



Universidade do Minho
Instituto de Ciências Sociais

Catarina Isabel Fernandes de Almeida Pinheiro

**Contributo da Estrutura Ecológica para a
Sustentabilidade Urbana. O Caso de
Guimarães.**

Dissertação de Mestrado em Geografia –
Especialização em Planeamento e Gestão do
Território

Trabalho efetuado sob orientação da

Professora Doutora Maria Manuela Laranjeira

Outubro de 2012

DECLARAÇÃO

Nome: Catarina Isabel Fernandes de Almeida Pinheiro

Endereço Electrónico: catarina-pinheiro@mail.com

N.º do Bilhete de Identidade: 13596646

Título da Tese de Mestrado: Contributo da Estrutura Ecológica para a Sustentabilidade Urbana. O Caso de Guimarães.

Orientadora: Professora Doutora Maria Manuela Laranjeira

Ano de Conclusão: 2012

Ramo de Conhecimento do Mestrado: Geografia – Especialização em Planeamento e Gestão do Território

DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTA TESE.

Universidade do Minho, / /

Assinatura: _____

Agradecimentos

Gostaria de começar por agradecer à minha orientadora, a Professora Doutora Maria Manuela Laranjeira, pelos conselhos, pelo apoio, pelas conversas, que muito me ajudaram e incentivaram neste trabalho.

Gostaria de deixar, também, um agradecimento muito especial à minha família, em particular ao pai e ao meu irmão, pelo apoio que me deram, sem o qual este trabalho não seria possível.

Gostaria de agradecer a todos os meus amigos (que sabem quem são) pelo apoio e incentivo que sempre me deram. Deixo, todavia, um agradecimento especial à Patrícia, pelas nossas tardes de trabalho, pelas conversas, discussões e pelo incentivo.

Gostaria de agradecer a duas entidades que foram fundamentais para a prossecução deste trabalho, e sem as quais a elaboração deste trabalho, tal como apresentado, não teria sido possível. Assim, gostaria de agradecer à Câmara Municipal de Guimarães, na pessoa da Dr.ª Mariana Oliveira, e ao Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território – Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte, pela informação gentilmente cedida.

Por fim, gostaria de agradecer a todos aqueles que mais direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho. A todos o meu mais sincero obrigado.

Contributo da Estrutura Ecológica para a Sustentabilidade Urbana. O Caso de Guimarães.

A sustentabilidade dos espaços urbanos é hoje um dos maiores desafios que o ordenamento do território enfrenta, devido à acentuada artificialização e degradação dos sistemas naturais nestes espaços. O Decreto-Lei 380/99, de 22 de setembro, ao introduzir uma nova categoria na classe do solo urbano – os “solos afetos à estrutura ecológica necessários ao equilíbrio do sistema urbano” (n.º 4 do artigo 73.º) - reconhece necessidade de salvaguardar os sistemas naturais fundamentais, dentro do perímetro urbano. Assim, com figura da Estrutura Ecológica pretende-se que os conceitos de *continuum naturale* e de aptidão ecológica, já largamente difundidas no âmbito do ordenamento do território, sejam concretizados, na prática, de um modo sistémico e holístico. No presente trabalho foi definido como território de análise a área urbana de Guimarães, para a qual se procedeu à avaliação da Estrutura Ecológica Municipal (EEM) proposta na revisão do PDM de Guimarães, de 2012. Com esta avaliação, pretendeu-se aferir em que medida a EEM, de acordo com a respetiva hierarquização (funções e regime de gestão), salvaguarda o correto funcionamento ecológico da área urbana de Guimarães. A base para esta avaliação constituiu a análise das dinâmicas biofísicas e ecológicas (geomorfológica, pedológica, hidrológica e climática), que permitiu, por um lado, caracterizar o funcionamento ecológico da área em estudo, e, por outro, determinar as áreas indispensáveis a esse funcionamento. Estas áreas foram identificadas segundo dois critérios: no caso das dinâmicas geomorfológica e hidrológica, através do grau de suscetibilidade associada aos movimentos de vertente e à ocorrência de inundações, respetivamente; e, no caso das dinâmicas pedológica e climática, a partir do grau de importância das funções ecológicas que desempenham. Com a avaliação da proposta da EEM, verificou-se que o funcionamento ecológico dos topos e do fundo de vale (leitos de cheia) se encontra salvaguardado pelo nível de proteção mais elevado da EEM. A mesma proteção não se regista nas vertentes, existindo vastas áreas sem qualquer delimitação da EEM, nomeadamente nas áreas densamente urbanizadas e nas de expansão urbana. Não obstante, os entalhes da rede hidrográfica nas vertentes encontram-se salvaguardados pela EEM, o que contribui para o seu funcionamento ecológico.

Abstract

Green Infrastructure Contribution to Urban Sustainability. The Guimarães Case Study.

Sustainability of urban areas is one of the biggest challenges faced by land management, due to high degrees of artificialization and degradation of natural systems. With the introduction of the green infrastructure legal instrument, largely widespread concepts of continuum naturale and ecological suitability may be implemented in practice, under a systemic and holistic approach to landscape planning. In this study, the Green Infrastructure (GI) of Guimarães municipality was assessed for its urban area, in order to evaluate the extent to which it ensures its ecological functioning, according to the GI hierarchy (functions and management regime). The basis for this evaluation was the analysis of biophysical and ecological dynamics (geomorphological, pedological, hydrological and climate dynamics), allowing on the one hand to characterize the ecological functioning of the study area, and on the other hand to determine the crucial areas to this functioning. These areas were identified according to two criteria: the degree of susceptibility to landslide and flooding in respect to geomorphological and hydrological dynamics, and relevance of the ecological functions performed in the case of pedological and climate dynamics. Results showed that the ecological functioning of both interfluves and valley bottom (floodplains) is safeguarded by the highest level of protection of GI. The same protection is not observed on slopes, with large areas without any GI delimitation, particularly in densely urbanized areas and in urban expansion areas. However, almost all the water channels are protected by GI, which contributes to slopes ecological functioning.

Índice Geral

Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract	iv
Índice Geral	v
Índice de Figuras	viii
Índice de Tabelas	xi
Introdução	1
Área de Estudo	3
Objetivos, Questões de Partida e Metodologia	5
Informação Cartográfica de Base.....	7
Estrutura da Dissertação	8
PARTE I - ENQUADRAMENTO TEÓRICO	9
1. Estrutura Ecológica	10
1.1. Antecedentes Teóricos	10
1.2. Conceito de Estrutura Ecológica.....	13
2. A Estrutura Ecológica na Legislação Portuguesa.....	20
2.1. Decreto-Lei 380/99, de 22 de Setembro	21
2.2. Análise Crítica do Decreto-Lei 380/99, de 22 de Setembro.....	22
3. Estrutura Ecológica e o Ordenamento do Território.....	26
4. Metodologia Proposta	29

PARTE II - FUNCIONAMENTO ECOLÓGICO DA ÁREA URBANA DE GUIMARÃES	34
1. Dinâmica Geomorfológica.....	35
1.1. Caracterização dos Mantos de Alteração	36
1.2. Caracterização da Suscetibilidade a Movimentos de Vertente	43
2. Dinâmica Pedológica.....	50
2.1. Caracterização dos Solos	54
2.1.1. Regossolos.....	57
2.1.2. Antrossolos.....	61
2.2. Caracterização das Limitações do Uso do Solo e da Suscetibilidade à Erosão Hídrica	68
2.3. Caracterização das Funções Ecológicas dos Solos	81
3. Dinâmica Hidrológica	86
3.1. Caracterização da Suscetibilidade à Ocorrência de Cheias na Bacia Hidrográfica do Rio Selho.....	89
3.1.1. Geologia	90
3.1.2. Características da Bacia e do Curso de Água.....	90
3.1.3. Uso do Solo	95
3.1.4. Áreas Susceptíveis à Ocorrência de Cheias	96
3.2. A Singularidade da Bacia Hidrográfica da Ribeira de Costa/Couros	97
3.2.1. Características da Bacia.....	98
3.2.2. As Especificidades da Dinâmica Hidrológica nas Áreas Urbanas.....	101
3.2.3. Áreas Susceptíveis à Ocorrência de Cheias	102
3.2.4. Projeto de Intervenção na Ribeira de Costa/Couros.....	102
4. Dinâmica Climática	107
4.1. Caracterização da Dinâmica Climática Local	109
4.1.1. Mesoclima	111
4.1.2. Clima Local	114
4.1.3. Microclima.....	126
4.2. Funções Climáticas	144

PARTE III - AVALIAÇÃO DA SALVAGUARDA DO FUNCIONAMENTO ECOLÓGICO DA	
ÁREA URBANA DE GUIMARÃES PELA ESTRUTURA ECOLÓGICA MUNICIPAL	154
1. A Estrutura Ecológica Municipal no PDM de Guimarães.....	155
1.1. Componentes e Regime de Gestão	156
1.2. Proposta para a Área Urbana de Guimarães.....	162
2. Avaliação da Proposta da Estrutura Ecológica Municipal	165
2.1. Síntese das dinâmicas ecológicas e biofísicas	165
2.2. Avaliação da Estrutura Ecológica	172
2.2.1. Topos com Altitude Superior a 340 m.....	176
2.2.2. Topos e Setor Inicial das Vertentes	177
2.2.3. Vertentes.....	179
2.2.4. Setor Basal das Vertentes e Fundo de Vale.....	183
Considerações Finais	188
Bibliografia.....	192

Índice de Figuras

Figura 1 – Área de estudo definida pelo perímetro urbano de Guimarães e sua envolvente topográfica	4
Figura 2 – Divisão administrativa da área urbana de Guimarães.....	5
Figura 3 – <i>Continuum naturale</i> expresso no Plano de Berlim (1929) de Martin Wagner	12
Figura 4 – Desempenho ecológico das áreas em função da sua configuração.....	17
Figura 5 – Multifuncionalidade em áreas da Estrutura Ecológica.....	18
Figura 6 – Componentes da Estrutura Ecológica Municipal.....	31
Figura 7 – Espacialização das componentes da Estrutura Ecológica Municipal.....	32
Figura 8 – Esquema de arenização do granito	37
Figura 9 – Estrutura completa dos perfis de alteração dos granitos nas regiões temperadas.....	38
Figura 10 – Relação do tipo de formação superficial e da espessura do manto de alteração com o declive e a posição topográfica	40
Figura 11 – Suscetibilidade geomorfológica das vertentes, proposta por Bateira (2001) e extrapolação para a área urbana de Guimarães	46
Figura 12 – Perfil genérico do solo	52
Figura 13 – Tipo e distribuição dos solos na área urbana de Guimarães.....	55
Figura 14 – Declive e posição topográfica dos solos na área urbana de Guimarães	57
Figura 15 – Diagrama de classificação da textura dos solos de origem granítica.....	60
Figura 16 – Tipo de socalcos e percentagem de ocupação das manchas dos solos da área urbana de Guimarães	66
Figura 17 – Socalcos na área urbana de Guimarães (vertente oeste da Penha)	67
Figura 18 – Comparação dos declives da superfície topográfica com os declives calculados tendo em conta os socalcos na área urbana de Guimarães.....	68
Figura 19 – Espessura útil do solo na área urbana de Guimarães	71
Figura 20 – Fertilidade do solo na área urbana de Guimarães	72
Figura 21 – Drenagem da água nos solos da área urbana de Guimarães.....	73
Figura 22 – Disponibilidade de água nos solos da área urbana de Guimarães.....	74
Figura 23 – Erodibilidade dos solos na área urbana de Guimarães	75

Figura 24 – Suscetibilidade à erosão hídrica dos solos da área urbana de Guimarães .	77
Figura 25 – Afloramentos rochosos no interflúvio da Penha.....	78
Figura 26 – Aptidão e limitações dos solos da área urbana de Guimarães para o uso agrícola e florestal	81
Figura 27 – Funções ecológicas desempenhadas pelos solos da área urbana de Guimarães.....	82
Figura 28 – Bacia hidrográfica do rio Selho e rede hidrográfica da área urbana de Guimarães.....	87
Figura 29 – Perfil longitudinal do rio Selho	91
Figura 30 – Artificialização na Ribeira de Costa/Couros.....	97
Figura 31 – Bacia hidrográfica da ribeira de Costa/Couros.....	98
Figura 32 – Perfil longitudinal da ribeira de Costa/Couros	99
Figura 33 – Temperaturas médias na estação climatológica de Braga (1951-1980) ...	108
Figura 34 – Distribuição mensal da precipitação na estação climatológica de Braga (1951-1980)	109
Figura 35 – Escalas de análise do clima e estratificação vertical da atmosfera.....	110
Figura 36 – Diferenças na reflexão da radiação solar nas cidades e no campo.....	112
Figura 37 – Ilhas de calor urbano em função da camada atmosférica	113
Figura 38 – Comportamento típico de um fluxo de vento nas proximidades de um edifício	114
Figura 39 – Carta de exposições da área urbana de Guimarães.....	118
Figura 40 – Alternância do sistema de brisas durante o dia	119
Figura 41 - Cálculo do índice NDVI para a área urbana de Guimarães	121
Figura 42 – Índice NDVI com a rede rodoviária e o edificado.....	122
Figura 43 – Temperaturas de superfície (⁰ C) da área urbana de Guimarães.....	125
Figura 44 - Temperaturas de superfície de diferentes em diferentes materiais (verão)	126
Figura 45 – Temperaturas de superfície (⁰ C) com a rede rodoviária e o edificado.....	127
Figura 46 – Temperaturas de superfície no centro da cidade de Guimarães e respetiva fotografia aérea	129
Figura 47 – Temperaturas de superfície na vila de Pevidém e respetiva fotografia aérea	130

Figura 48 – Temperaturas de superfície em Urgezes respetiva fotografia aérea.....	131
Figura 49 – Espaços verdes municipais na área urbana de Guimarães	133
Figura 50 – Temperaturas de superfície nos espaços verdes de Pevidém	136
Figura 51 – Temperaturas de superfície nos espaços verdes de Candoso São Tiago..	137
Figura 52 – Temperaturas de superfície nos espaços verdes do setor sul/este da Cidade de Guimarães.....	138
Figura 53 – Temperaturas de superfície nos espaços verdes do setor norte da Cidade de Guimarães.....	139
Figura 54 – Temperaturas de superfície nos espaços verdes do setor este da cidade de Guimarães (Parque da Cidade).....	140
Figura 55 – Temperaturas de superfície na Penha e respetiva fotografia aérea.....	143
Figura 56 – Mapa de climatopos e sistema de brisas da área urbana de Guimarães..	147
Figura 57 - Funções climáticas dos climatopos da área urbana de Guimarães	150
Figura 58 – Estrutura Ecológica Municipal na área urbana de Guimarães	163
Figura 59 – Funcionamento ecológico da área urbana de Guimarães.....	166
Figura 60 – Sistemas em função dos quais se distinguem as dinâmicas ecológicas e biofísicas na área urbana de Guimarães	169

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Objetivos, questões de partida e metodologia.....	6
Tabela 2 – Informação de base utilizada na cartografia elaborada	7
Tabela 3 – Análise comparativa do tipo de formação superficial e espessura do manto de alteração com o tipo de solo	64
Tabela 4 – Limitações ao uso agrícola e florestal dos solos da área urbana de Guimarães.....	69
Tabela 5 – Aptidão dos solos da área urbana de Guimarães para uso agrícola (A) e florestal (F).....	80
Tabela 6 – Funções ecológicas desempenhadas pelos solos da área urbana de Guimarães.....	83
Tabela 7 – Índice de Gravelius e relação entre o comprimento e área da bacia hidrográfica do rio Selho	92
Tabela 8 – Índice de assimetria na bacia hidrográfica do rio Selho	93
Tabela 9 – Tempo de concentração das águas na bacia hidrográfica do rio Selho	93
Tabela 10 – Relação de bifurcação na bacia hidrográfica do rio Selho.....	94
Tabela 11 – Índices de drenagem na bacia hidrográfica do rio Selho.....	95
Tabela 12 – Índice de Gravelius e de alongamento da bacia, para a bacia hidrográfica da ribeira de Costa Couros	100
Tabela 13 – Densidade de drenagem, hidrográfica e coeficiente de torrencialidade da bacia hidrográfica da ribeira de Costa/Couros.....	101
Tabela 14 - Principais problemas detetados na ribeira de Costa/Couros.....	104
Tabela 15 – Características em função da posição topográfica	116
Tabela 16 – Caracterização dos climatopos da área urbana de Guimarães	146
Tabela 17 – Funções climáticas dos climatopos da área urbana de Guimarães.....	151
Tabela 18 – Elementos constituintes da Estrutura Ecológica Municipal de Guimarães por áreas de ação	157
Tabela 19 – Hierarquização da Estrutura Ecológica Municipal no PDM de Guimarães.....	158
Tabela 20 – Regime aplicável às áreas do nível I da Estrutura Ecológica Municipal....	160
Tabela 21 – Regime aplicável às áreas do nível II da Estrutura Ecológica Municipal...	161

Tabela 22 – Regime aplicável às áreas do nível III da Estrutura Ecológica Municipal..	162
Tabela 23 – Dinâmicas ecológicas e biofísicas da área urbana de Guimarães	167
Tabela 24 - Níveis da Estrutura Ecológica Municipal e as dinâmicas ecológicas e biofísicas da área urbana de Guimarães	174

Introdução

“Just as we must carefully plan for and invest in our capital infrastructure — our roads, bridges and waterlines, we must invest in our environmental or green infrastructure — our forests, wetlands, stream and rivers. Just as we must carefully plan for and invest in our human infrastructure — education, health service, care for the elderly and disabled — we must also invest in our green infrastructure.”

Glendening (1999 apud Benedict e McMahon, 2002, p.6)

A urbanização, a industrialização e a agricultura intensiva provocam profundas alterações no território, a perda de funções ecológicas e a deterioração de paisagens de elevado valor natural e cultural. Ao mesmo tempo, crescem as exigências da sociedade por paisagens multifuncionais - ecológicas e produtivas, o que obriga a repensar as estratégias adotadas no ordenamento e gestão do território (Bastian *et al.*, 2006).

Ao longo das últimas décadas, o crescimento das cidades passou muito para além dos antigos subúrbios, convertendo áreas agrícolas e florestais em outros usos, num ritmo muito acelerado. Este crescimento ocorreu na maior parte dos casos sem planeamento e sem regras, resultando numa expansão urbana desordenada e muitas vezes caótica. Estas alterações provocadas no território afetam não só várias funções ecológicas, como têm também importantes consequências para a sociedade humana (Bastian *et al.*, 2006). Desde logo, a expansão desordenada provoca a perda e a fragmentação de áreas naturais, que leva à diminuição da diversidade de habitats e do número de espécies. À medida que o crescimento se expande para as áreas naturais vai-se fragmentando cada vez mais o território, surgindo manchas cada vez mais pequenas e isoladas, que alteram o funcionamento ecológico do território e aumentam o habitat de margem. O isolamento entre as manchas limita os movimentos de plantas e animais, levando a uma redução da diversidade genética. A construção em zonas

húmidas, como pântanos ou galerias ripícolas, reduz a sua capacidade para controlar inundações, filtrar toxinas e suportar a vida selvagem (animal e vegetal). Para além destes efeitos ecológicos, a ocupação de áreas naturais pela expansão desordenada, tem também consequências sociais e económicas, nomeadamente a perda de “serviços naturais” como o controlo de inundações, infiltração das águas pluviais e filtração dos poluentes. Esta situação potencia, entre outros, o risco de inundação que provoca grandes prejuízos. A urbanização difusa obriga também a grandes investimentos em infraestruturas, como estradas, redes de abastecimento de água e saneamento, eletrificação, entre muitas outras (Benedict e McMahon, 2002).

Os sistemas naturais constituem a base do desenvolvimento das atividades humanas e, ao mesmo tempo, regulam um conjunto de funções, designadamente as relacionadas com o ciclo da água, do carbono, do hidrogénio e a fotossíntese, os microclimas, o controlo da humidade e da biodiversidade (Girard, 1997). Assim, a manutenção destas funções ecológicas é imprescindível para assegurar a sustentabilidade ambiental, cabendo ao ordenamento do território o papel de salvaguardar os recursos naturais e valores ambientais e paisagísticos fundamentais (Fadigas, 2007). Segundo Rodriguez e Silva (2002), atualmente a sustentabilidade é vista como um paradigma que procura rever as interações da sociedade com a natureza, convertendo-se na bússola para a implementação dos processos de planeamento e gestão ambiental e territorial. Todavia, isto exige a aplicabilidade de fundamentações teóricas sólidas, sustentadas em visões holísticas, integradoras e sistémicas, no ordenamento do território. Neste sentido o conceito de Estrutura Ecológica, que integra os princípios de *continuum naturale* e de aptidão ecológica, largamente difundidos no âmbito do ordenamento do território mas, na prática, muito pouco concretizados de um modo sistémico e holístico, é fundamental para a garantir a sustentabilidade do território.

