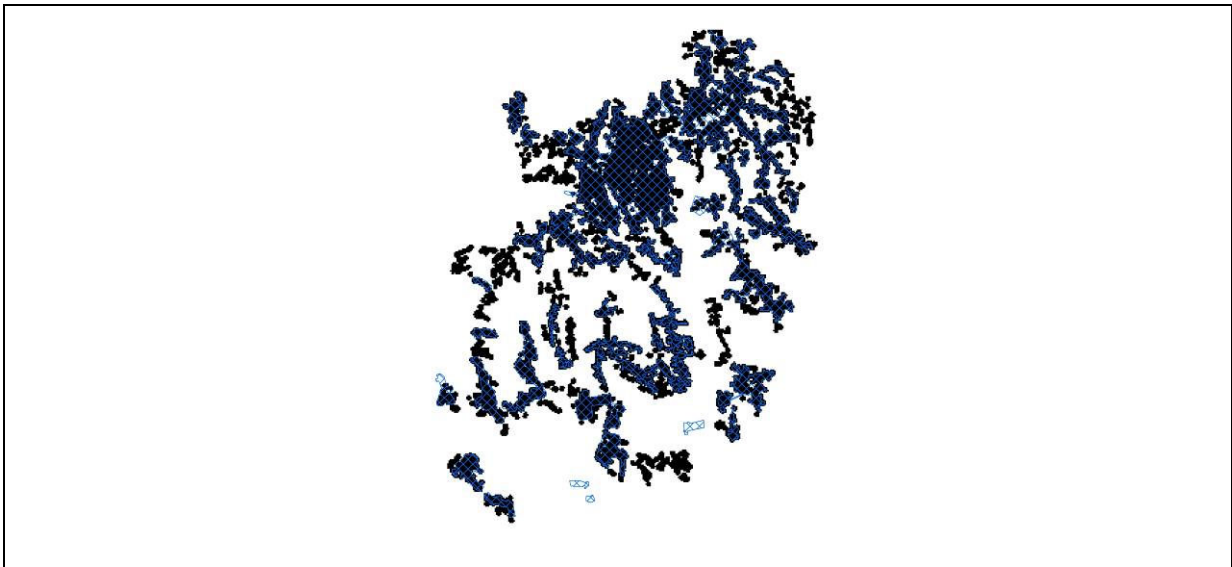
## ANEXO II





referência: r5\_d127\_30

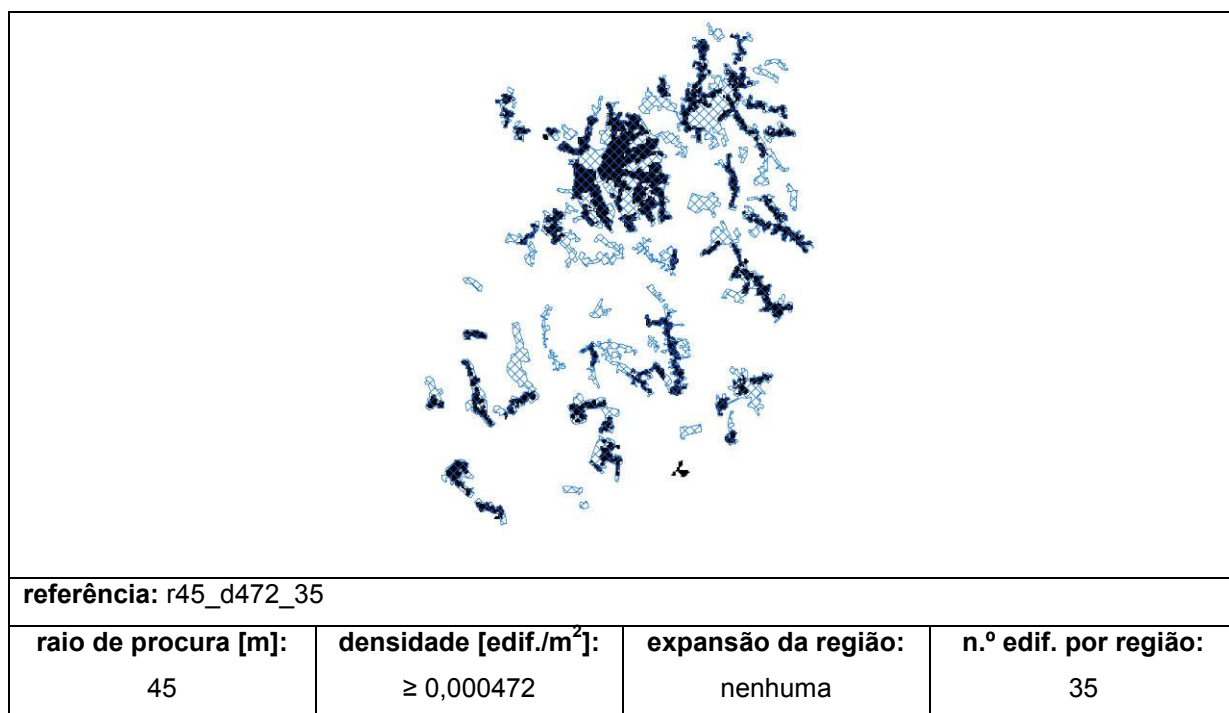
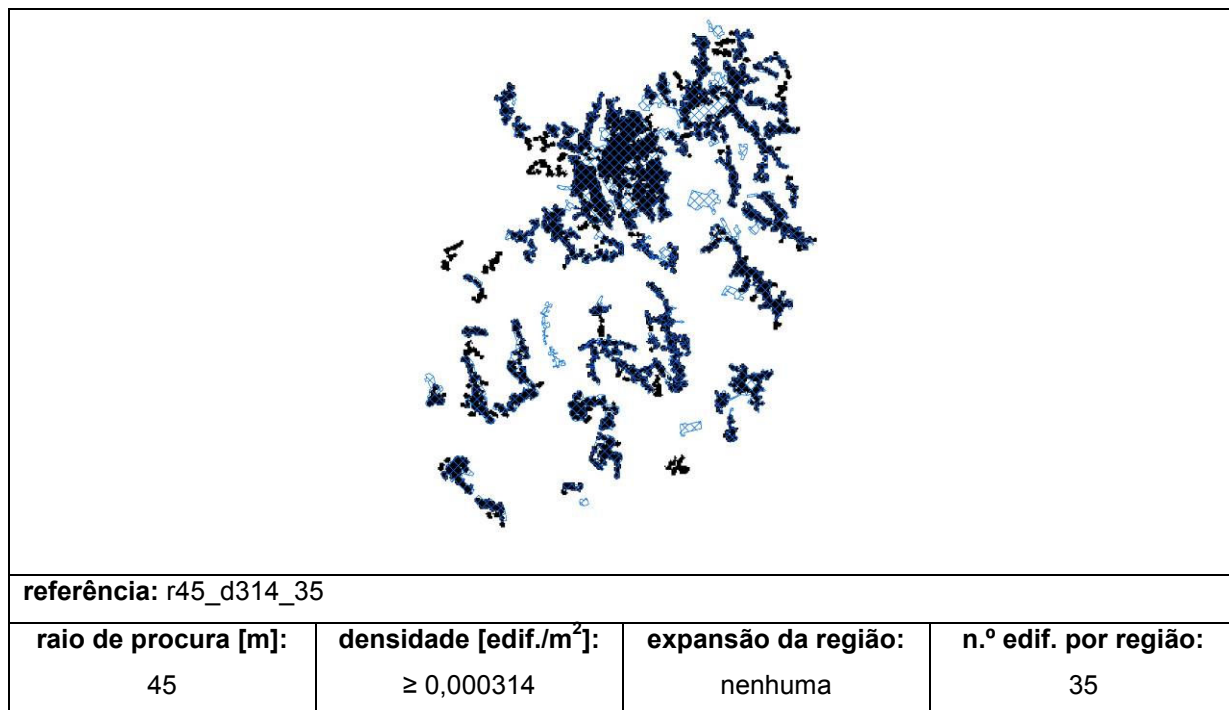
| raio de procura [m]: | densidade [edif./m <sup>2</sup> ]: | expansão da região: | n.º edif. por região: |
|----------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 50                   | ≥0,000127                          | nenhuma             | 30                    |