Neste trabalho, considerou-se que a Estrutura Ecológica é constituída por um conjunto de espaços naturais e verdes, formando um sistema hierárquico, mas espacialmente contínuo que assegura o correto funcionamento ecológico de um território. A principal ideia subjacente a este conceito é a de que a mesma área pode ter diversas funções e, desse modo, oferece vários benefícios (EC – environmental, 2012), sejam estes para a natureza ou para a sociedade. Além disto, investir na Estrutura Ecológica não faz só

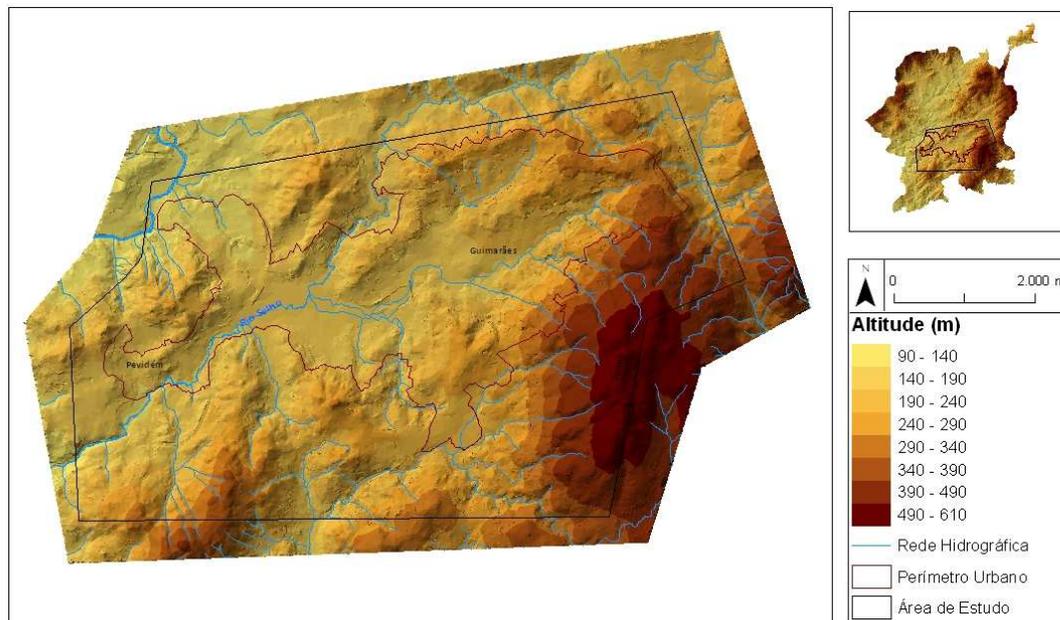
sentido em termos ambientais, segundo a Comissão Europeia, mas também em termos económicos, uma vez que manter as capacidades regulatórias dos sistemas naturais (por exemplo na mitigação dos efeitos negativos das mudanças climáticas) é de longe mais rentável do que repor estas funções com recurso à tecnologia (EC – environmental, 2010).

Se, nos territórios que ainda não foram urbanizados, o principal papel da Estrutura Ecológica é salvaguardar as áreas de elevado valor ecológico de serem eliminadas ou degradadas, nas cidades o papel desta Estrutura consiste na recuperação e restauração das funções naturais. Como refere Benevolo (1993 *apud* Magalhães, 2001, p. 319) “a recuperação do equilíbrio ambiental já não depende da natureza mas do talento do Homem, e, nesta perspetiva, as cidades voltam a ser importantes: é nelas que pode começar a reconstrução do ambiente global”. Assim, através da Estrutura Ecológica pretende-se trazer a natureza de volta à cidade, criando-se o equilíbrio possível entre as áreas naturais e as áreas construídas, numa tentativa de alcançar a sustentabilidade ambiental, que não deve ser considerada como um “estado final” da cidade, mas sim como um processo evolutivo.

Área de Estudo

A sustentabilidade ambiental dos espaços urbanos é um dos maiores desafios atuais, sendo nestas áreas que a delimitação da Estrutura Ecológica é mais complexa, mas também mais necessária ao correto funcionamento ecológico do território. Neste sentido, na presente dissertação, escolhemos, para caso de estudo, a área urbana de Guimarães. Inicialmente foi definida a área correspondente ao perímetro urbano de Guimarães, de acordo com os dados referentes ao ano de 2010, fornecidos pela Câmara Municipal de Guimarães. Contudo, estes limites são determinados com base em critérios socioeconómicos e de ocupação do espaço, sendo que no âmbito do nosso estudo é fundamental ter em consideração os processos e as dinâmicas naturais que se fazem sentir nesta área mas que têm uma distribuição espacial mais alargada e/ou que são interdependentes de outros processos e dinâmicas com sede exterior a esta delimitação administrativa. Assim, optámos por estabelecer uma área de análise

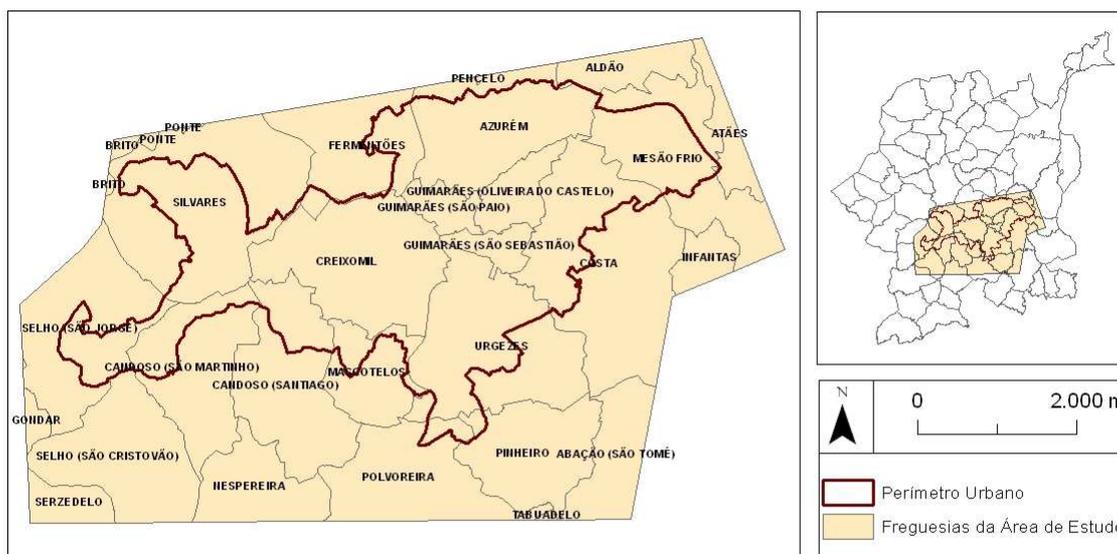
que abrangesse a envolvente física do perímetro urbano de Guimarães, recorrendo aos interflúvios circundantes como elemento de fronteira (Figura 1).



(Fonte dos dados: CMG)

Figura 1 – Área de estudo definida pelo perímetro urbano de Guimarães e sua envolvente topográfica

A área urbana de Guimarães e a sua envolvente topográfica, doravante designada apenas por área urbana de Guimarães, engloba em termos administrativos (Figura 2) as três freguesias do centro da cidade - Oliveira do Castelo, São Paio e São Sebastião -, as principais freguesias que constituem a área urbana da cidade, ou seja, Azurém, Mesão Frio, Costa, Urgezes, Creixomil, Silvares, Fermentões, Cadoso (São Martinho), Cadoso (São Tiago), Selho (São Cristóvão), Polvoreira e Mascotelos, e ainda a vila de Pavidém, em Selho (São Jorge). Para além destas freguesias, encontramos ainda outras, de que apenas uma pequena parte está inserida na área de estudo (Figura 2).



(Fonte dos dados: CAOP, 2011 e CMG)

Figura 2 – Divisão administrativa da área urbana de Guimarães

Objetivos, Questões de Partida e Metodologia

Na Tabela 1 estão presentes os objetivos que norteiam esta dissertação, sendo que para cada um se indicou as respectivas questões de partida, bem como a metodologia de investigação para os atingir.

Tabela 1 – Objetivos, questões de partida e metodologia

QUESTÕES DE PARTIDA	METODOLOGIA
OBJETIVO 1 Caracterização das dinâmicas biofísicas/ecológicas na área urbana de Guimarães	
Qual o funcionamento ecológico da área de estudo?	Análise das dinâmicas, com base na recensão de estudos académicos e no tratamento de dados e documentação original. Elaboração de cartografia descritiva, através de um Sistema de Informação Geográfica – o ArcGIS.
Quais as áreas mais relevantes para a salvaguarda das dinâmicas naturais?	Identificação das áreas relevantes por meio de cartografia de síntese, elaborada através de um Sistema de Informação Geográfica – o ArcGIS.
OBJETIVO 2 Avaliação da proposta da Estrutura Ecológica Municipal (EEM) no PDM de Guimarães para a área urbana	
Em que medida as áreas identificadas como relevantes para a manutenção das dinâmicas naturais são salvaguardadas pela EEM delimitada no PDM?	Comparação das áreas relevantes para as dinâmicas naturais (identificadas a partir da cartografia de síntese) com as áreas delimitadas na EEM do PDM, de modo a avaliar quais as funções biofísicas/ecológicas salvaguardadas por este instrumento legal. Elaboração de uma matriz de avaliação.
Qual o contributo da EEM para a sustentabilidade urbana de Guimarães?	Análise crítica e propostas.

Informação Cartográfica de Base

A elaboração da cartografia descritiva e de síntese é fundamental para alcançar os objetivos definidos, neste sentido na Tabela 2 apresentamos a informação base utilizada na cartografia, bem como a fonte que cedeu a informação.

Tabela 2 – Informação de base utilizada na cartografia elaborada

INFORMAÇÃO BASE DA CARTOGRAFIA	
Dados	Fonte
Curvas de Nível	Base Topográfica Digital da Câmara Municipal de Guimarães (em formato <i>shp</i>) – (CMG)
Linhas de Água	
Espaços Verdes	
Perímetro Urbano (2010)	
Edificado	
Rede Rodoviária	
Estrutura Ecológica Municipal	Câmara Municipal de Guimarães, versão disponível para revisão do PDM, 2012 (em formato <i>pdf</i>) – (CMG, 2012)
Tipo de Solo	Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território – Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte (em formato <i>shp</i>) – (DRAPN)
Capacidade de Uso do Solo	
Limites Administrativos	Carta Administrativa Oficial de Portugal, 2011 (em formato <i>shp</i>) – (CAOP, 2011)
Imagem de Satélite, composta por oito bandas	U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey, Satélite Landsat 7 ETM+, de 24 de junho de 2000, acedido em http://earthexplorer.usgs.gov/ - Landsat 7 ETM+, 24 de junho de 2000
Fotografia Aérea	Google Earth

Estrutura da Dissertação

A presente dissertação de mestrado encontra-se estruturada em três partes que, por sua vez, se encontram divididas em diversos capítulos. Na primeira parte, efetuámos o enquadramento da temática em análise, sendo que começámos por abordar o conceito de Estrutura Ecológica, bem como os seus antecedentes teóricos. De seguida, apresentámos a forma como este conceito foi transposto para a legislação portuguesa, através da análise ao Decreto-Lei 380/99, de 22 de setembro, que introduziu a obrigação de delimitação desta figura legal em Portugal. Analisámos, ainda, o modo como este conceito se traduz - e também como se poderia traduzir - ao nível do ordenamento do território. Por fim, ainda nesta primeira parte, apresentámos a nossa proposta de organização da Estrutura Ecológica Municipal. Na segunda parte, determinámos o funcionamento ecológico da área urbana de Guimarães, através do estudo das dinâmicas biofísicas e ecológicas, nomeadamente a dinâmica geomorfológica, pedológica, hidrológica e microclimática. Na terceira parte, avaliámos a Estrutura Ecológica proposta para a área urbana de Guimarães, no âmbito da revisão do Plano Diretor Municipal (PDM) de 2012. Para isso, começámos por analisar as componentes e o regime de gestão da Estrutura Ecológica Municipal constantes no regulamento do PDM, e, de seguida, restringimos esta análise à nossa área de estudo. Por fim, avaliámos em que medida a Estrutura Ecológica Municipal proposta salvaguarda o correto funcionamento ecológico da área urbana de Guimarães.

PARTE I - ENQUADRAMENTO TEÓRICO

1. Estrutura Ecológica

Nos últimos anos tem-se alterado a forma como o território é encarado, nomeadamente o reconhecimento da necessidade de salvaguardar as áreas de maior valor ecológico. De acordo com Benedict e McMahon (2002), para esta mudança contribuiu a crescente preocupação com um conjunto de situações:

- *Reconhecimento dos problemas resultantes da expansão urbana desordenada, e da fragmentação do habitat, particularmente na periferia das grandes áreas metropolitanas;*
- *Proteção de espécies ameaçadas, com particular ênfase em planos de conservação do habitat que protejam várias espécies e liguem áreas isoladas;*
- *Preocupações com a saúde pública, particularmente os problemas de obesidade decorrentes de estilos de vida sedentários;*
- *Valoração das áreas verdes, nomeadamente para o mercado imobiliário;*
- *Revitalização urbana, que valoriza a presença de áreas naturais na cidade;*
- *Desenvolvimento de práticas com o objetivo de promover a sustentabilidade ambiental, social e económica.*

A Estrutura Ecológica apresenta-se um modelo alternativo para o planeamento e ordenamento do território, uma vez que cria uma base para o desenvolvimento futuro, ao mesmo tempo que assegura que os recursos naturais mais importantes são preservados.

1.1. Antecedentes Teóricos

A Estrutura Ecológica é um termo novo mas não um novo conceito, resultando da combinação e evolução de vários outros conceitos, desenvolvidos por várias disciplinas científicas, como a biologia, a ecologia da paisagem, planeamento regional e urbano, a geografia, a arquitetura paisagista e a engenharia civil (Benedict e McMahon, 2002). Com a Revolução Industrial e o conseqüente êxodo da população rural, as cidades expandiram-se, afastando-se cada vez mais das áreas naturais, e as

condições ambientais degradaram-se. Surgindo a necessidade de criar espaços verdes nas cidades, porém, por volta do Século XIX, estes espaços não eram mais do que locais de encontro, de estadia e de passeio público (Direção-Geral do Ordenamento do Território, 1992). Com o aumento da urbanização e industrialização das cidades foi necessário criar espaços verdes de maior dimensão, surgindo o conceito de “pulmão verde” (Direção-Geral do Ordenamento do Território, 1992), a luz dos quais foram criados os principais parques nas cidades, como o caso do Parque de Monsanto em Lisboa. Ao conceito de “pulmão verde” seguiu-se o de “cintura verde”, que tinha como objetivo “criar as condições de oxigenação, humidificação e filtragem do ar necessárias à melhoria da atmosfera urbana” (Direção-Geral do Ordenamento do Território, 1992, p. 10).

Não obstante, para Benedict e McMahon (2002), as bases mais diretas da Estrutura Ecológica estão ligadas a duas teorias: a ligação dos parques e outros espaços verdes, em benefícios das pessoas, e a preservação e ligação de áreas naturais em benefício da biodiversidade e no combate à fragmentação do habitat. A primeira teoria foi defendida pelo arquiteto paisagista Frederick Olmsted, este acreditava que um parque urbano, por muito grande e bem projetado que fosse, não conseguiria fornecer efeitos benéficos da natureza para toda a cidade, defendendo que os parques deveriam estar ligados entre si e envolvendo as áreas construídas, pois um sistema de parques conectado é manifestamente melhor do que um conjunto de parques isolados, defendia este arquiteto paisagista. Esta teoria deu origem aos atuais corredores verdes (greenways). A segunda teoria foi desenvolvida por biólogos e ecologista, que defendiam que a melhor forma de preservar plantas, animais e os processos ecológicos era através de um sistema de conservação em que as áreas estivessem interconectadas, formando uma rede, de modo a combater a fragmentação do habitat. Para esta teoria a restauração de conexões entre diferentes parques, e a proteção de reservas e outras áreas ecológicas importantes constitui a chave para a conservação da natureza e o ordenamento do território.

As duas teorias anteriores assentam no conceito de *continuum naturale*, que defende que a preservação das estruturas fundamentais da paisagem deve ocorrer de um modo contínuo. Segundo Magalhães (2001), tal também se deve verificar nas áreas

urbanas, onde a natureza deve penetrar de um modo tentacular e contínuo, assumindo diversas formas e funções, cada vez mais urbanas, que vão desde o espaço de lazer e recreio (jardins, parques urbanos), enquadramento e infraestruturas e edifícios (como ciclovias ou vias pedonais), a espaços de produção agrícola (como hortas urbanas), bem como a proteção de recursos naturais (como linhas de água ou cabeceiras de linhas de água), à simples rua ou praça arborizada dentro da cidade (Figura 3). Deste modo, procura-se trazer de volta a paisagem natural para a cidade, uma vez que devido à dimensão da cidade os efeitos da paisagem envolvente já não se sentem.



(Fonte: Magalhães, 2001)

Figura 3 – *Continuum naturale* expresso no Plano de Berlim (1929) de Martin Wagner

Este conceito foi particularmente aplicado nas cidades europeias que foram afetadas pela Segunda Guerra Mundial. Em Portugal este conceito foi aplicado em alguns locais de Lisboa, destinados, essencialmente, a funções de lazer mas também de com o objetivo de acelerar as brisas da encosta, de modo a favorecer o saneamento da Avenida da Liberdade.

Um outro conceito presente na Estrutura Ecológica é o de paisagem global, defendido por Ribeiro Telles (1994 apud Magalhães, 2001), em que o “espaço rural e o espaço urbano devem-se interligar de tal maneira que, sem que percam as suas características próprias e funcionamento autónomo, não deixem de servir os interesses comuns da sociedade, quer digam respeito ao mundo rural, quer à vida urbana”. Para tal, é necessário reestabelecer o *continuum naturale* entre o espaço urbano e o rural, conferindo, deste modo, legibilidade e identidade à paisagem,

assegurando o equilíbrio dos sistemas naturais. Ainda segundo Ribeiro Telles (apud Magalhães, 2001), a expansão urbana deverá estar sujeita à aptidão ecológica do território, ou seja, diferentes paisagens oferecem diferentes potencialidades, caracterizado por um funcionamento ecológico próprio, pelo que devem determinar a localização das atividades humanas.

1.2. Conceito de Estrutura Ecológica

O conceito de Estrutura Ecológica significa diferentes coisas para diferentes pessoas, dependendo do contexto em que é utilizado. Como tal, existem várias definições do que deve ser a Estrutura Ecológica. Para Caldeira Cabral (1980 *apud* Magalhães, 2007, p. 33) a “Estrutura Ecológica deve formalizar-se num sistema contínuo que permita o funcionamento e desenvolvimento dos ecossistemas naturais e dos agrossistemas, garantindo a diversidade e regeneração do potencial genético (biodiversidade), a conservação e a circulação natural da água, a conservação do solo vivo, a regulação das brisas locais e do conforto bioclimático, a proteção da vegetação natural e seminatural, em suma a estabilidade do território”, genericamente designado por “presença da natureza”.

Para Magalhães (2007, p. 32), a Estrutura Ecológica “é uma estrutura espacial da paisagem constituída pelas componentes terrestres dos ecossistemas que são indispensáveis ao seu funcionamento”. Ainda segundo a mesma autora, esta Estrutura deve reunir e integrar todos os espaços necessários à conservação dos recursos naturais, porém não de um modo isolado mas como fatores dinâmicos que interagem entre si. A definição dos sistemas fundamentais permite a implementação sustentável da edificação, consagrando o conceito de aptidão ecológica do território.

O Green Infrastructure Guidance (2009, p.7) de Inglaterra define a Estrutura Ecológica (Green Infrastructure) como: “Green Infrastructure is a strategically planned and delivered network comprising the broadest range of high quality green spaces and other environmental features. It should be designed and managed as a multifunctional resource capable of delivering those ecological services and quality of life benefits required by the communities it serves and needed to underpin sustainability. Its design and management should also respect and enhance the

character and distinctiveness of an area with regard to habitats and landscape types”. Assim, “Green Infrastructure includes established green spaces and new sites and should thread through and surround the built environment and connect the urban area to its wider rural hinterland. Consequently it needs to be delivered at all spatial scales from sub-regional to local neighborhood levels, accommodating both accessible natural green spaces within local communities and often much larger sites in the urban fringe and wider countryside”. Neste sentido, a Estrutura Ecológica corresponde a uma rede, estrategicamente planeada e gerida, de espaços verdes e outros espaços com características ambientais vitais para a sustentabilidade do território.

Nos Estados Unidos da América, The Green Infrastructure Work Group (1999 *apud* Benedict e McMahon, 2002, p.6) definiu a Estrutura Ecológica como “is our nation’s natural life support system — an interconnected network of waterways, wetlands, woodlands, wildlife habitats, and other natural areas; greenways, parks and other conservation lands; working farms, ranches and forests; and wilderness and other open spaces that support native species, maintain natural ecological processes, sustain air and water resources and contribute to the health and quality of life for America’s communities and people.”

Benedict e McMahon (2002, p.5), no âmbito do *Sprawl Watch Clearinghouse Monograph*, definem a Estrutura Ecológica “as an interconnected network of green space that conserves natural ecosystem values and functions and provides associated benefits to human populations”.

Contudo, para além da salvaguarda dos aspetos naturais (os sistemas fundamentais), a Estrutura Ecológica deve englobar ainda os aspetos culturais do território. Sendo a cultura entendida como todas as manifestações das comunidades humanas, traduzida particularmente no património. A Estrutura Cultural deve-se reger pelo mesmo princípio de continuidade que se aplica à Estrutura Ecológica. Esta Estrutura pode ser construída, segundo Magalhães (2007), pelos espaços edificados e pelas vias que os interligam. As duas Estruturas, natural e cultural, articulam-se no território, pelo que devem ser encaradas numa perspetiva de complementaridade. Assim, a

Estrutura Ecológica prende-se com a proteção e integração dos elementos biofísicos, culturais, recreativos e paisagísticos, sendo fundamental para o funcionamento das dinâmicas naturais e a sua salvaguarda visa a potenciação de valores únicos, quer de carácter natural quer cultural, e a minimização dos impactes e riscos naturais (Cardoso *et al.*, 2004). Assim, segundo Canguero (2006), os objetivos gerais da Estrutura Ecológica, são:

- Proteção e conservação da integridade biofísica (qualidade e quantidade) dos sistemas fundamentais (sapais, dunas, zonas húmidas, núcleos vegetais);
- Garantir a permanência da diversidade e raridade de ocorrências biofísicas (geológicas, paisagísticas, paleontológicas);
- Preservar o equilíbrio de zonas de elevada fragilidade ecológica (áreas com riscos de erosão, escarpas, áreas litorais);
- Conservar a produtividade biogenética de áreas naturais (sapais, zonas húmidas, estuários);
- Limitar, potenciar ou mitigar a influência das atividades humanas, considerando os riscos, recursos e aptidões naturais (agricultura, silvicultura, edificabilidade, turismo);
- Recuperar ou restaurar áreas degradadas de elevado potencial ecológico e natural (erosão, infestação, inertes, urbanização);
- Reconhecer e avaliar gradientes e polaridades ecológicas e naturais no território, de modo a estabelecer conexões valorizadoras dos sistemas ecológicos e naturais e do território em geral (corredores ecológicos);
- Criar e valorizar ocorrências naturais em espaço urbano ou urbanizável (cinturas verdes, parques urbanos, jardins).

Para o cumprimento destes objetivos é necessário que na delimitação da Estrutura Ecológica sejam tidos em conta alguns princípios fundamentais que permitirão maximizar os efeitos de proteção e valorização desta estrutura. O mais importante destes princípios é o de *continuum naturale*, dado que a continuidade dos sistemas ambientais promove os processos de troca no seu interior, e potencia a diversificação e intensificação dos fluxos ambientais, contribuindo deste modo para o seu

enriquecimento. Esta teoria, defendida por Caldeira Cabral (1980 *apud* Magalhães, 2001, p. 106), também apresenta por si alguns princípios básicos, designadamente:

- Princípio da Continuidade: assegurado pela circulação da água e do ar, do solo e da vegetação que, por sua vez, que por sua vez constituem habitats que permitem a circulação da fauna;
- Princípio da Elasticidade: significa a capacidade de o sistema se adaptar à variabilidade dos seus elementos, dos quais o mais evidente é a água, tanto mais quanto maior for a amplitude dos valores registados;
- Princípio da Meandrização: aumentando as interfaces entre diferentes elementos da paisagem, ou seja, aumentando os efeitos de orla entre meios diferentes, onde são maiores os gradientes entre os parâmetros físicos e biológicos;
- Princípio da Intensificação: de modo a garantir uma otimização daqueles mesmos parâmetros, *compensando o empobrecimento ecológico das áreas mais artificializadas.*

As áreas ou sistemas ambientais em função da sua forma, dimensão, posição relativa, configuração, ou interligação (Figura 4, n.º 1 a 7) têm diferentes desempenhos ecológicos (Cangueiro, 2006), pelo que são fatores importantes a ter em consideração na delimitação da Estrutura Ecológica.

	MELHOR	PIOR
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

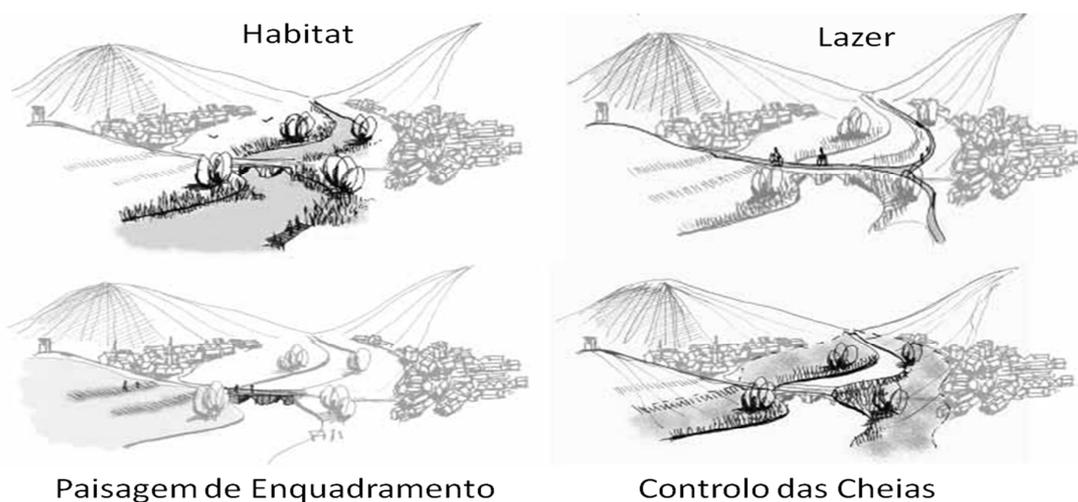
(Fonte: Cangueiro, 2006)

Figura 4 – Desempenho ecológico das áreas em função da sua configuração

A dimensão das áreas (Figura 4, n.º 1) é importante, sendo que quanto maior for a área mais processos e fenómenos naturais poderão ocorrer, pelo que maior será a sua diversidade e riqueza ecológica. A unidade da área é também importante, sendo preferíveis áreas que, ainda que apresentem a mesma superfície, apenas tenham uma fronteira, do que se constituam em várias áreas mais reduzidas e separadas entre si (Figura 4, n.º 2). Nos casos em que as áreas a considerar estejam forçosamente separadas é preferível que estas se aproximem o mais possível e que se configurem de forma a poder interagir entre si, de modo a criarem alguma homogeneidade no seu funcionamento e quanto às trocas potenciais que poderão realizar (Figura 4, n.º 3 e 4). Como já referimos, a ligação ou continuidade entre áreas (*continuun naturale*) é fundamental, de forma a manter o mínimo de funcionamento dos fluxos e processos naturais (Figura 4, n.º 5). Em relação à configuração das áreas, a melhor será a circular, uma vez que noutras formas não se intensificarão, tão facilmente, as trocas de matéria e energia no seu interior, como por exemplo nas áreas com forma alongada (Figura 4, n.º 6). Por fim, também como já referimos em

relação ao *continuun naturale*, a meandrização é importante, dado que contornos meandrizados permitem melhor estabelecer trocas com o exterior e criar diversificação de processos naturais (Figura 4, n.º7).

A Estrutura Ecológica integra áreas muito diversificadas, nomeadamente áreas ecologicamente sensíveis (como linhas de água e áreas com risco de erosão) e áreas que pelo seu coberto vegetal constituem valores naturais e/ou patrimoniais, cuja preservação se justifica para a manutenção da integridade e identidade do território. Assim, também as funções desempenhadas pela Estrutura Ecológica são muito diversificadas, podendo ir desde o âmbito ecológico, social e económico. A Estrutura Ecológica deve proporcionar habitat e assegurar a manutenção da biodiversidade, bem como o correto funcionamento dos processos ecológico (ciclo da água ou a renovação do ar), contribuir para a redução da suscetibilidade a inundações ou outros riscos naturais, e, ainda, fornecer áreas de recreio e lazer que contribuam para a melhoria da saúde física e mental da população. Para cada área as funções determinadas devem ter em consideração as suas especificidades de funcionamento, e assumir sempre que possível um carácter multifuncional (Figura 5).



(Fonte: Adaptado de Green Infrastructure Guidance, 2009)

Figura 5 – Multifuncionalidade em áreas da Estrutura Ecológica

A Estrutura Ecológica quando bem planeada pode trazer inúmeros benefícios para toda a sociedade, como a diminuição dos gastos públicos com infraestruturas,

nomeadamente os custos com a rede de águas pluviais e com o sistema de tratamento das águas. Todavia, para que os objetivos definidos sejam alcançados, é fundamental salvaguardar estas áreas, sendo necessário um compromisso do ordenamento e gestão do território a longo prazo. Para tal, devem ser definidas medidas de gestão para cada uma das áreas em função das suas especificidades. Neste sentido, segundo Canguero (2006), a Estrutura Ecológica deverá regular algumas práticas, designadamente:

- Zonas de expansão de aglomerados;
- Tipologias de ocupação edificada, nomeadamente non aedificandi, construção isolada, loteamentos (dimensionamento dos lotes, percentagem de ocupação do lote, número de pisos);
- Demolições de edifícios;
- Alteração do relevo natural e do solo arável;
- Destruição de revestimento vegetal natural, como o derrube de árvores sem ser em práticas de exploração florestal;
- Localização de lixeiras ou parques de sucata;
- Exigências no revestimento e tratamento dos espaços verdes
- Exigências nos sistemas de drenagem pluvial e retenção das águas de escoamento;
- Exigências na apresentação de estudos ou avaliações de incidências ambientais;
- Sistematização de terrenos para redução dos riscos de erosão;
- Exigências em práticas culturais (agroflorestais);
- Definição de áreas de proteção prioritária;
- Necessidade de estudos ou planos de pormenor;
- Obrigatoriedade de medidas de recuperação ou reabilitação de zonas degradadas.

2. A Estrutura Ecológica na Legislação Portuguesa

A primeira década que se seguiu ao 25 de abril (1974) foi caracterizada pela regulamentação relativa ao ordenamento do território, e a segunda pela reformulação dessa mesma legislação, como o objetivo de a tornar mais operacional. Como refere Magalhães (2001, p. 178) “tratava-se de uma necessidade imperiosa que o país tinha, nesta matéria, relativamente à Europa”. Contudo, apenas perto do final do Século XX, é que surge a primeira legislação preocupada com a continuidade dos sistemas naturais - a Reserva Ecológica Nacional (REN), Decreto-Lei 321/83, de 25 de setembro, que pretendia a salvaguarda das áreas indispensáveis à estabilidade ecológica. No entanto, dentro dos perímetros urbanos, que constituem as áreas onde existe maior pressão na alteração dos usos do solo, a delimitação da REN só é considerada aquando da sua primeira revisão (Decreto-Lei 93/90, de 19 de março).

A Lei de Bases do Ambiente (LBA), Lei 11/87 de 7 de abril, que consagra o princípio *continuum naturale*, na legislação portuguesa, foi criada apenas quatro anos depois de ter surgido a REN. Segundo a LBA (alínea d) do n.º 2 do artigo 5.º) o *continuum naturale* corresponde a um “sistema contínuo de ocorrências naturais que constituem o suporte da vida silvestre e da manutenção do potencial genético e que contribui para o equilíbrio e estabilidade do território”.

Outras figuras de proteção legal criadas posteriormente também incorporaram princípio do *continuum naturale*, como a Reserva Agrícola Nacional (RAN), a Rede Natura 2000. No entanto, só com o Decreto-Lei 142/2008, de 24 de julho, que estabelece o Regime Jurídico da Conservação da Natureza e da Biodiversidade, é que este princípio adquire uma dimensão nacional, com a criação da Rede Fundamental de Conservação da Natureza (RFCN) (artigo 5.º). De acordo com o artigo 5.º do referido Decreto-Lei, a Rede Fundamental de Conservação da Natureza é composta pelo Sistema Nacional de Áreas Classificadas, que por sua vez é composto pelas Áreas Protegidas, integradas na Rede Nacional de Áreas Protegidas; Sítios da Lista Nacional de Sítios e Zonas de Proteção Especial integrados na Rede Natura 2000; e, ainda, as demais áreas classificadas ao abrigo de compromissos internacionais do Estado Português. Para além destas áreas a RFCN é, ainda, composta pela REN, RAN, e pelo

Domínio Público Hídrico, que constituem áreas de continuidade, que “estabelecem ou salvagam a ligação e o intercâmbio genético de populações de espécies selvagens entre as diferentes áreas nucleares de conservação, contribuindo para a adequada proteção dos recursos naturais e para a promoção da continuidade espacial, da coerência ecológica das áreas classificadas e da conectividade das componentes da biodiversidade em todo o território” (n.º 2 do artigo 5.º do Decreto-Lei 142/2008, de 24 de julho).

2.1. Decreto-Lei 380/99, de 22 de Setembro

Em Portugal, a obrigatoriedade de delimitação da Estrutura Ecológica, no âmbito dos vários instrumentos de gestão e ordenamento do território que estão previstos na legislação, foi introduzida com o Decreto-Lei 380/99, de 22 de setembro, que estabelece as “Bases da Política de Ordenamento do Território e do Urbanismo” (artigo 1.º). De acordo com referido Decreto-Lei (alínea d) do artigo 10.º), a Estrutura Ecológica constitui um recurso territorial que deve ser identificado pelos instrumentos de gestão territorial à semelhança de outros, como os recursos e valores naturais (alínea b)), as áreas agrícolas e florestais (alínea c)) ou o sistema urbano (alínea h)). Segundo o este Decreto-Lei (n.º 1 do artigo 14.º), a Estrutura Ecológica corresponde “às áreas, valores e sistemas fundamentais para a proteção e valorização ambiental dos espaços rurais e urbanos, designadamente as áreas de reserva ecológica”.

A Estrutura Ecológica, como referimos, deve ser delimitada nos vários âmbitos de planos que estão previstos na legislação portuguesa, designadamente âmbito nacional, âmbito regional e âmbito municipal (n.º 1 do artigo 2.º do Decreto-Lei 380/99, de 22 de setembro). Assim, o “Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território, os planos regionais, os planos intermunicipais de ordenamento do território e os planos setoriais relevantes definirão os princípios, as diretrizes e as medidas que concretizam as orientações políticas relativas às áreas de proteção e valorização ambiental que garantem a salvaguarda dos ecossistemas e a intensificação dos processos biofísicos” (n.º 2 do artigo 14.º). Por sua vez os “planos

municipais de ordenamento do território estabelecerão, no quadro definido pelos instrumentos de gestão territorial cuja eficácia condicione o respetivo conteúdo, os parâmetros de ocupação e utilização do solo assegurando a compatibilização das funções de proteção, regulação, e enquadramento com os usos produtivos, o recreio e o bem-estar das populações” (n.º 3 do artigo 14.º).

Além disto, os artigos 70.º, 80.º e 88.º do Decreto-Lei 380/99, de 22 de setembro determinam o estabelecimento e definição da Estrutura Ecológica nos Planos Municipais de Ordenamento, Planos Diretores Municipais e Planos de Urbanização. O Plano Diretor Municipal (PDM) é de elaboração obrigatória (n.º 4 do artigo 84.º do Decreto-Lei 380/99 de 22 de setembro) e estabelece o “modelo de organização espacial do território municipal tendo por base a classificação e qualificação do solo” (n.º 3 do artigo 84.º) do município, vinculando direta e imediatamente os particulares (n.º 2 do artigo 3.º). O conteúdo material do PDM deve estabelecer a “definição dos sistemas de proteção dos valores naturais, culturais, agrícolas e florestais, identificando a Estrutura Ecológica Municipal” (alínea c) do artigo 85.º).

O Decreto-Lei 380/99, de 22 de setembro, introduziu uma inovação em relação à legislação já existente, designadamente ao nível dos planos municipais de ordenamento do território, que estabelecem o regime de uso do solo através da sua classificação (n.º1 do artigo 71.º), que determina o destino básico dos terrenos que, segundo a nossa legislação, assenta na distinção entre solo rural e urbano (n.º1 do artigo 72.º). Esta inovação deu-se especificamente ao nível da qualificação do solo urbano – que até então se distinguiu entre solo urbano e solo cuja urbanização era possível programar –, tendo sido introduzida uma nova categoria respeitante aos “solos afetos à estrutura ecológica necessários ao equilíbrio do sistema urbano” (n.º4 do artigo 73.º).

2.2. Análise Crítica do Decreto-Lei 380/99, de 22 de Setembro

Na análise do Decreto-Lei 380/99, de 22 de setembro, no que se refere à Estrutura Ecológica, é importante começar por dizer que no preâmbulo deste Decreto-Lei não é

feita qualquer referência a esta figura. Para Cangueiro (2006), sendo esta uma nova figura, estruturante no processo de planeamento em Portugal, sendo de delimitação obrigatória no âmbito dos vários planos que a legislação prevê, e dado que esta pode constituir-se como uma das três categorias de qualificação de solo urbano (n.º4 do artigo 73.º), deveria ser referida no preâmbulo.

Segundo Cangueiro (2006), a designação de Estrutura Ecológica, apresentada no Decreto-Lei, remete para a “organização de valores em sistemas ou redes, mais ou menos contínuos, e de forma integrada, estabelecendo uma espécie de ordem estruturante num corpo mais vasto” (p. 19), ou seja, a estrutura agrega partes que no seu todo determinam algo mais do que a soma de todas as partes. Contudo, na nossa opinião, o conceito de Estrutura Ecológica tal como enunciado na legislação (Decreto-Lei 380/99, de 22 de setembro) é, desde logo, passível de várias críticas. Trata-se de uma definição, ao mesmo tempo vaga e complexa, pois não expressa de forma clara quais as “áreas, valores e sistemas fundamentais” que devem efetivamente integrar esta Estrutura, dando azo, assim, a diversas interpretações quanto à sua delimitação espacial, funcionalidades e gestão. Esta situação coloca, desde logo, em causa um dos princípios básicos da Estrutura Ecológica – o princípio da continuidade. Dado que, diferentes delimitações, ao nível municipal, designadamente nos PDM de elaboração obrigatória, leva a que não exista uma continuidade desta Estrutura de um município para o outro, perdendo-se assim o *continuum naturale*, tão almejado com esta nova figura legal (Gomes, 2006). Para evitar esta situação, a legislação da Estrutura Ecológica deveria ser acompanhada de um anexo onde estivessem discriminadas quais as áreas que devem ser incluídas, ou seja, quais são as designadas “áreas, valores e sistemas fundamentais para a proteção e valorização ambiental dos espaços rurais e urbanos”, quais os critérios de delimitação, e ainda os usos compatíveis com cada área, como acontece com a nova legislação da REN, designadamente o Anexo I e II do Decreto-Lei 166/2008 de 22 de agosto.

A referência explícita feita às “áreas de reserva ecológica” pode induzir a uma abordagem redutora desta figura tornando-a redundante com a da Reserva Ecológica Nacional (REN), em que a Estrutura Ecológica é composta em exclusivo pela REN, ou noutra situação em que todas as áreas da REN devem ser incluídas nesta Estrutura.