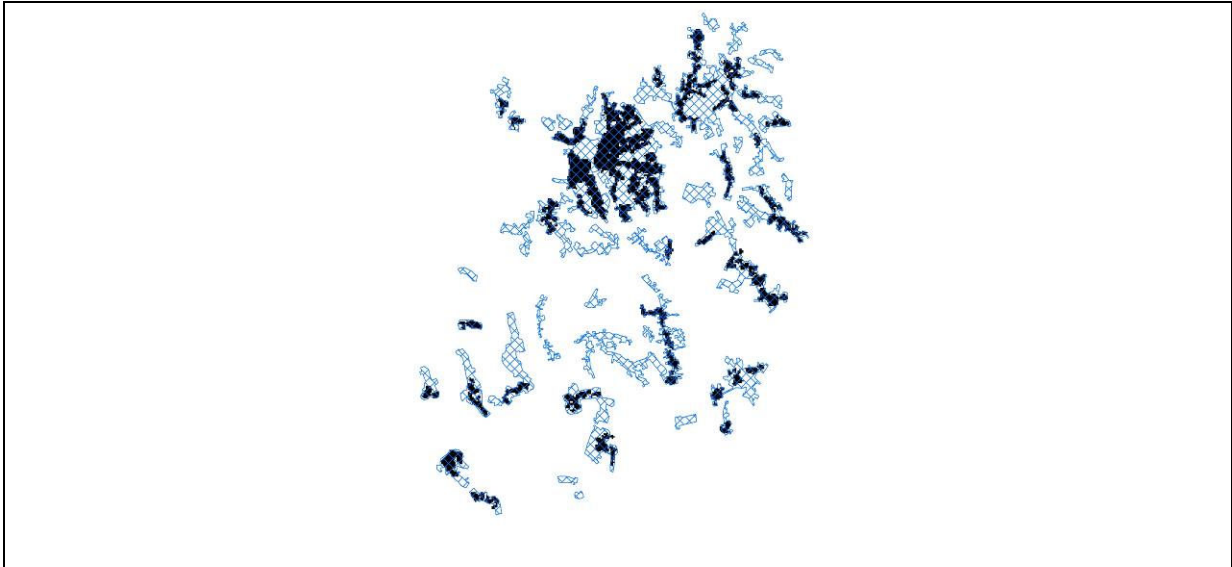


referência: r5\_d127\_40

| raio de procura [m]: | densidade [edif./m <sup>2</sup> ]: | expansão da região: | n.º edif. por região: |
|----------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 50                   | ≥0,000127                          | nenhuma             | 40                    |