Ora, para além das áreas com elevado valor ecológico abrangidas pela REN, a Estrutura Ecológica deve contemplar, ainda, (i) as outras áreas da Rede Fundamental de Conservação da Natureza (Decreto-Lei 142/2008, de 24 de julho), (ii) as áreas não abrangidas por nenhuma figura de proteção legal, mas que complementam as anteriores do ponto de vista ecológico, e (iii) as áreas de valor cultural e de conexão, pertinentes para a sua coerência espacial e funcional. Cada uma destas áreas assume um papel distinto no âmbito da Estrutura Ecológica, devendo portanto o seu regime jurídico adequar-se ao respetivo grau de relevância ecológica e à diferente necessidade de proteção.

Todavia, subentende-se que o legislador não pretendia criar uma figura legal redundante com a REN, apesar de ser possível encontrar algumas semelhanças teóricas. Ambos os instrumentos legais baseiam-se numa abordagem estrutural e ecossistémica (semelhante ao de paisagem global), e têm patente a ideia de valorização das áreas delimitadas, contudo a REN apresenta um regime muito restritivo – *non aedificandi* - e o facto de ser tutelado pela Administração Central dificulta a gestão destas áreas. Além disto, a inclusão de áreas na REN limita-se às que estão discriminadas no Decreto-Lei, enquanto a Estrutura Ecológica permite a inclusão de qualquer área desde que seja considerada fundamental para a proteção e valorização ambiental. Assim, a Estrutura Ecológica pode assumir um papel muito importante na salvaguarda da dinâmica microclimática, uma vez não existe nenhuma legislação que salguarde diretamente o correto funcionamento desta dinâmica, como existe a RAN para a proteção dos solos. As preocupações com o clima esgotam-se facilmente na qualidade do ar (artigo 8.º da LBA). A desregulação desta função pode acarretar graves problemas ao nível do conforto bioclimático, em particular para as áreas mais urbanizadas, como o aumento da ilha de calor urbano.

Segundo Canguero (2006), ainda no que se refere ao conceito de Estrutura Ecológica apresentado no Decreto- Lei 380/99, de 22 de setembro (n.º 1 do artigo 14.º), é importante referir os conceitos de “proteção” e de “valorização”. Segundo este autor, a “proteção” associa-se preferencialmente às preocupações com a defesa da qualidade ambiental e da conservação da natureza, enquanto a “valorização” se

associa às intenções de potenciação, promoção, reabilitação, recuperação e restauro das componentes ambientais.

Ao nível municipal, a Estrutura Ecológica pode desempenhar um papel muito importante, particularmente nas áreas urbanas, com a introdução de uma nova categoria de solo urbano – “solos afetos à estrutura ecológica”, dado que permite a salvaguarda dos sistemas naturais fundamentais dentro do perímetro urbano, uma vez que aí não existe a obrigação de delimitação da Reserva Agrícola Nacional (RAN), e em alguns casos também a REN não é, ou não era, delimitada. Esta alteração constituiu uma importante mudança de paradigma, contribuindo para diluir a clássica dicotomia entre solo urbano e solo rural inerente ao planeamento modernista e paradoxalmente, ainda, consumada no atual regime jurídico da RAN (Decreto-Lei 73/2009, de 31 de março).

A Estrutura Ecológica permitiu, em certa medida, ultrapassar as limitações que a nível municipal se sentiam no planeamento ambiental, uma vez que muitas vezes este se resumia à delimitação da REN, e ao mesmo tempo, esta nova figura legal permite alguma maleabilidade no tratamento destas áreas (Cangueiro, 2006). Aspeto fundamental, particularmente, para as áreas urbanas onde existe uma grande dinâmica do território. Assim, nas áreas urbanas a Estrutura Ecológica deverá, tal como expresso na lei, salvaguardar os sistemas naturais fundamentais, impedindo deste modo que estes sejam destruídos pela urbanização, e não se resumir apenas às áreas verdes urbanas, dado que muitas destas não cumprem qualquer função ecológica.

3. Estrutura Ecológica e o Ordenamento do Território

O atual modelo de planeamento, assente no zonamento, onde através de linhas rígidas são delimitadas parcelas e identificado o seu uso dominante, apresenta uma inoperabilidade evidente, perante o carácter dinâmico da paisagem e ao ser incapaz de resolver os problemas que a realidade metropolitana tem levantado (Magalhães, 2007). A implementação de um sistema de planeamento mais flexível é fundamental, para fazer face à velocidade e imprevisibilidade das dinâmicas sociais e espaciais, devendo este sistema ser baseado no pressuposto da continuidade dos sistemas e na negação de monousos (designados por dominantes).

A Estrutura Ecológica ao integrar as noções de *continuum naturale* e de aptidão ecológica, largamente difundidas no âmbito do ordenamento do território mas, na prática, muito pouco concretizadas de um modo sistémico e holístico, assume-se como uma alternativa a este modelo de planeamento. Assim, propõe-se uma intervenção na paisagem por sistemas, ou seja, através das suas estruturas, opondo-se à prática geralmente desenvolvida, na qual a ocupação dos espaços se faz através da justaposição progressiva de elementos ou áreas, sem hierarquização e sem atender às preexistências humanas e culturais.

A Estrutura Ecológica encara os princípios de um novo sistema de planeamento, devendo constituir a base da próxima geração de ordenamento do território, uma vez a delimitação da Estrutura Ecológica é base fundamental para assegurar a sustentabilidade ambiental, social e económica, e ao contrário dos modelos convencionais, reconhece as necessidades quer da natureza quer da sociedade (Benedict e McMahon, 2002). Assim, antes de qualquer definição da localização das atividades humanas, o ordenamento do território deve assentar na preservação das estruturas fundamentais da paisagem, assegurando assim o seu correto funcionamento ecológico (Magalhães, 2001). Neste sentido, deve determinar uma diferenciação entre recursos que não deverão ser destruídos, daqueles cuja apropriação não condiciona o funcionamento do território, constituindo um mecanismo de balanço entre os interesses económicos e os ambientais.

Para além disto, a Estrutura Ecológica encara a paisagem como um sistema global, e não numa abordagem dualista como tem sido encarado o território, em que a cidade e o campo têm sido transformados em duas faces opostas e desconhecidas da mesma moeda (Magalhães, 2007). É fundamental eliminar as ruturas entre a cidade e o campo, “sobretudo nas periferias urbanas degradadas e num campo voltado à inutilidade social” (Magalhães, 2007, p. 25). Fornecendo, deste modo, uma visão holística do território, equacionando as ocupações possíveis através da definição de novas paisagens, concebidas de acordo com critérios de sustentabilidade, critérios formais e critérios de utilidade social (Magalhães *et al.*, 2002).

Apesar de tudo o que foi referido, em Portugal tendo por base o Decreto-Lei 380/99, de 22 de setembro, a Estrutura Ecológica ainda não é encarada como uma nova forma de planear e ordenar o território, mas apenas como mais um conjunto de áreas que devem ser salvaguardadas, à semelhança do que acontece com a REN e com a Rede Natura 2000. Não obstante, a legislação deixa, ainda, azo a várias interpretações no que se refere à delimitação da Estrutura Ecológica. Sendo que, para Canguero (2006), a partir do conceito apresentado na legislação a Estrutura Ecológica poderá ser entendida, essencialmente, sobre três perspetivas:

- A Estrutura Ecológica corresponde apenas às áreas de reserva ecológica, designadamente a REN ou outras áreas de reserva a estabelecer;
- A Estrutura Ecológica é constituída pela totalidade das figuras ambientais legais no domínio do ambiente e recursos naturais (REN, RAN, Rede Natura, Áreas protegidas, Domínio Público Hídrico), que constituem a Rede Fundamental de Conservação da Natureza (Decreto-Lei 142/2008, de 24 de julho);
- A Estrutura Ecológica é a “ossatura” de um corpo mais vasto, em que as valias das áreas constituintes determinam a sua importância para a inclusão na Estrutura.

Sendo a última perspetiva a que mais se adequa ao que ao espírito do conceito de Estrutura Ecológica. Assim, ao nível municipal a Estrutura Ecológica deve constituir um instrumento de planeamento ambiental e de ordenamento do território,

salvaguardando os sistemas naturais fundamentais e orientando a ocupação e transformação antrópica do território garantindo a estabilidade ecológica do território.

4. Metodologia Proposta

O conceito de Estrutura Ecológica apresenta diversas definições e é encarado de diferentes formas, dando azo a várias interpretações sobre quais as áreas a incluir nesta Estrutura e quais as funções que deve desempenhar no contexto do ordenamento do território. Esta situação foi, ainda, potenciada pela legislação (Decreto-Lei 380/99, de 22 de setembro), uma vez que esta não definiu de forma rigorosa quais as áreas incluídas e as funções desempenhadas pela Estrutura Ecológica, pelo que, em Portugal surgiu um conjunto diversificado de metodologias ao nível técnico e principalmente ao nível académico. Neste sentido para a elaboração da nossa proposta de metodologia de organização da Estrutura Ecológica Municipal procuramos perceber quais as áreas recorrentemente incluídas e o modelo de organização adotado.

Para Canguero (2006) devem ser integradas na Estrutura Ecológica as áreas que já se encontram salvaguardadas por outros instrumentos legais, em parte ou na sua totalidade, e ainda outras áreas que se revelem fundamentais para a salvaguarda do correto funcionamento ecológico do território. Assim, devem ser incluídas na Estrutura Ecológica as áreas da REN, RAN, Domínio Público Hídrico, áreas da Rede Natura, Áreas Protegidas, e ainda as áreas de reconhecido valor ecológico e ambiental, como áreas já estudadas ou em estudo para classificação, corredores de conectividade, áreas degradadas a recuperar, áreas a estudar com mais pormenor e outras áreas. A delimitação destas áreas permite a identificar os elementos naturais fundamentais, sempre numa perspetiva de *continuun naturale* quer nos espaços rurais quer urbanos.

Tal como Canguero (2006) são vários autores defendem que a Estrutura Ecológica Municipal deve agregar as várias figuras jurídicas de proteção que existem no território. A incorporação da RAN (Decreto-Lei n.º 73/2009, de 31 de março) e da REN (Decreto-Lei n.º 166/2008, de 22 de agosto) encontra-se presente na metodologia utilizada por vários autores, nomeadamente Pontes (1998); Magalhães *et al.* (2002); Cardoso *et al.* (2004); Magalhães (2007); Ferreira (2010); Mendes (2010); e Neto (2010). Para além destas figuras de proteção legais vários autores

referem outras, como a Rede Natura (Neto, 2010) ou a Rede Nacional de Áreas Protegidas (Cardoso *et al.*, 2004).

Na delimitação da Estrutura Ecológica devem também ser integradas as áreas de elevado valor ecológico, e que podem não se encontrar salvaguardadas por nenhuma figura legal, mas que fazem parte da Estrutura Ecológica Fundamental. Neste âmbito estas áreas estão divididas entre os sistemas secos e sistemas húmidos.

Os sistemas secos são constituídos pelos cabeços, representados pelas linhas de fecho e áreas contíguas, com declives entre 0-8% (Magalhães *et al.*, 2002); as áreas de riscos de erosão (solos De e Ee e Ce), com declives superiores a 15% (Pontes, 1998); e solos de elevado valor ecológico, os das classes A, B e Ch. Caso estes solos não estejam integradas na RAN (Decreto-Lei n.º 73/2009, de 31 de março), particularmente nas áreas urbanas, uma vez que nº 1 do artigo 10.º da RAN refere que “não integram a RAN as terras ou solos que integrem o perímetro urbano identificado em plano municipal de ordenamento do território como solo urbanizado, solos cuja urbanização seja possível programar ou solo afeto a estrutura ecológica necessária ao equilíbrio do sistema urbano”. Inclui-se, ainda, neste sistema a vegetação com elevado valor ambiental, vegetação autóctone, áreas de floresta e de mata.

Os sistemas húmidos são compostos pelas linhas de água e áreas adjacentes a linhas de água, que correspondem a áreas de máxima infiltração, e que podem já se encontrar salvaguardadas pela REN. Estas áreas correspondem ao terreno que apresente um declive entre 0 e 6% (Magalhães *et al.*, 2002) ou nas áreas onde o relevo seja muito acidentado um *buffer* de 10 m (Pontes, 1998).

Na delimitação da Estrutura Ecológica devem também ser tidos em consideração os aspetos culturais, que determinam a Estrutura Cultural Municipal. Assim deve ser incluído, o património classificado, ao qual se aplica a legislação em vigor, designadamente o cumprimento do Decreto-Lei 309/2009, de 23 de outubro, cujo n.º 1 do artigo 37.º, que define a zona geral de proteção - “50 m contados dos limites externos do bem imóvel”. Para além do património classificado inclui-se ainda todos

os locais relevantes, como parques urbanos e jardins, hortas urbanas, árvores de arruamento, e corpos de água artificial (Neto, 2010).

Após esta análise, para a delimitação da Estrutura Ecológica, ao nível municipal, partimos do pressuposto metodológico de que esta se deverá organizar em duas componentes: a Estrutura Ecológica Fundamental e a Estrutura Ecológica Complementar (Figura 6). Assim, no primeiro caso encontramos as áreas de elevado valor ecológico, nomeadamente aquelas que já possuem um estatuto legal – Rede Fundamental de Conservação da Natureza, e outras áreas que apesar de não estarem salvaguardadas por nenhuma figura legal são indispensáveis ao correto funcionamento do território. No segundo caso, encontramos as áreas de elevado valor cultural e as áreas de conexão, que são pertinentes para a estruturação espacial da Estrutura Ecológica Fundamental.



Figura 6 – Componentes da Estrutura Ecológica Municipal

De seguida apresentamos a espacialização das componentes da Estrutura Ecológica Municipal proposta para um caso prático, como por exemplo para a área urbana de Guimarães. Assim, na Figura 7 podemos ver na Estrutura Ecológica Fundamental as áreas salvaguardadas por figuras legais, como a RAN e a REN, e outras áreas de elevado valor ecológico, como por exemplo áreas agrícolas onde existem socalcos. A Estrutura Ecológica Complementar é composta pelas áreas de elevado valor cultural

(património classificado ou não) e as áreas de conexão, por exemplo os corredores verdes. Sendo que, a Estrutura Fundamental, tal como o nome indica, tem maior representatividade do que a Complementar.

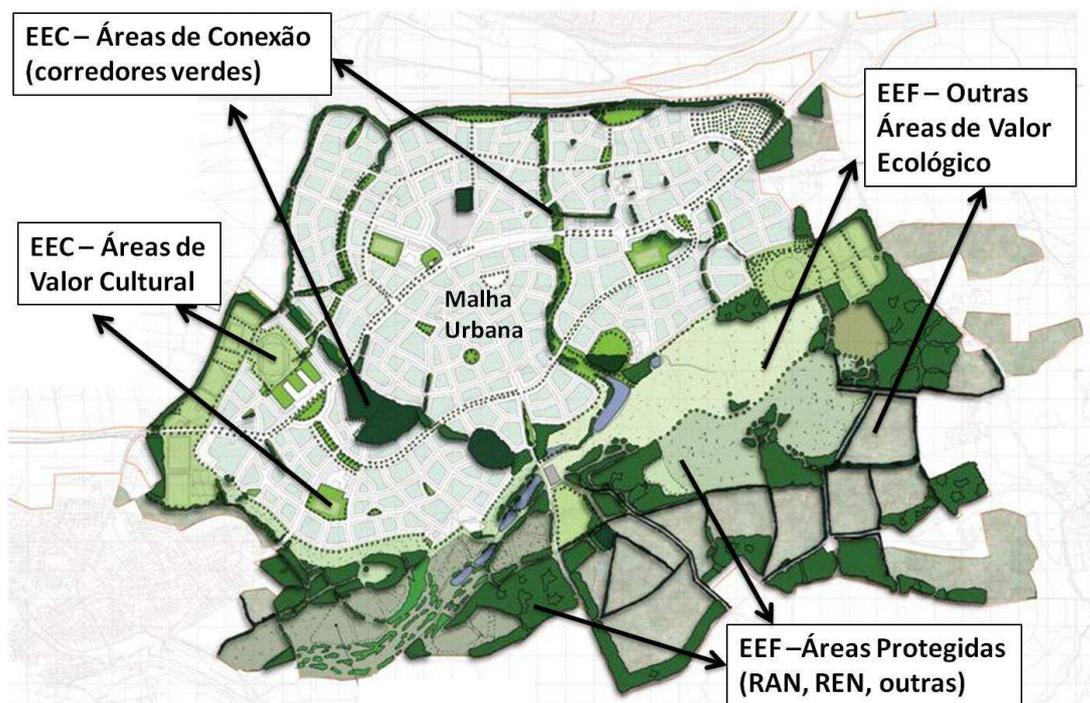


Figura 7 – Espacialização das componentes da Estrutura Ecológica Municipal

No âmbito da metodologia de Estrutura Ecológica Municipal apresentada, para o nosso estudo é a Estrutura Ecológica Fundamental que assume maior importância, uma vez que o ordenamento do território deve assentar, antes de mais, na preservação das estruturas fundamentais da paisagem, assegurando assim o seu correto funcionamento ecológico.

“Para que a humanização coexista em termos sustentáveis com a paisagem que lhe deu origem, é indispensável preservar o funcionamento dos sistemas ecológicos que lhe estão subjacentes, dos quais o Homem depende, quer física, quer psicologicamente”.

Magalhães (2001, p.416)

Cada território é caracterizado por um funcionamento ecológico próprio, pelo que o seu conhecimento é base indispensável para a delimitação da Estrutura Ecológica

Municipal, uma vez que nos permite estabelecer as limitações e potencialidades de cada parcela do território, e fundamentar os usos propostos.

PARTE II - FUNCIONAMENTO ECOLÓGICO DA ÁREA URBANA DE GUIMARÃES

1. Dinâmica Geomorfológica

A área urbana de Guimarães insere-se na unidade morfoestrutural do Maciço Antigo (também designado por Maciço Hespérico, Maciço Ibérico ou Soco Hercínico). Esta é a unidade morfoestrutural mais antiga da Península Ibérica, nela predominam as rochas graníticas e xistosas, embora surjam também quartzitos e outras rochas metamórficas (Lema e Rebelo, 1996). Na área de estudo o substrato rochoso corresponde a um grupo de granitóides - o Granito de Guimarães/Santo Tirso - que é um granito biotítico, porfiróide de grão grosseiro, constituído essencialmente por sílica e alumínio, que representam cerca de 80% do total da composição química.

Para a análise da dinâmica das vertentes em áreas onde dominam os granitóides é fundamental ter em consideração as formações superficiais resultantes da alteração da rocha mãe, ou seja, o estudo dos mantos de alteração (rególito). Com efeito, o facto de estas rochas ser, em geral, pouco suscetível à ocorrência de movimentos de vertentes leva que estes “estejam diretamente dependentes do tipo de formação superficial que exista ao longo das vertentes, não diretamente relacionável com o tipo de litologia que lhe deu origem”, como refere Bateira (2001, p. 431). Assim, de acordo com este autor, para a análise da suscetibilidade geomorfológica nesta área é mais importante o conhecimento da distribuição espacial das formações superficiais do que da litologia, sendo fundamental ter em consideração que a grande variabilidade no grau de alteração dos granitos conduz à formação de mantos de alteração com características diferenciadas, como por exemplo na permeabilidade, entre curtos intervalos de espaço (elevada heterogeneidade espacial).

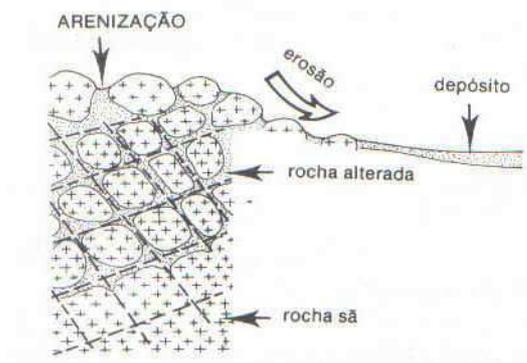
O estudo dos mantos de alteração é importante porque estes apresentam uma forte capacidade de infiltração e de drenagem da água, sendo que quanto mais espesso for maior esta capacidade se apresenta. Em mantos de alteração espessos a saturação ocorre mais dificilmente, pelo que se torna mais difícil atingir um ponto de rutura em que as forças tangenciais superam as forças de atrito (Bateira, 2001), que dão origem a movimentos de vertente. Quando os mantos de alteração têm uma espessura pelicular (inferior a 1 m) e se verifica uma transição brusca entre a rocha sã e o rególito criam-se as condições necessárias para a instabilidade da vertente (Bateira,

2001). Esta situação ocorre porque o manto de alteração permite as condições de infiltração de grandes quantidades de água que a pouca profundidade vai encontrar uma barreira à drenagem. Neste caso, devido ao fluxo interno da água esta vai-se acumulando, saturando o plano de contacto entre a rocha sã e o manto de alteração.