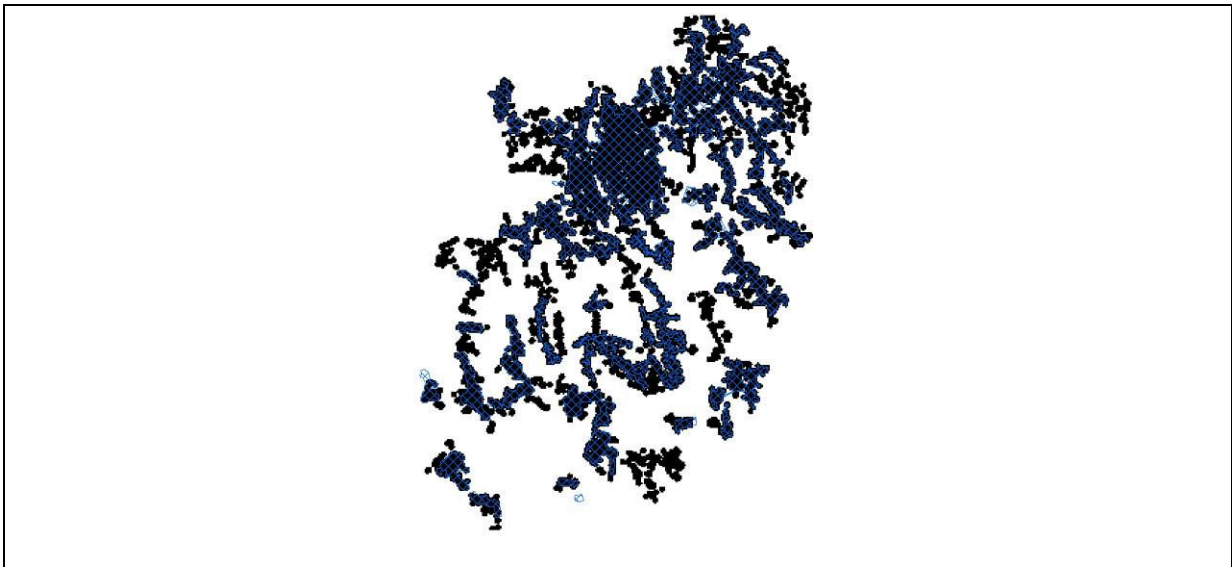
## ANEXO III





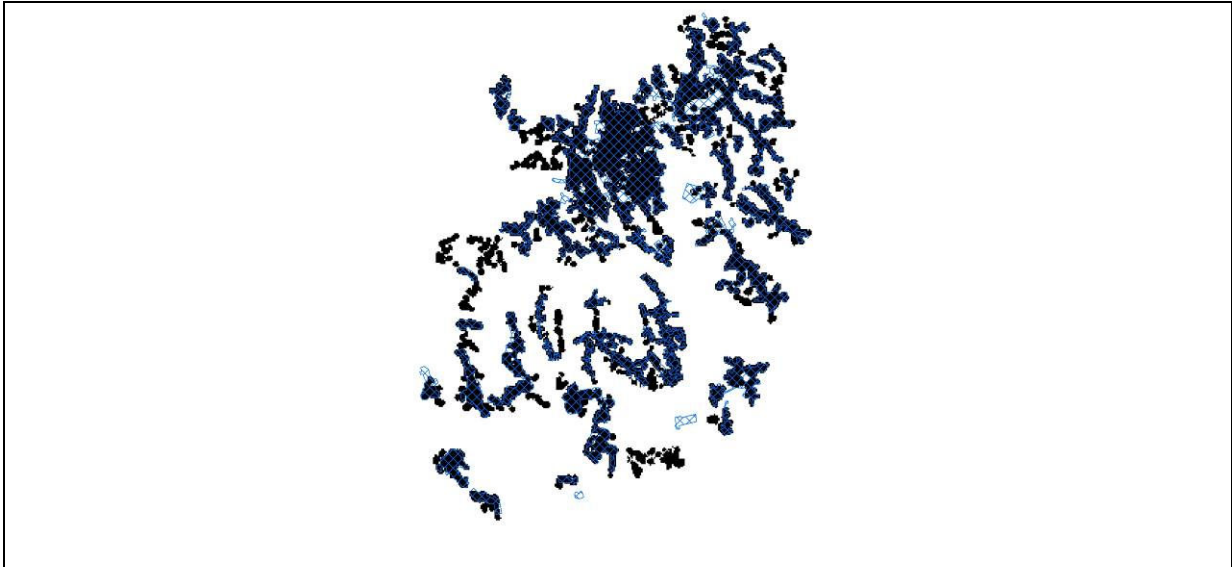
referência: r45\_d629\_35

| raio de procura [m]: | densidade [edif./m <sup>2</sup> ]: | expansão da região: | n.º edif. por região: |
|----------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 45                   | ≥ 0,000629                         | nenhuma             | 35                    |