Tendo em conta a composição química e mineralógica, a textura, a porosidade (porosidade de 6,6% e tempo de infiltração de 20 minutos (Soares, 1992 *apud* Bateira, 2001)) e a densa fracturação dos granitóides, o granito de Guimarães reúne as condições necessárias para a formação de espessos mantos de alteração e o desenvolvimento de importantes processos erosivos (Bateira, 2001).

1.1. Caracterização dos Mantos de Alteração

À latitude a que se encontra a nossa área de estudo encontramos um clima temperado, pelo que dos minerais que constituem o granito de Guimarães, apenas a plagioclase e a biotite são largamente afetadas pelos processos de meteorização bioquímica (decomposição); outros componentes desta rocha, como o quartzo e o feldspato, são pouco afetados pela alteração, no entanto, isto é suficiente para que o granito se desagregue, formando um manto detrítico de textura grosseira (Brum Ferreira, 1979). Assim, no rególito encontramos grãos de quartzo e feldspato não alterados que são envolvidos por argila, embora pouco abundante (Figura 8).



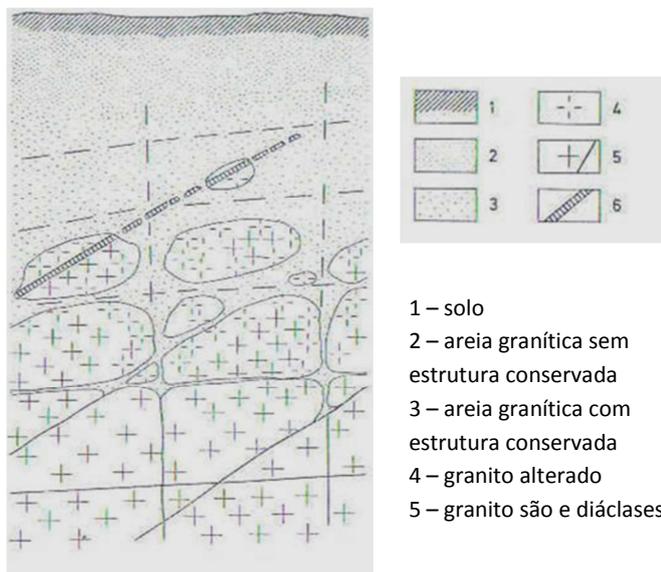
(Fonte: Dercourt e Paquet, 1986)

Figura 8 – Esquema de arenização do granito

O rególito (material resultante da alteração do granito) devido à sua textura apresenta uma elevada permeabilidade, permitindo que a água circule e que a alteração possa progredir em profundidade (Brum Ferreira, 2005). Deste modo a elevada permeabilidade das areias graníticas favorece a alteração da rocha-mãe, uma vez que mesmo durante a estação seca, a frente de alteração mantém-se húmida, permitindo uma ação combinada do calor e da humidade em profundidade, verificando-se uma alteração contínua do substrato rochoso (Brum Ferreira, 1979), que vai progredindo cada vez de forma mais intensa e profunda (Bateira e Soares, 1997), levando ao rebaixamento do substrato rochoso. Por outro lado, nas áreas com declive acentuado, afloramentos de rocha sã e ausência de vegetação, a água escorre superficialmente, pelo que a alteração da rocha em profundidade é quase nula (Brum Ferreira, 1979).

Segundo Godard (1977 *apud* Brum Ferreira, 1979), o perfil típico do manto de alteração do granito nas regiões temperadas pode esquematizar-se da seguinte forma (Figura 9): “ a seguir à rocha sã encontra-se um horizonte com blocos individualizados e alterados superficialmente, separados por estreitas bandas de areia granítica que se desenvolve ao longo das diáclases; segue-se um horizonte em que os blocos graníticos constituem “bolas” ou núcleos, envolvidos por areia granítica já muito abundante; depois, um horizonte de areia granítica, com estrutura bem conservada, individualizando-se a rede de diáclases e os filões de rocha mais dura (quartzo, aplito, etc.); segue-se um horizonte de areia granítica sem estrutura conservada; e, finalmente, o solo” (p. 225). Todavia, não é muito comum encontrar

estas transições bem demarcadas, podendo existir uma passagem mais brusca entre a rocha sã e a areia granítica.



(Fonte: Godard, 1977 *apud* Brum Ferreira, 1979)

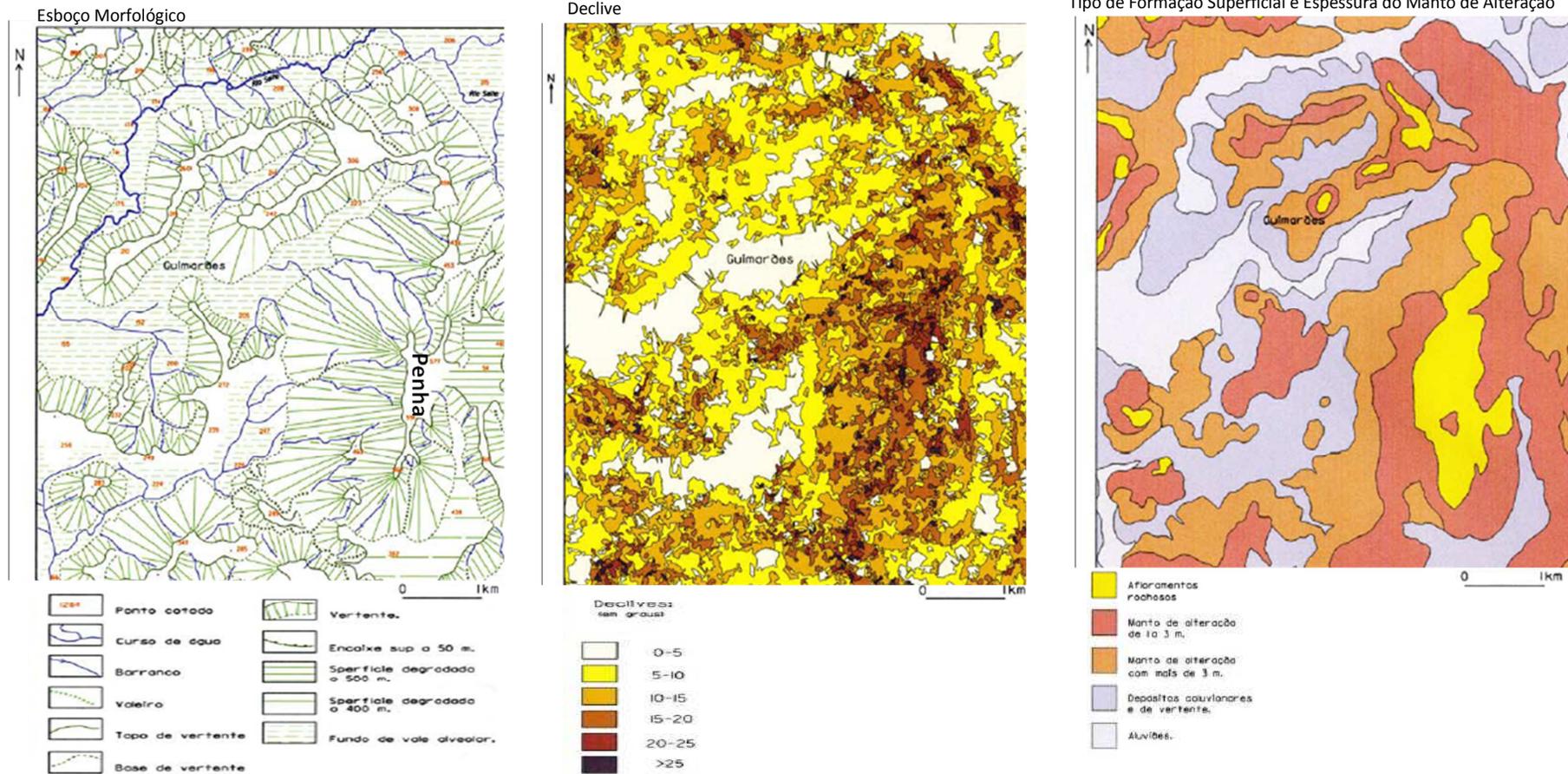
Figura 9 – Estrutura completa dos perfis de alteração dos granitos nas regiões temperadas

Uma das consequências diretas da alteração dos granitos é a diminuição progressiva da dimensão dos grãos, tendendo a transformar-se em argilas, particularmente no caso da plagioclase e da biotite. A percentagem de matéria fina pode constituir um indicador da intensidade de alteração dos granitos, embora para tal também muito contribua a granulometria inicial dos minerais (Brum Ferreira, 1979). Na nossa área de estudo, o granito de Guimarães, apresenta um grão grosseiro, pelo que também a textura do manto de alteração se caracteriza por ser grosseira, uma vez que ocorre a lavagem dos materiais finos que resultam da alteração. Assim, “mesmo para os granitóides que apresentam uma grande quantidade de feldspato e de grandes dimensões, o processo de lixiviação dos mantos de alteração das regiões temperadas provoca uma diminuição drástica da percentagem de argila que não ultrapassa os 10%” (Bateira, 2001, p. 381).

Os mantos de alteração apresentam uma grande variabilidade quer na intensidade de alteração, quer na espessura que atingem, pelo que numa curta distância é possível encontrar granito são, granito pouco alterado e areias graníticas com

espessura de vários metros. A cartografia rigorosa dos mantos de alteração resulta, assim, num processo difícil, no entanto, Bateira (2001) procurou delimitar os mantos de alteração, tendo em conta a sua espessura, para a área de Guimarães correspondente à Folha 85 da Carta Militar (escala original 1/25000)¹. Neste estudo o autor identificou os seguintes tipos de formações superficiais: afloramentos rochosos com manto de alteração pelicular (inferior a 1 m); manto de alteração mediamente profundo (1 a 3 m); manto de alteração profundo (superior a 3 m); depósito de vertente e/ou coluvial; e, aluviões (Figura 10). Segue-se a respetiva caracterização, de acordo com a obra citada.

¹ Este estudo elaborado por Bateira (2001) abrange uma parte significativa da nossa área de estudo, pelo que este estudo serviu como referência essencial para a caracterização dos mantos de alteração desta área.



(Fonte: Adaptado de Bateira, 2001)

Figura 10 – Relação do tipo de formação superficial e da espessura do manto de alteração com o declive e a posição topográfica

a) Afloramentos rochosos com manto de alteração pelicular (inferior a 1 m)

As áreas com afloramentos rochosos foram identificadas, por Bateira (2001), diretamente a partir de fotografia aérea, correspondendo às áreas onde é possível observar a rocha-mãe (o granito de Guimarães) sã ou pouco alterada à superfície. Entre estes afloramentos é possível encontrar áreas com manto de alteração, embora com uma espessura inferior a 1 m e uma intensidade de alteração reduzida.

Os afloramentos rochosos que dominam nesta área são constituídos por caos de blocos ou mesmo por afloramentos compactos, que se encontram pouco fraturados, podendo aparecer entre estes afloramentos um manto de alteração pouco espesso, que contém no interior bolas graníticas. Nestas áreas, como os materiais são muito compactos existe uma grande resistência aos processos de infiltração e circulação interna da água.

Estes afloramentos rochosos com manto de alteração pelicular surgem no topo das vertentes e ao longo dos interflúvios, uma vez que estas são áreas muito expostas à erosão, particularmente a erosão hídrica, contribuindo para esta acentuada erosão a existência de uma vegetação espaçada ou mesmo a ausência desta. Na nossa área de estudo destaca-se o interflúvio da Penha, com uma elevada extensão de afloramentos rochosos.

b) Manto de alteração mediamente profundo (1 a 3 m)

De acordo com Bateira (2001), estas áreas englobam mantos de alteração com espessura variável, predominam os mantos de alteração que apresentam uma espessura entre 1 e 3 m, sendo possível encontrar bolas graníticas no seu interior. Para o autor, este “facto resulta de todo o processo de alteração dos granitóides que progride das fraturas e falhas em direção ao núcleo do bloco de rocha sã” (p. 385). Assim, após uma alteração mais em torno da bola granítica esta fica isolada no meio de areias, tal como já foi descrito atrás.

c) Manto de alteração profundo (superior a 3 m)

Os mantos de alteração com uma espessura superior a 3 m encontram-se em áreas próximas da base das vertentes, no sopé. O manto de alteração é essencialmente

formado por areias graníticas, sendo raro encontrar bolas graníticas no seu interior. Nestas áreas a infiltração é o processo dominante. A boa conservação destes mantos de alteração ocorre porque os processos erosivos por escorrência são diminutos, particularmente na metade inferior das vertentes, onde os declives são mais reduzidos. Com efeito, “a diferenciação entre os mantos de alteração de média profundidade e profundo está diretamente relacionada com a exposição aos processos erosivos” (Bateira, 2001, p. 140). Assim, de acordo com o mesmo autor, nos setores da vertente em que os declives são superiores a 15° (26,8%) a ação erosiva é mais importante, pelo que a conservação de mantos de alteração relativamente espessos se torna mais difícil.

d) Depósito de vertente e/ou coluvial

Segundo Bateira (2001), nas regiões graníticas os depósitos de vertente e/ou coluviais encontram-se muitos dispersos. No entanto, na nossa área de estudo é possível verificar na base das vertentes, junto ao fundo do vale, a presença deste tipo de depósito, que resulta da erosão a montante dos materiais mais finos do manto de alteração. Estes depósitos tornam-se cada vez mais espessos à medida que se aproxima a base da vertente, onde encontramos os declives mais suaves. Nestas áreas, os depósitos têm uma forte componente argilosa, pelo que são locais muito férteis para a agricultura.

Para Bateira (2001), nos vales mais amplos é possível reconhecer os materiais que provêm da vertente e os materiais que resultam do transporte fluvial, mas nos vales estreitos é impossível distinguir entre estes dois tipos de sedimentos, dado que, por vezes, os sedimentos resultantes da erosão das vertentes a montante são transportados pelo curso de água. Esta situação leva a que seja difícil distinguir os materiais que resultam da erosão das vertentes dos que resultam da ação fluvial. Assim, segundo Bateira (2001, p. 144) “morfologicamente é difícil fazer a distinção e marcar a linha de fronteira entre as duas formações”, pelo que estas surgem agrupadas. Este material indiferenciado mascara a transição entre as vertentes e as planícies aluviais.

e) Aluviões (fundos aluviais ou coluviais)

Os fundos aluviais ou coluviais são fáceis de identificar no terreno devido à sua posição topográfica. Estes depósitos correspondem aos sedimentos transportados pelos cursos de água e depositados nos setores do fundo do vale mais deprimidos e aplanados. Estes depósitos são compostos, essencialmente, por argila devido ao efeito de seleção provocado pelo transporte fluvial.

Os depósitos fluviais são recentes e colmatam o fundo do vale, encontrando-se para além da influência das deposições que resultam diretamente da evolução das vertentes. No entanto, para Bateira (2001), em alguns casos é difícil estabelecer a linha de separação entre os depósitos aluvionares e os coluvionares, tendo por isso utilizado como referência o declive. Assim, os depósitos aluvionares encontram-se em áreas onde os declives apresentam valores próximos do zero.

Nas áreas de aluvião, como estamos perante declives muito reduzidos, dominam os processos de infiltração, permitindo a recarga dos aquíferos. No entanto, devido à proximidade dos cursos de água, o nível freático encontra-se muito próximo da superfície, pelo que é frequente a saturação dos solos, devido a uma drenagem pobre ou muito pobre. O rio Selho tem um vale muito amplo onde é extensa a deposição destes materiais.

De um modo geral, na nossa área de estudo, os mantos de alteração encontram-se bem conservados na parte inferior das vertentes, diminuindo progressivamente a sua espessura à medida que nos aproximamos do topo da vertente, como se observa na Figura 11.

1.2. Caracterização da Suscetibilidade a Movimentos de Vertente

Para a ocorrência de movimentos de vertente é fundamental ter em atenção o declive da vertente, uma vez que, segundo Bateira (2001), este é considerado um dos fatores mais importantes para o desenvolvimento destes movimentos. Em áreas onde predominam os granitóides, com mantos de alteração de textura grosseira, os declives necessários ao desenvolvimento de movimentos de vertente, com

características predominantemente naturais, são elevados. Dado que, os mantos de alteração espessos e de textura grosseira (areias) permitem a circulação da água no seu interior, o que retarda o efeito da saturação, e portanto não promove a instabilidade da vertente (Bateira e Soares, 1997). Assim, segundo Bateira (2001) os movimentos de vertente na nossa área de estudo ocorrem, essencialmente, a partir de um declive superior a 25° (46,6%), embora possam ocorrer com declives inferiores, particularmente, quando ocorra intervenção humana.

As características morfológicas das vertentes também são pertinentes para este estudo, particularmente porque estas podem ser determinantes na definição do ponto de arranque destes movimentos. Neste âmbito existem algumas áreas que para Bateira (2001) é fundamental identificar:

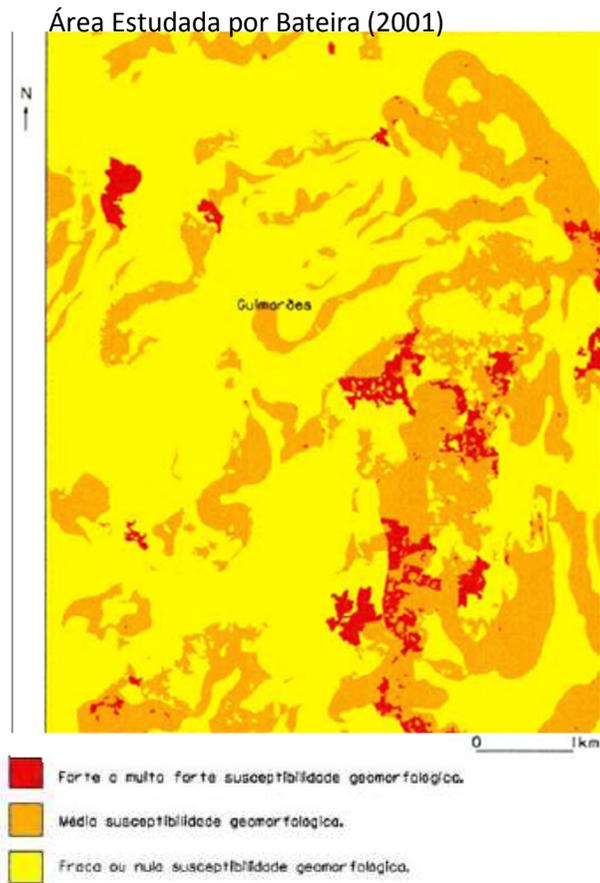
- a) Pequenos entalhes da rede hidrográfica em vertentes de forte declive, uma vez que nestes existe a convergência da escorrência e do escoamento subsuperficial e a acumulação da água, atingindo-se facilmente a saturação nestas áreas. Os barrancos são as áreas onde existe uma maior probabilidade de ocorrência de movimentos de vertente.
- b) Áreas de concavidades, localizadas na parte superior da vertente, uma vez que também nestes locais há a convergência da escorrência e do escoamento subsuperficial, logo também facilmente saturáveis.
- c) Áreas onde ocorrem ruturas de declive a meia vertente, uma vez que estas ruturas originam declives mais suaves a montante do que no setor a jusante. A infiltração a montante é abundante, levando à saturação dos materiais, no entanto, como a jusante o declive é mais abrupto, as forças tangenciais sobrepõem-se às forças de atrito, sendo esta situação propícia à ocorrência de movimentos de vertente.