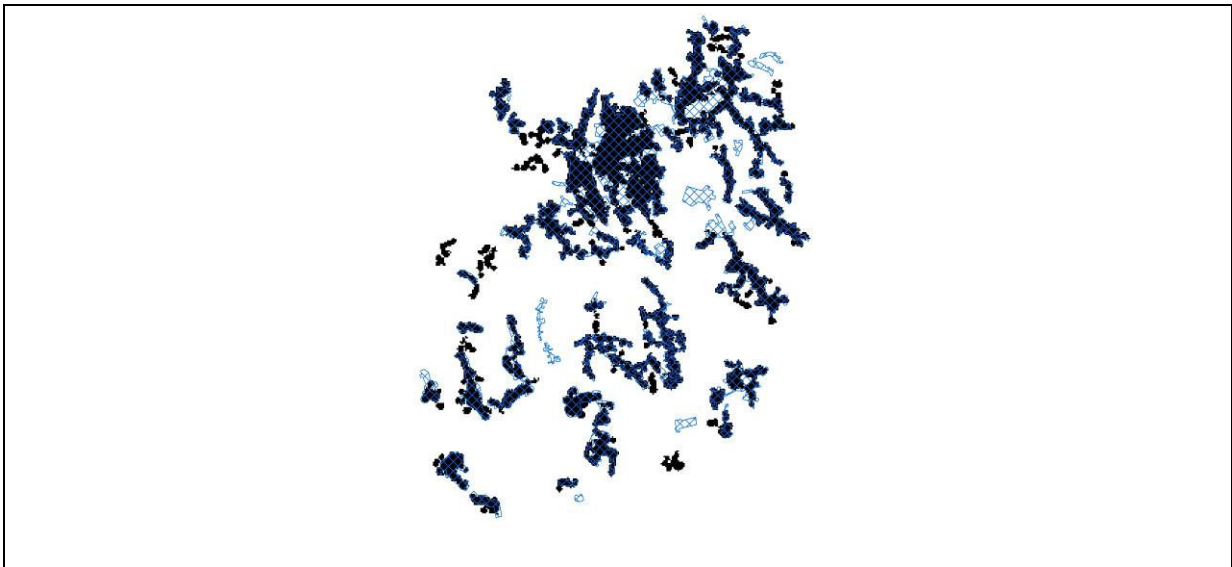
referência: r55\_d105\_35

| raio de procura [m]: | densidade [edif./m <sup>2</sup> ]: | expansão da região: | n.º edif. por região: |
|----------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 55                   | ≥ 0,000105                         | nenhuma             | 35                    |



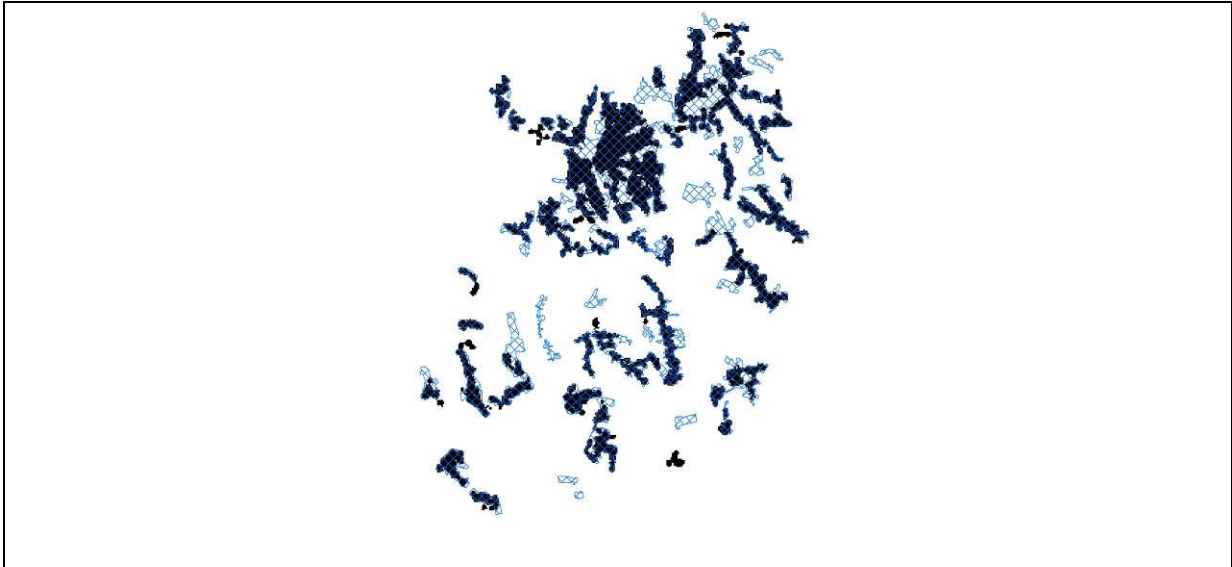
referência: r55\_d210\_35

| raio de procura [m]: | densidade [edif./m <sup>2</sup> ]: | expansão da região: | n.º edif. por região: |
|----------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 55                   | ≥ 0,000210                         | nenhuma             | 35                    |



referência: r55\_d315\_35

| raio de procura [m]: | densidade [edif./m <sup>2</sup> ]: | expansão da região: | n.º edif. por região: |
|----------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| 55                   | ≥ 0,000315                         | nenhuma             | 35                    |



**referência:** r55\_d420\_35

| <b>raio de procura [m]:</b> | <b>densidade [edif./m<sup>2</sup>]:</b> | <b>expansão da região:</b> | <b>n.º edif. por região:</b> |
|-----------------------------|---|----------------------------|------------------------------|
| 55                          | ≥ 0,000420                              | nenhuma                    | 35                           |