Bateira (2001) no seu estudo sobre a suscetibilidade² geomorfológica das vertentes propôs uma classificação em três grupos distintos, de acordo com o grau de

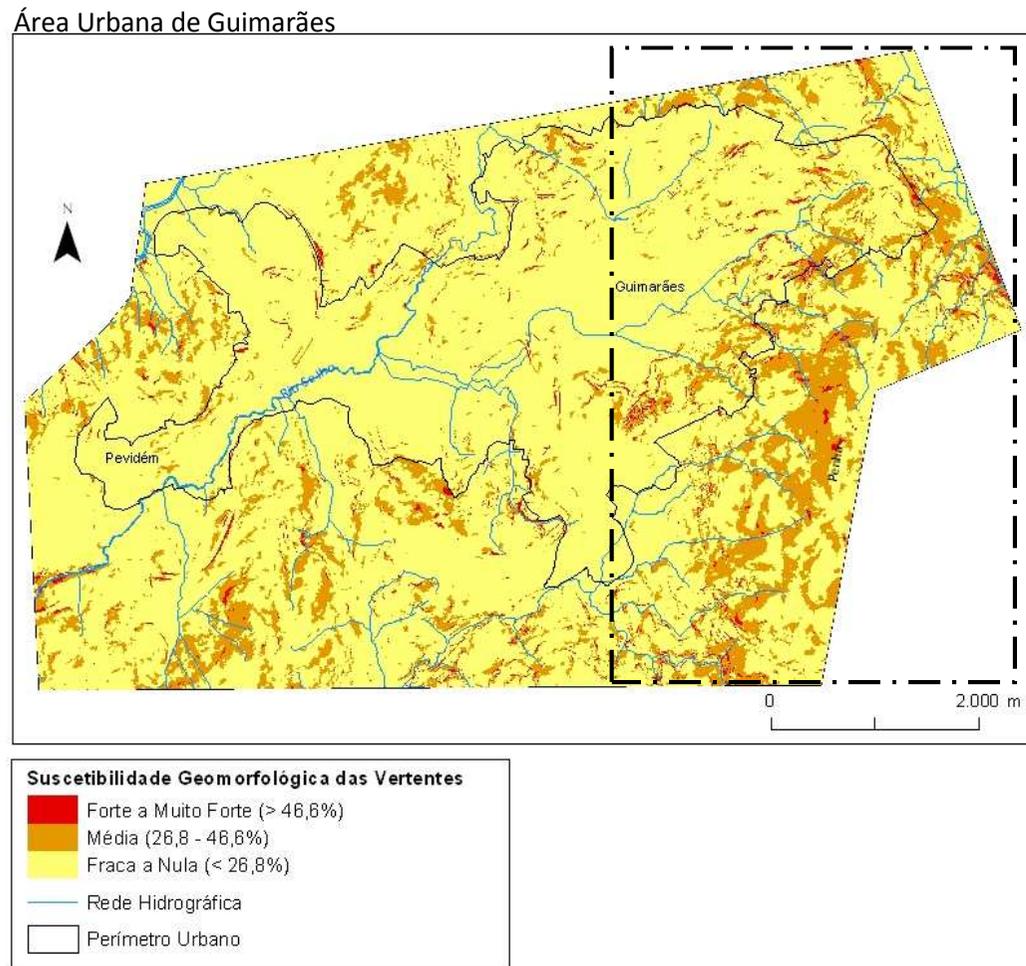
² Segundo a Autoridade Nacional de Proteção Civil (2009, p. 21), a suscetibilidade corresponde à “incidência espacial do perigo. Representa a propensão para uma área ser afetada por um determinado perigo, em tempo indeterminado, sendo avaliada

suscetibilidade, variando este de “forte a muito forte suscetibilidade”, “média suscetibilidade” até “fraca ou nula suscetibilidade” (Figura 12). Assim, com base na correlação dos declives com a suscetibilidade geomorfológica, proposta por Bateira (2001), procuramos extrapolar a suscetibilidade das vertentes para toda a nossa área de estudo (Figura 11). A escolha do declive, para a definição da suscetibilidade geomorfológica, deveu-se ao facto de este ser o fator determinante na ocorrência destes movimentos (Bateira, 2001).

através dos fatores de predisposição para a ocorrência dos processos ou ações, não contemplando o seu período de retorno ou a probabilidade de ocorrência.”



(Fonte: Adaptado de Bateira, 2001)



(Fonte dos dados: CMG)

Figura 11 – Suscetibilidade geomorfológica das vertentes, proposta por Bateira (2001) e extrapolação para a área urbana de Guimarães

As vertentes (ou setores de vertente) com forte a muito forte suscetibilidade geomorfológica correspondem às seguintes (Bateira, 2001, p. 390), no contexto da área de estudo:

- Presença de mantos de alteração com espessura superior a 3 m;
- Vertentes com declives fortes (superiores a 250 (46,6%));
- Presença de entalhes de vertente (do tipo barranco);
- Depósitos de vertente com importante componente argilosa;
- Presença de patamares antrópicos (rutura de declive), facilitando a infiltração.

A conjugação destes fatores é rara, uma vez que nas áreas com um declive elevado (superior a 46,6%) é difícil encontrar mantos de alteração bem conservados. Para além desta conjugação de fatores que determinam uma suscetibilidade a movimentos de vertente “forte a muito forte”, para Bateira (2001, p. 393) existe outra conjugação de fatores, que se apresenta de seguida:

- Mantos de alteração com espessura de 1 a 3 m;
- Vertentes com declives fortes (superiores a 250 (46,6%));
- Presença de entalhes de vertente;
- Depósitos de vertente com importante componente argilosa, sobretudo colmatando o fundo de um entalhe de vertente;
- Presença de patamares antrópicos, facilitando a infiltração.

Esta conjugação de fatores contrário da anterior já se verifica mais frequentemente no terreno, refere Bateira (2001).

A principal diferença das áreas de “forte a muito forte suscetibilidade” para as áreas de “média suscetibilidade” consiste no declive da vertente, sendo no segundo caso menor. As vertentes com menor declive apresentam uma maior estabilidade, contudo quando se conjugam outros fatores existe ainda a possibilidade de ocorrência de movimentos de vertente, que pode ser agravada pelas ações antrópicas.

As vertentes (ou setores de vertente) com média suscetibilidade geomorfológica correspondem às seguintes (Bateira, 2001, p. 396), na nossa área de estudo:

- Mantos de alteração de 1 a 3 m e/ou superior a 3 m;
- Declives entre os 150 (26,8%) e os 250 (46,6%);
- Presença de entalhes de vertente;
- Presença de depósitos argilosos, em especial quando estão a colmatar entalhes de vertente;
- Presença de patamares antrópicos, facilitando a infiltração.

As vertentes (ou setores de vertente) com fraca ou nula suscetibilidade geomorfológica correspondem àquelas que não serão afetadas por movimentos de vertente. Estas apresentam declives fracos e não constituem um local de arranque, transporte ou deposição de materiais, como é o caso de algumas áreas com declive inferior a 15⁰ (26,8%), mas que não são áreas de convergência da escorrência e do escoamento subsuperficial, por isso dificilmente sofrerão processos de saturação. Estas áreas correspondem também a afloramentos rochosos compactos, que não são propícios quer à ocorrência de movimentos de massa, quer individuais. No fundo, estas áreas definem-se por exclusão como sendo aquelas que não se enquadram em nenhuma das categorias anteriores.

Para além dos fatores naturais na análise da suscetibilidade geomorfológica é imprescindível ter em consideração as modificações introduzidas pela intervenção humana, uma vez que esta intervenção pode provocar um agravamento das condições para a ocorrência de movimentos de vertente. Existem várias intervenções humanas que contribuem para a alteração da estabilidade das vertentes e que potenciam a ocorrência de movimentos de vertente. Segundo Bateira (2001), estas intervenções podem ser:

- a) Estruturas de carga, que correspondem a um conjunto de elementos que provocam um aumento do peso sobre os materiais que constituem a vertente (como um poço ou uma via de comunicação).
- b) Áreas de descompressão, decorrentes da abertura de trincheiras ou escavações, que levam à perda de coerência da vertente. “Quanto mais próximo da base da vertente e quanto maior a intervenção, tanto maior será o agravamento promovido na dinâmica da vertente” (Bateira, 2001, p. 417).

- c) Desflorestação, que pode provocar a perda de coerência dos materiais superficiais (solo), uma vez que as raízes das árvores funcionam como elemento agregador. Além disto, a ausência de vegetação promove o aumento da escorrência e a sua concentração.
- d) Concentração artificial da drenagem, que pode ocorrer por meio de diversas situações, como a construção de vias de comunicação, urbanizações, desvios de drenagens ou canalizações mal dimensionadas. A concentração da drenagem promove a instabilidade das vertentes, aumentando em consequência a suscetibilidade desta a movimentos de vertente.
- e) O abandono ou falta manutenção das estruturas de proteção dos solos ou dos mantos de alteração, como os muros dos patamares agrícolas (socalcos). Os socalcos criaram áreas planas, que promovem o aumento da infiltração, mas quando são utilizados para a agricultura a sua drenagem durante a estação húmida está assegurada, assim como os taludes que a delimitam, evitando a saturação dos materiais. No entanto, com abandono destas estruturas a drenagem torna-se deficiente, pelo que com a elevada infiltração rapidamente ocorre a saturação dos materiais (Bateira, 2001). Assim, a criação dos socalcos para além alterar a morfologia da vertente, altera também a relação entre as forças tangenciais e as forças de atrito ao longo dos taludes que delimitam estes patamares (Bateira e Abreu, 2003).

De um modo geral, a intervenção humana produz um agravamento da suscetibilidade geomorfológica. Neste sentido as vertentes (ou setores de vertente) que apresentem um grau de suscetibilidade médio a movimentos de vertente devem constituir áreas com condicionantes à intervenção humana, de modo a evitar o agravamento da sua suscetibilidade. As áreas de forte a muito forte suscetibilidade devem ser interditas à atividade humana.

2. Dinâmica Pedológica

A maior parte dos solos da área de estudo formaram-se a partir de materiais resultantes da alteração e da desagregação do substrato rochoso - granito de Guimarães/Santo Tirso - por ação dos agentes de meteorização. Estas rochas em alguns casos encontram-se alteradas até grandes profundidades, dando origem numa primeira fase a materiais grosseiros (saibrentos³ e cascalhentos⁴). As características do solo e o grau de desenvolvimento da pedogénese dependem da interação de vários fatores, como o clima, organismos, rocha-mãe, relevo e tempo, somando-se muitas vezes a ação do homem (Costa, 1985).

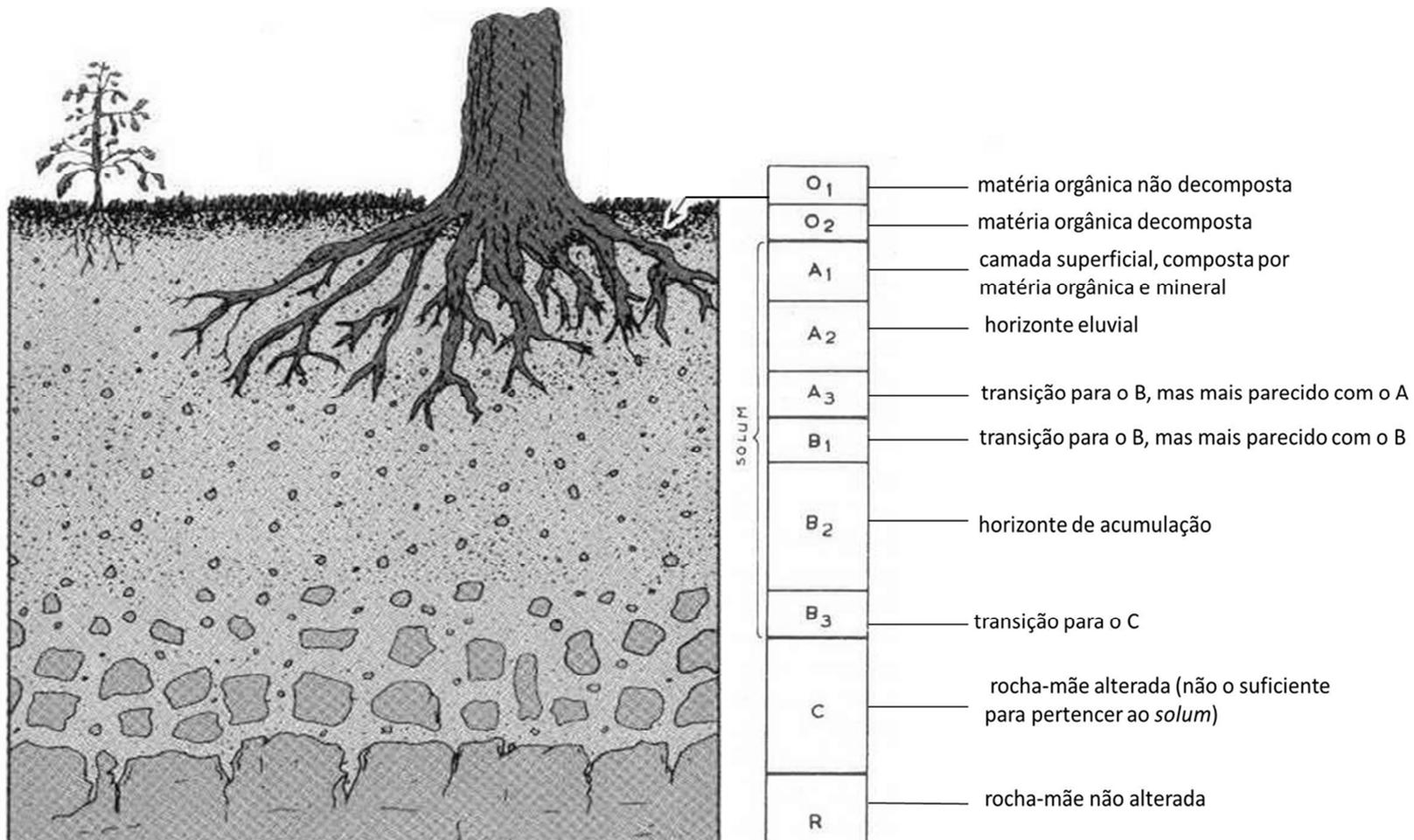
Para a formação do solo o clima tem um papel essencial na alteração e desagregação do substrato rochoso, e também na sua erosão. O relevo, também, apresenta um papel determinante na formação do solo, destacando-se três situações: áreas com um predomínio de fenómenos erosivos (setores de vertentes mais declivosos e/ou convexos), apresentando solos pouco evoluídos e delgados; superfícies onde predomina a acumulação ou deposição (sopé das vertentes e/ou superfícies côncavas), sendo solos pouco evoluídos mas espessos; e áreas onde se verifica um equilíbrio entre a erosão e a deposição (fundo de vale e outras áreas aplanadas), apresentando solos evoluídos.

A vegetação natural permite a acumulação de material orgânico e funciona como uma barreira aos agentes erosivos. A vegetação arbustiva como tem um grande desenvolvimento radicular e produz uma grande quantidade de detritos orgânicos, protege o solo do impacto das gotas de chuva, reduzindo a velocidade da escorrência e a quantidade de materiais por ela transportados. No entanto, a vegetação natural foi sendo sucessivamente eliminada pelo Homem, que desde cedo procurou adaptar o solo às suas necessidades.

³ Elementos grosseiros com 5 a 2 mm de diâmetro, segundo Costa (1985).

⁴ Elementos grosseiros com 20 a 5 mm de diâmetro, segundo Costa (1985).

Quando se efetua um corte vertical no solo verifica-se, em geral, uma variação mais ou menos acentuada das características com a profundidade, designadamente a cor, a composição e as propriedades físicas (Montgomery, 1997). Estas secções com diferentes características denominam-se por horizontes do solo, sendo o número de horizontes reconhecíveis em cada solo muito variável. Os horizontes apresentam-se, geralmente, irregulares mas sensivelmente paralelos à superfície do terreno. A diferenciação dos horizontes ocorre essencialmente como resultado de fenómenos de alteração e de migração de materiais (Costa, 1985). A Figura 12 ilustra um perfil genérico do solo, com os horizontes A, B, C, e rocha-mãe não alterada a partir da qual se desenvolve o solo (R). O horizonte A é uma zona de lixiviação, o B é uma zona de acumulação (dos materiais lixiviados), e o C corresponde ao rególito ou manto de alteração. Os três horizontes (A, B e C) podem, por sua vez, ser desagregados em sub-horizontes, no entanto, esta situação é teórica, uma vez que é muito improvável encontrar um solo que contenha todos estes sub-horizontes. De seguida, passamos à caracterização dos diferentes horizontes do solo.



(Fonte: Adaptado de Montgomery, 1997 e Costa, 1985)

Figura 12 – Perfil genérico do solo

Nos horizontes O_1 e O_2 domina a matéria orgânica, estes encontram-se particularmente desenvolvidos em solos florestais, podendo também ser designados por expressões como folhada (manta morta) e camada húmifera (húmus), respetivamente. O horizonte O_1 é o mais superficial, onde a ainda se mantém o aspeto original da maior parte dos resíduos vegetais, como folhas ou ramos. No horizonte O_2 a matéria orgânica já perdeu o seu aspeto original (Costa, 1985). Na maior parte dos solos esta primeira camada composta exclusivamente por matéria orgânica não existe ou é muito pelicular, encontrando-se incluída no horizonte A.

O horizonte A (A_1 , A_2 e A_3) é o horizonte mais superficial do solo, composto pelo material mais alterado, e onde existe a maior acumulação de matéria orgânica. Sendo neste horizonte, particularmente no A_1 , onde se verifica a máxima atividade biológica e a maior exposição aos processos do clima, plantas e animais. O horizonte A_1 (o mais superficial) é composto por quantidade elevadas de matéria orgânica misturadas com matéria mineral, apresentando uma cor escura (resultado da elevada concentração de matéria orgânica). Segundo Costa (1985) este horizonte pode ou não sofrer perda de constituintes, que são transportados para horizontes inferiores pela água gravitacional, processo designado por eluviação ou lixiviação. O horizonte A_2 apresenta uma cor mais clara do que o anterior (devido à menor presença de matéria orgânica), sendo caracterizado pela eluviação da argila, do ferro e do alumínio, que se vão acumular no horizonte B. O horizonte A_3 corresponde à transição para o horizonte seguinte, o B. A acumulação de matéria orgânica insaturada que dá origem ao horizonte A, úmbrico, acentua-se com o aumento da precipitação e diminuição da temperatura, em correlação com a altitude (Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho, 1995).

O horizonte B forma-se sob o horizonte A, e é caracterizado pela acumulação dos minerais resultantes da eluviação nos horizontes superiores. Os horizontes B_1 e B_3 apresentam características de transição para a parte superior e inferior do perfil, respetivamente (Costa, 1985). A formação do horizonte B, câmbico (resultado da alteração da rocha *in loco*), acentua-se com o aumento da temperatura média do ar e

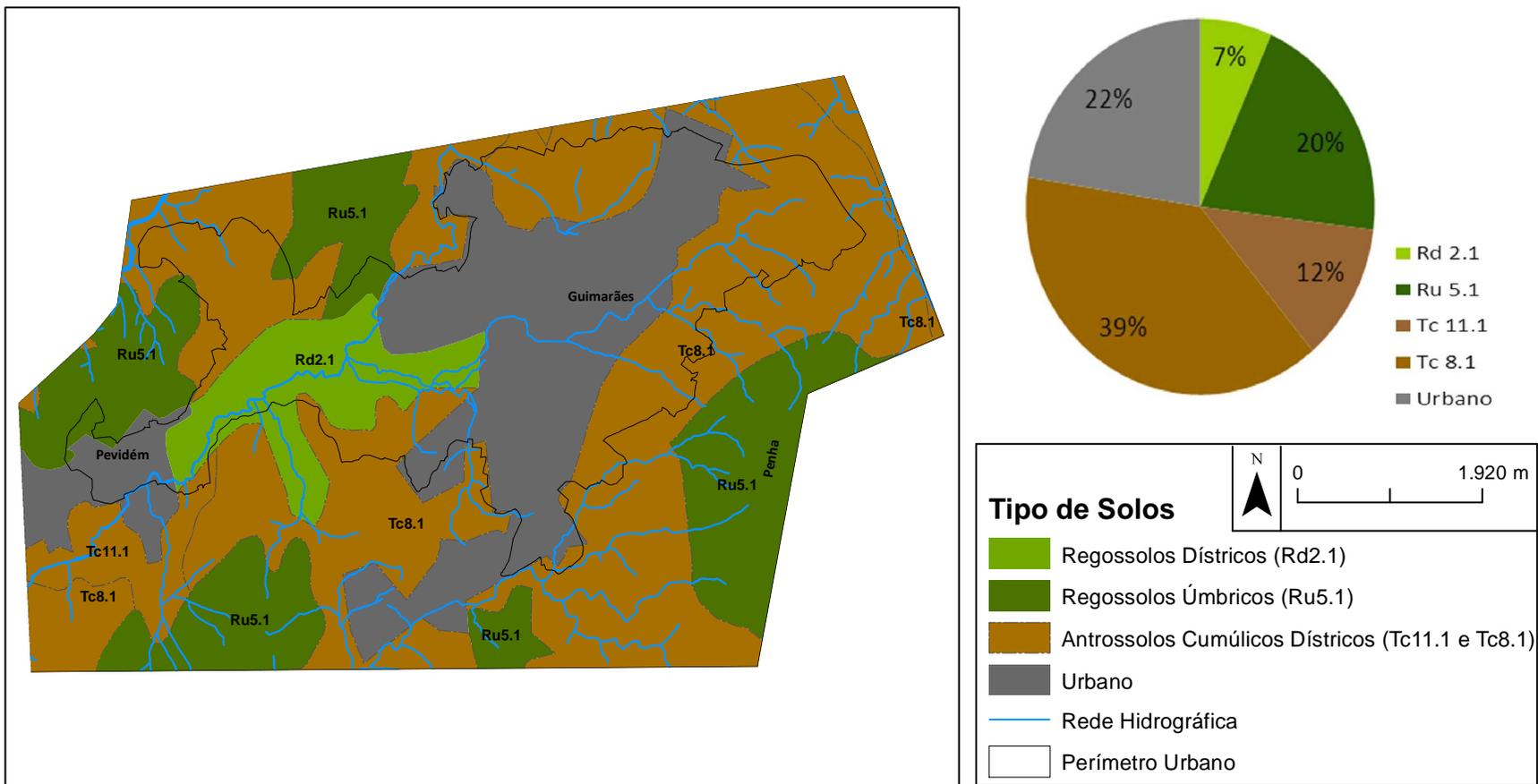
do solo e a redução da precipitação, que ocorre com a diminuição da altitude. Este horizonte aumenta com a diminuição do declive, uma vez que se verifica uma menor ação dos agentes erosivos (Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho, 1995).

Os horizontes A e B formam o que se designa por *solum* ou solo verdadeiro. Nesta categoria são ainda incluídos os horizontes constituídos por matéria orgânica (O₁ e O₂).

2.1. Caracterização dos Solos

A análise dos solos da área de estudo foi efetuada com base nos dados cedidos pelo Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território (Direção Regional de Agricultura e Pescas do Norte), referentes ao concelho de Guimarães, que se enquadra na Região de Entre-Douro e Minho. Estes dados foram espacializados em mapas, através do programa ArcGIS (ArcMap), e a memória descritiva (Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho, 1995) que acompanha estes dados permitiu uma análise detalhada da dinâmica pedológica.

Na área urbana de Guimarães encontramos dois tipos de solos, os antrossolos (51% da área) e os regossolos (27%), designadamente regossolos úmbricos e regossolos dístricos (Figura 13). Para além destes, encontramos outras duas manchas de solo com a designação de “urbano” (22% da área). A mancha urbana de maior dimensão corresponde ao núcleo urbano central da cidade de Guimarães e a mancha mais reduzida corresponde a área urbana de Pevidém. Para estas áreas urbanas não existe uma caracterização do solo pela Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho (1995), facto que se deverá ao elevado grau de artificialização e impermeabilização dos solos urbanos, que perderam a maior parte das suas características naturais.

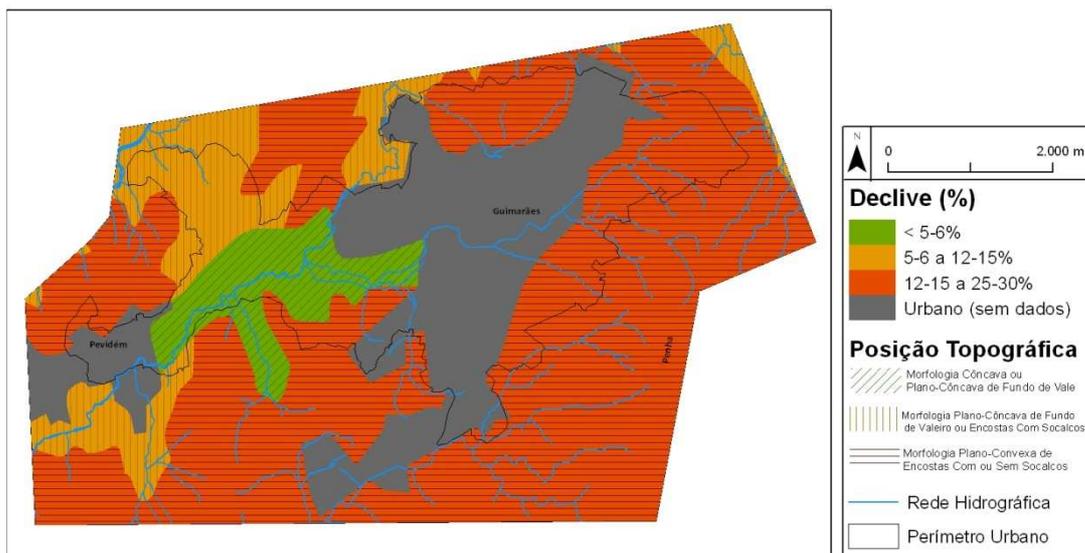


(Fonte dos dados: DRAPN e CMG)

Figura 13 – Tipo e distribuição dos solos na área urbana de Guimarães

Na análise dos solos, a Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho (1995) definiu várias unidades fisiográficas, com base nas características do clima, litologia, relevo, vegetação natural e uso da terra (agrícola, florestal ou inculto). No que se refere às características topográficas, na nossa área de estudo, encontramos três situações, representadas pela letra “c”, “s” e “o” (Figura 14):

- “c” - Corresponde a cabeceiras de vales, fundos de vale secundários e bases de vertente, definindo situações côncavas ou plano-côncavas, onde dominam as formações coluvionares e englobando por vezes pequenas áreas de aluviões. Nestas áreas os declives atingem normalmente os 5-6%, podendo ir até aos 8%.
- “s” – Corresponde a um relevo ondulado, com predomínio de formas plano-côncavas ou planas, com declives, geralmente, inferiores a 15%. Estas áreas incluem, frequentemente, situações de base de vertente ou de fundos de pequenos vales com formações coluvionares, embora não dominantes. O terraceamento (socalcos) é frequente, abrangendo a maior parte das áreas cultivadas.
- “o” - Corresponde a superfícies de relevo ondulado a muito ondulado de vertentes com situações planas ou plano-convexas, com declives entre os 15 e os 25-30%. Em áreas graníticas são frequentes os afloramentos rochosos, sobretudo em cabeços e em formas convexas. As áreas cultivadas encontram-se terraceadas, com socalcos de largura variável em função do declive das encostas e da altura dos muros de suporte, apresentando-se no geral estreitos.



(Fonte dos dados: DRAPN e CMG)

Figura 14 – Declive e posição topográfica dos solos na área urbana de Guimarães

Como podemos observar pela confrontação da Figura 13 e 14, os antrossolos cumúlicos dístricos, classificados como Tc8.1, e os regossolos úmbricos (Ru5.1) encontram-se nas áreas de morfologia plano-convexa, com declive entre 12-15 e os 25-30% (posição topográfica “o”); os antrossolos cumúlicos dístricos, classificados como Tc11.1, surgem nas áreas com declive intermédio de 5-6 a 12-15% e morfologia plano-côncava (posição topográfica “s”); e, nas áreas com menor declive (inferior a 5-6%) e morfologia côncava ou plano-côncava de fundo de vale encontramos os regossolos dístricos (Rd2.1).

2.1.1. Regossolos

Os regossolos, que ocupam 27% da área de estudo (Figura 13), são solos com origem em materiais não consolidados, com exclusão de materiais com textura grosseira ou com propriedades flúvicas, não tendo outro horizonte de diagnóstico além do A úmbrico (camada superficial espessa com muita matéria orgânica, de cor escura) ou ócrico (camada superficial delgada com pouca matéria orgânica, de cor clara). Estes solos não apresentam propriedades gleicas em 50 cm a partir da superfície, não apresentam características de diagnóstico para vertissolos⁵ ou andossolos⁶ e não têm

⁵ São solos argilosos, que dilatam com a humidade e contraem com a redução desta.

propriedades sálicas (não tem a acumulação de sais) (Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho, 1995).

Segundo a Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho (1995), na área de estudo encontramos regossolos úmbricos (Ru5.1) e regossolos dístricos (Rd2.1), podendo estes ser divididos em subunidades de acordo com a espessura, designadamente delgados ou espessos. Os regossolos úmbricos delgados e os dístricos delgados correspondem aos solos formados a partir de um rególito pouco espesso, de materiais desagregados de rocha compacta, que se encontra a uma profundidade entre os 30 e os 50 cm, podendo ser contínua, fraturada ou desagregada em blocos com as fissuras preenchidas por terra. Os regossolos úmbricos espessos e os dístricos espessos são formados a partir de rególitos bastante espessos, entre 50 a 200 cm ou mais. São constituídos por sedimentos detríticos não consolidados (em terraços fluviais ou marinhos), coluviões em base de encosta e fundos de vale, depósitos de vertente em encostas declivosas, ou materiais resultantes da desagregação da rocha compacta, que se encontra a uma profundidade superior a 50-100 cm ou mesmo até 150 cm.

Na área urbana de Guimarães, tendo em conta a espessura efetiva dos solos verificamos que os regossolos dístricos (Rd2.1) podem ser considerados espessos, uma vez que se encontram em áreas de fundo de vale secundário ou base de encosta, e nestas posições topográficas a erosão é praticamente nula e é onde ocorre a deposição e acumulação de material erodido a montante, pelo que estes solos apresentam uma espessura efetiva superior a 100 cm. Por outro lado, os regossolos úmbricos (Ru5.1) podem ser considerados delgados, uma vez que se encontram em vertentes com um declive entre os 15 e os 25-30%, caracterizadas pelo predomínio de fenómenos erosivos, apresentando uma espessura efetiva entre 30 a 50 cm.

Os regossolos úmbricos (20% da área de estudo) (Figura 13) têm um horizonte A, como o nome indica, úmbrico, ou seja, com muita matéria orgânica e cor escura.

⁶ São solos com origem vulcânica ou de outras origens, em casos de excecional humidade e temperatura. Os andossolos possuem uma grande capacidade de retenção de fósforo e água por serem muito porosos.

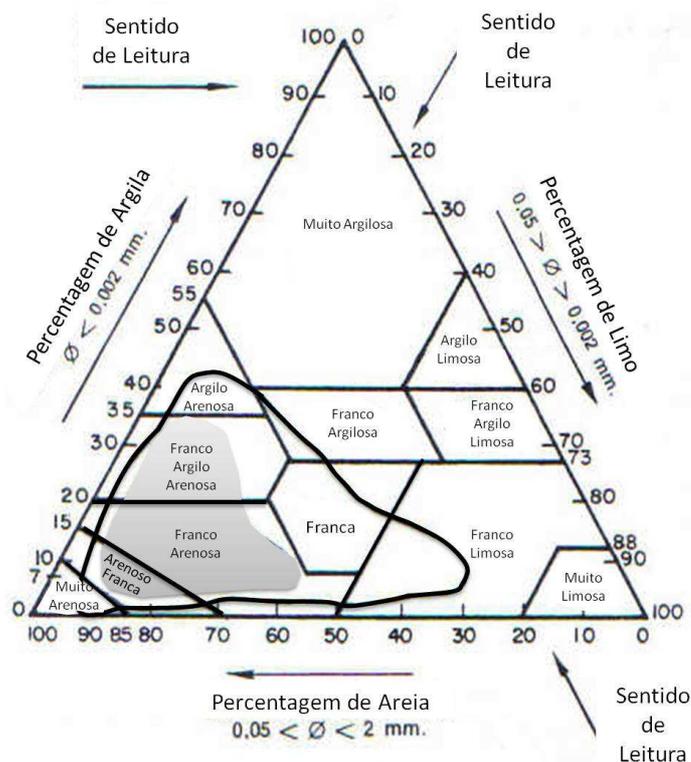
Estes solos não apresentam camadas permanentemente geladas até 200 cm a partir da superfície. Os regossolos úmbricos delgados formam-se a partir da desagregação e alteração da rocha subjacente (no caso granito de Guimarães/Santo Tirso) que se encontra, geralmente, próxima da superfície, entre 30 a 50 cm, podendo estar em vários estados de alteração (dura e contínua, fendilhada ou desagregada em blocos, preenchidos os intervalos com material fino). Nestes solos podemos encontrar um perfil A-C-R ou simplesmente um perfil A-R, em que passamos do horizonte superficial (A) logo para a rocha compacta (R) (Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho, 1995).

O horizonte A dos regossolos úmbricos, em geral, tem entre 20 a 50 cm. Neste horizonte o solo pode apresentar uma textura⁷ média (franca), ou moderadamente grosseira (franca-arenoso), ou grosseira (arenoso-franco) (Figura 15), ou, ainda, pode ser húmico (ou seja, composto essencialmente por matéria orgânica). O horizonte C é constituído por material grosseiro e duro (pedras⁸ ou blocos⁹) com material terroso envolvente ou nas fendas. A rocha dura e contínua encontra-se a uma profundidade superior a 30 cm.

⁷ A textura de um solo corresponde à distribuição do tamanho das partículas que compõem o solo, isto é, à sua granulometria. A análise da textura do solo é muito importante, uma vez que esta determina diretamente muitas das características deste (Ministerio de Obras Publicas y Urbanismo, 1984).

⁸ Elementos grosseiros com um diâmetro entre 50 e 100 mm, segundo Costa (1985).

⁹ Elementos grosseiros com um diâmetro superior a 200 mm, segundo Costa (1985).



(Fonte: Adaptado de Farias, 1984)

Figura 15 – Diagrama de classificação da textura dos solos de origem granítica

Em granitos e rochas afins, como ocorre na nossa área de estudo, o horizonte A tem 20 a 50 cm, em geral com material bastante grosseiro, sendo franco-arenoso ou, ainda, mais grosseiro (arenoso-franco). Por vezes com um horizonte de transição (AR ou RA), ou seja, na transição entre os horizontes A e R encontramos um horizonte que pode assumir características predominantemente de A ou de R, mas que também apresentam características específicas do outro horizonte, designando-se o horizonte predominante antes do subordinado. A rocha dura e contínua encontra-se a partir dos 30 a 50cm de profundidade. Nestes solos encontramos, geralmente, incultos com matos, ou matas de pinheiros, culturas arvenses de sequeiro ou regadio e prados naturais (Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho, 1995).

De acordo com a Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho (1995) os regossolos dístricos, apenas 7% da área de estudo (Figura 13), têm um horizonte A ócrico, ou seja, a camada superficial é delgada com pouca matéria orgânica, de cor clara. Estes solos não têm uma congelação permanente até 200 cm a partir da

superfície. Os regossolos dístricos espessos, como na nossa área de estudo, formam-se a partir de sedimentos detríticos não consolidados, coluviões de bases de encostas e fundos de vales, depósitos de vertentes em encostas declivosas ou materiais resultantes da alteração da rocha-mãe.

Segundo a fonte citada anteriormente, o perfil normal dos regossolos dístricos é do tipo A-C e, por vezes, A-C-R, isto é, nestes solos podemos encontrar um perfil em que apenas encontramos o horizonte superficial (A) e o horizonte com o material da rocha-mãe já alterado (C), ou podemos encontrar, ainda, depois deste horizonte um em que a rocha-mãe não está alterada (R). O horizonte A tem entre 10 a 50 cm, sendo franco (textura média) ou franco-arenoso (textura mediamente grosseira) e, por vezes mais grosseiro (arenoso-franco). O horizonte C tem entre 50 a 150 cm, sendo franco, franco-arenoso e, por vezes, arenoso-franco ou, claramente mais fino, sendo franco-limoso (Figura 15).

Em granitos, como na nossa área de estudo, o horizonte superficial, o A tem entre 15 a 40 cm, sendo de textura grosseira franco-arenoso ou arenoso-franco. O horizonte C encontra-se até aos 50 a 150 cm, sendo mais vezes arenoso-franco ou do que franco-arenoso, com blocos rochosos mais ou menos alterados, com terra fina entre os blocos, que vai diminuindo até atingir a rocha dura. Nestes solos encontramos, geralmente, culturas arvenses de regadio ou de sequeiro, matas de pinheiros, eucaliptos ou mistas ou incultos com matos.

2.1.2. Antrossolos

Para além dos regossolos na nossa área urbana de Guimarães encontramos também os antrossolos, que representam 51% da área de estudo (Figura 13). Estes são solos que devido às atividades humanas sofreram uma profunda modificação, como o enterramento dos horizontes originais, a remoção ou perturbação dos horizontes superficiais, cortes ou escavações, adições seculares de materiais orgânicos, e rega contínua e duradoura. De um modo geral, os antrossolos integram-se em duas unidades: antrossolos cumúlicos e antrossolos áricos. Os primeiros correspondem à generalidade dos solos das áreas terraceadas, embora se encontrem, também, em áreas não terraceadas. Os segundos encontram-se em áreas cultivadas, terreaceadas

ou não, que foram sujeitas a lavouras profundas, o que promoveu um loteamento dos horizontes pré-existentes. Assim, os antrossolos são solos que sofreram modificações devido atividade humana, diferenciando-se os antrossolos cumúlicos dos áricos pela profundidade de alteração causada pela lavoura, sendo esta mais elevada nos áricos.

Na área de estudo encontramos dois tipos de antrossolos cumúlicos que se diferenciam pela posição topográfica e pelo declive que apresentam. Assim, em áreas com declive inferior a 15% encontramos os antrossolos designados por Tc11.1, que ocupam 12% da área de estudo (Figura 13); e em áreas com declive superior a 15%, os Tc8.1, que são a maior mancha de solo, com 39% da área (Figura 13). Apesar desta diferenciação causada pelo declive em termos de características gerais estes solos são semelhantes, variando, no entanto, a limitações destes para o uso agrícola e florestal.

Segundo a Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho (1995) os antrossolos cumúlicos apresentam uma acumulação de sedimentos com textura franco-arenosa ou mais fina, numa espessura superior a 50 cm, em resultado de uma rega contínua de longa duração ou da elevação do solo por ação do Homem. Estes antrossolos foram englobados numa subunidade, sendo deste modo designados por antrossolos cumúlicos dístricos. O perfil tipo deste solo é Ap-C ou Ap-C-Ab-C, em que:

- No perfil Ap-C, o solo apenas tem dois horizontes: o Ap que corresponde ao horizonte A, ou seja, este é o horizonte mais superficial, composto por minerais e muita matéria orgânica, estando sujeito à influência do clima, das plantas e dos animais. A letra “p” significa que este horizonte está sujeito a alterações provocadas pela lavoura; no horizonte C encontramos material proveniente da rocha mãe que se encontra alterado mas não o suficiente para ser considerado solo.
- No perfil Ap-C-Ab-C o solo tem o mesmo perfil que o anterior (Ap-C), no entanto, depois o horizonte C encontramos novamente um horizonte A, designado por Ab, em que o “b” significa que este horizonte foi enterrado, ou seja, as suas características pedogenéticas desenvolveram-se à superfície mas

depois este foi enterrado. Esta situação ocorre porque, como já referimos anteriormente, estes solos estão sujeitos a alterações provocadas pela lavoura, o que pode provocar o soterramento de horizontes.

O horizonte Ap em geral nos antrossolos cumúlicos dístricos encontra-se até aos 20 a 35 cm, sendo pardo escuro ou pardo, com uma textura franca ou com mais areia (franco-arenoso). O horizonte C encontra-se até 50 a 135 cm, sendo pardo ou pardo escuro, e também com textura franco ou franco-arenoso. Assim, estes dois horizontes são semelhantes em termos de textura mas com diferenças na cor, sendo o horizonte A mais escuro, porque este tem mais matéria orgânica. O substrato é constituído por um horizonte soterrado (Ab-Bb-C, Ab-Bb, Ab-C, Ab-C-R), de material de origem coluvionar (2C) ou da alteração da rocha subjacente (2C, 2C-2R), a partir dos 50 a 135 cm.

O facto de estes solos terem sido alterados devido à ação humana levou a que as camadas superficiais se tornassem mais produtivas do que as dos solos de material equivalente que não foram cultivados.

Os antrossolos cumúlicos dístricos em granitos e rochas afins, como a nossa área de estudo, apresentam um horizonte Ap com 20 a 35 cm, sendo franco ou franco-arenoso, assim como o horizonte C, tal como sucedia com os antrossolos cumúlicos dístricos em geral. O substrato é constituído por um perfil soterrado, este material resulta da alteração de rocha granítica subjacente (2C, 2C-2R) ou material de origem coluvionar (2C). Encontra-se nas encostas das zonas graníticas, com culturas de regadio ou de sequeiro, vinhas de bordadura ou estremes, olivais ou pomares.

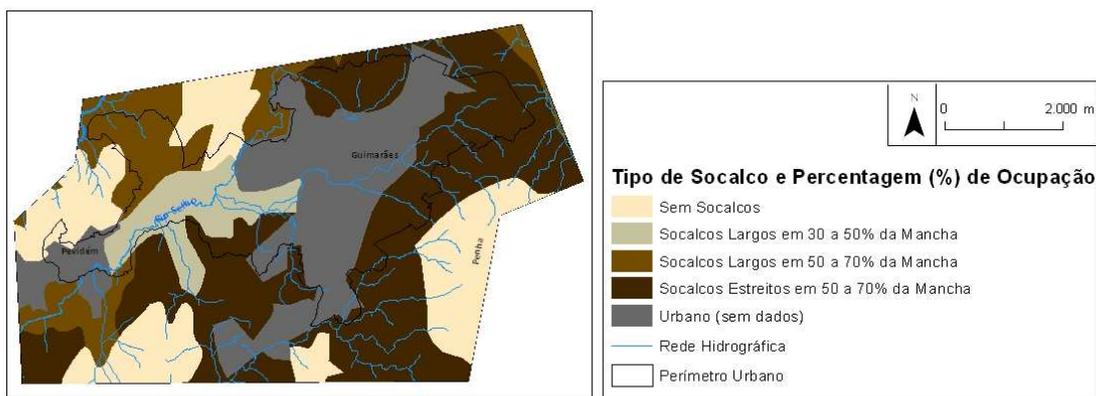
Com base na caracterização dos solos, segundo a Direção Geral de Agricultura de Entre-Douro e Minho (1995), e na caracterização do tipo de formação superficial e espessura do manto de alteração, de acordo com Bateira (2001), procurou-se estabelecer uma análise comparativa entre estas duas informações, apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 – Análise comparativa do tipo de formação superficial e espessura do manto de alteração com o tipo de solo

BATEIRA (2001)			DIREÇÃO REGIONAL DE AGRICULTURA DE ENTRE-DOURO E MINHO (1995)			
Tipo de Formação Superficial e Espessura do Manto de Alteração	Declive	Posição Topográfica	Tipo de Solo	Declive	Posição Topográfica	Morfologia
Afloramentos Rochosos com Manto de Alteração Pelicular (< 1 m)	-	“interflúvios” (topos) e “topo das vertentes” (setor inicial)	Regossolos Úmbricos (Ru5.1)	12-15 a 25-30%	cabeços (interflúvio estreito); vertentes (sem socalcos)	plana ou plano-convexa
Manto de Alteração Mediamente Profundo (1 a 3 m)	>15 ⁰ (26,8%)	meia vertente	Antrossolos Cumúlicos Dístricos (Tc8.1)	12-15 a 25-30%	vertentes (com socalcos)	plana ou plano-convexa
Manto de Alteração Profundo (>3 m)	<15 ⁰ (26,8%)	sopé da vertente	Antrossolos Cumúlicos Dístricos (Tc11.1)	5-6 a 12-15%	vertentes (com socalcos); base da vertente; fundos de valeiros	plano-côncava ou plana
Depósito de Vertente e/ou Coluvial	-	base da vertente/fundo de vale	Regossolos Dístricos (Rd2.1)	0 a 5-6% (pode ir até aos 8%)	base da vertente; fundos de vale secundários	côncava ou plano-côncava
Aluviões (fundos aluviais ou coluviais)	0 a 5 ⁰ (8,75%)	fundo de vale				

Nas áreas com formações superficiais mais espessas é onde encontramos os solos também mais espessos (Tabela 2), sendo que a espessura das formações superficiais diminui do fundo das vertentes para o topo (Bateira, 2001) assim como com os solos. Perante isto podemos concluir que os solos mais espessos, os regossolos dístricos, encontram-se no fundo do vale ou na base da vertente, onde encontramos as aluviões e os depósitos de vertente e/ou coluviais. No topo das vertentes onde o manto de alteração é mais pelicular encontramos os solos mais delgados, os regossolos úmbricos. Nos setores de vertente entre a base e o topo encontramos os antrossolos, em que a diferenciação ocorre devido ao declive. Nas áreas com manto de alteração pouco profundo (1 a 3 m) e declives superiores a 15° (26,8%) encontramos os antrossolos cumúlicos dístricos – Tc8.1, nas áreas com manto de alteração profundo (superior a 3 m) e declives inferiores a 15° (26,8%) encontramos os antrossolos cumúlicos dístricos – Tc11.1.

Na área de estudo à medida que aumenta o declive aumenta a percentagem de área da mancha dos solos com socalcos e diminui a sua largura (cf. Figuras 14 e 16). Assim, regossolos dístricos localizados nas áreas com menores declives, no fundo do vale, encontramos poucos socalcos (que ocupam entre 30 a 50% da mancha do solo) e largos (com 25 a 30 m). Nos antrossolos cumúlicos dístricos – Tc11.1, que se encontram em áreas com declives intermédios já encontramos socalcos numa grande parte da mancha do solo (entre 50 a 70%) mas estes ainda são largos. Nos antrossolos cumúlicos dístricos – Tc8.1, que surgem nas áreas de maior declive, encontramos muitos socalcos (entre 50 a 70% da mancha do solo) e de dimensão reduzida (entre 25-30 a 10-15 m). Contudo, na mancha dos regossolos úmbricos (Ru5.1) apesar do declive ser muito acentuado (12-15 a 25-30%) não encontramos socalcos. Sendo que, a ausência de socalcos nestes solos com acentuado declive condiciona o seu uso, levando a que estes apenas sejam utilizados para funções florestais, enquanto noutras manchas com o mesmo declive, mas com socalcos é possível um uso agrícola, designadamente nos antrossolos cumúlicos dístricos - Tc8.1.



(Fonte dos dados: DRAPN e CMG)

Figura 16 – Tipo de socalcos e percentagem de ocupação das manchas dos solos da área urbana de Guimarães

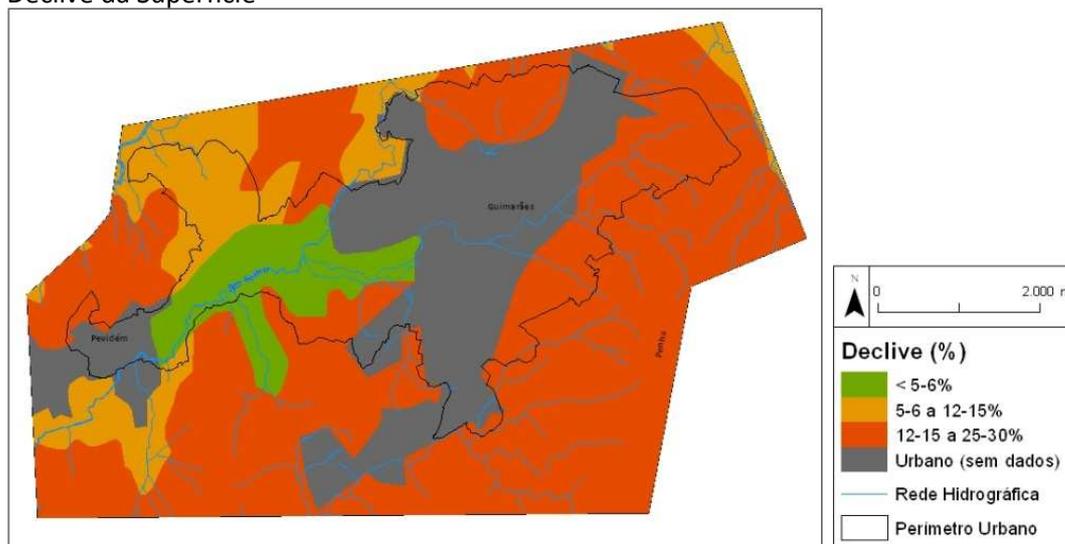
A paisagem envolvente ao centro urbano de Guimarães é marcada pela existência de socalcos (Figura 17). Apesar do grande número e da pequena dimensão destes, que limita o tamanho das parcelas e condiciona o uso destas, a realidade é que sem estes socalcos o mais provável era que na nossa área de estudo dominassem solos com as características dos regossolos úmbricos, ou seja, solos litólicos típicos das regiões graníticas com um declive acentuado. Neste caso predominariam solos pouco férteis para a agricultura, no entanto a existência destes socalcos, a adição de materiais orgânicos e a rega duradoura e contínua durante séculos levou a que estes solos se tornassem mais férteis e produtivos do que solos de material equivalente que não foram cultivados (Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho, 1995).



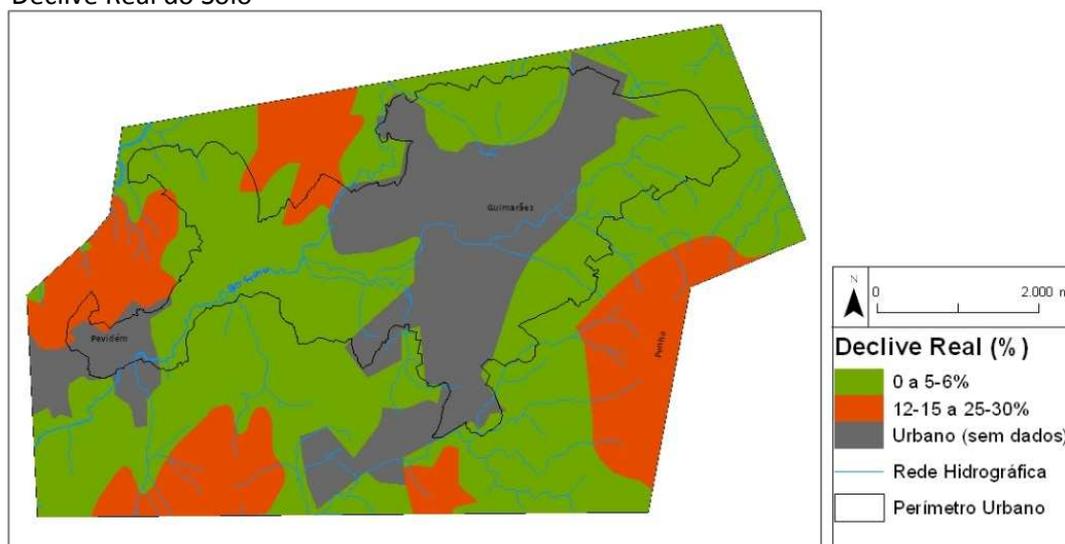
Figura 17 – Socalcos na área urbana de Guimarães (vertente oeste da Penha)

Os socalcos (Figura 18) criam áreas planas, que permitem aumentar a infiltração da água no solo, e deste modo diminuir a escorrência e a erosão hídrica. Comparando o declive da superfície topográfica com declive calculado tendo em conta a presença dos socalcos, verifica-se que na realidade na maior parte da área de estudo o declive do solo não ultrapassa os 5-6%, valores que apenas se registavam nos regossolos dísticos (Rd2.1), localizados no fundo de vale. Nas manchas de solos onde não encontramos socalcos (Ru5.1) os declives mantêm-se muito elevados, podendo chegar aos 25-30%.

Declive da Superfície



Declive Real do Solo



(Fonte dos dados: DRAPN e CMG)

Figura 18 – Comparação dos declives da superfície topográfica com os declives calculados tendo em conta os socacos na área urbana de Guimarães

2.2. Caracterização das Limitações do Uso do Solo e da Suscetibilidade à Erosão Hídrica

Na Tabela 4 encontramos a caracterização dos solos da área de estudo no que se refere as limitações destes para o uso agrícola e para o florestal, segundo a Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho (1995).

Tabela 4 – Limitações ao uso agrícola e florestal dos solos da área urbana de Guimarães

Subunidade Cartográfica	Unidade Fisiográfica	GRAU DAS LIMITAÇÕES									
		t	r	f	d	h	e	o1	o2	o3	o4
Tc8.1	Qgo1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1
Tc11.1	Qgs1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Ru5.1	Qgo2	1	2	3	1	3	3	1	1	1	3
Rd2.1	Ogc	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1

(Fonte: Adaptado de Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho, 1995)

Para a melhor compreensão do grau das limitações consideradas, as escalas completas definidas pela Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho (1995) são de seguida apresentadas:

t – regime de temperatura: 1 - amplitude térmica muito reduzida ou temperatura média anual superior a 14^oC, geadas no máximo entre o início de novembro e o início de abril; 2 – temperatura média anual entre os 10,5 e os 12,5^oC, geadas entre o início de outubro e o início de maio; 3 – temperatura média anual inferior a 10,5^oC, geadas pelo menos de setembro a junho

r – espessura útil do solo: 1 – igual ou superior a 100 cm; 2 - entre 50 a 100 cm; 3 – entre 30 a 50 cm; 4 - igual ou inferior a 30 cm

f – fertilidade: 1 – elevada; 2 – mediana; 3 – baixa a muito baixa

d – drenagem: 1 – sem excesso de água no solo, ao longo da maior parte do ano, a não ser em períodos muito curtos durante as chuvas mais intensas; 2 – com excesso de água em parte da área, durante períodos curtos na época das chuvas mais intensas e duradouras; 3 - com excesso de água em grande parte da área, durante períodos curtos na época das chuvas mais intensas; 4 – com excesso de água na maior parte da área, durante períodos moderados na época das chuvas mais intensas e duradoura

h – disponibilidade de água no solo: 1 – sem défice hídrico durante todo o ano ou apenas com um défice médio durante um mês (julho ou agosto); 2 – défice médio durante dois meses (julho e agosto) ou défice médio em um mês (julho ou agosto) e elevado noutro (julho ou agosto); 3 – défice elevado durante dois meses (julho e agosto) ou défice elevado durante um mês (agosto) e médio durante dois (julho e setembro); 4 – défice elevado em dois meses (julho e agosto) e médio noutro (setembro), ou défice elevado em três meses (julho, agosto, e setembro), ou défice elevado em dois meses (julho e agosto) e médio também em dois meses (junho e setembro), ou défice elevado em três meses (julho, agosto e setembro) e médio noutro (junho)

e – risco de erosão: 1 – terras com riscos de erosão nulos ou muito reduzidos, sem necessidade de práticas de defesa ou já adotadas, e sem limitações de uso; 2 – terras com pequenos riscos de erosão, aptas para a agricultura, com necessidade de práticas muito simples de defesa; 3- terras com riscos de erosão moderados, sem aptidão para a agricultura, mas podendo em alguns casos ser agricultados com cuidados especiais de defesa; 4 – terras com riscos de erosão elevados, sem aptidão para a agricultura e com aptidão marginal para a exploração florestal; 5 – terras com riscos de erosão muito elevados, sem aptidão para a agricultura e exploração florestal

o1 – afloramentos rochosos: 1 - terras sem afloramentos rochosos ou com afloramentos rochosos em menos de 25% da área da mancha; 2 – terras com afloramentos rochosos que afetam entre 25 a 50% da área da mancha; 3 – terras com afloramentos rochosos que afetam mais de 50% da mancha

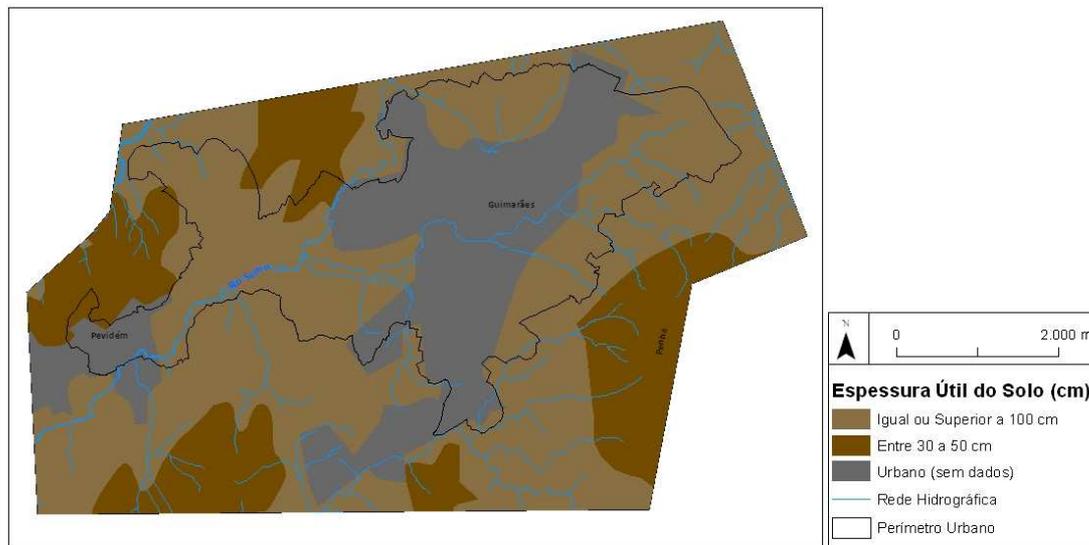
o2 – pedregosidade: 1 – solos com menos de 50% de materiais grosseiros (pedra e cascalho) no horizonte superficial e subsuperficial até 50 cm de profundidade; 2 – solos com mais de 50% de materiais grosseiros (pedra e cascalho) no horizonte superficial e subsuperficial até 50 cm de profundidade

o3 – terraços ou socalcos: 1 – sem socalcos ou com socalcos largos em parte da área da mancha; 2 – socalcos médios, em parte da área da mancha ou largos na maior parte da mancha; 3 – socalcos médios na maior parte da mancha; 4 – socalcos estreitos em toda a mancha

o4 – declive ou inclinação do terreno (declives dominantes): 1 – 0 a 5-6%; 2 - 5-6% a 12-15%; 3 – 12-15 a 25-30%; 4 – 25-30 a 40-45%; 5 – 40-45%

O **regime da temperatura (t)** permite perceber as variações das temperaturas ao longo do ano e o risco de ocorrência de geadas tardias, tendo sido obtido a partir das zonas climáticas em que as unidades fisiográficas se integram. Na área urbana de Guimarães (Tabela 4) registam-se amplitudes térmicas muito reduzidas ou a temperatura média anual é superior a 14⁰C. As geadas ocorrem no máximo entre o início de novembro e o início de abril (corresponde as zonas climáticas do Litoral, Temperadas Quentes e de Transição).

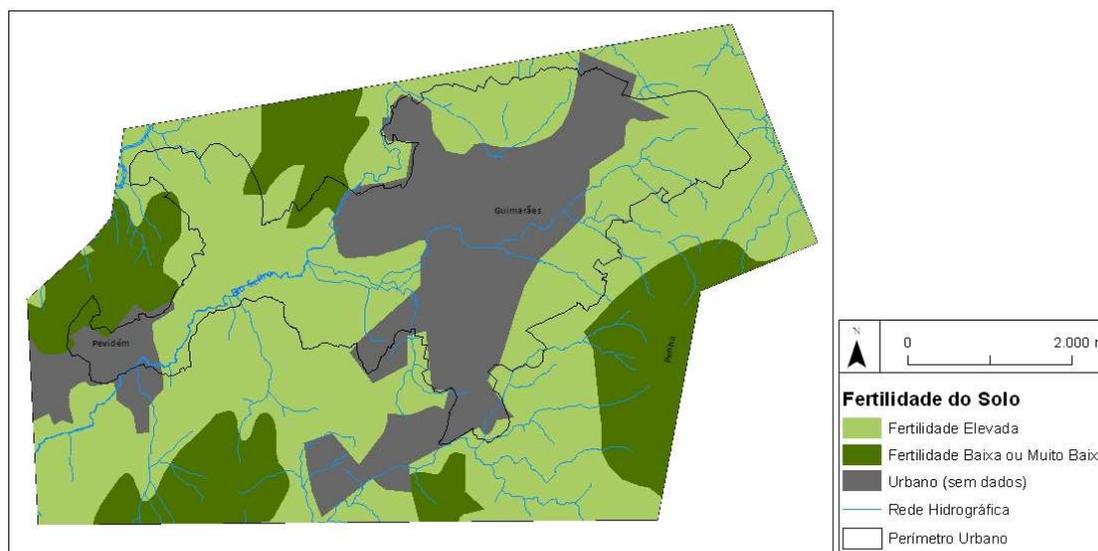
As **condições de enraizamento (r)** demonstram as condições necessárias para o desenvolvimento radicular, nas suas funções de extração de água e nutrientes e suporte físico da planta. Esta informação permite-nos avaliar a espessura útil do solo e a facilidade de penetração radicular das plantas no solo. Na área de estudo (Tabela 4 e Figura 19) verificamos que os solos têm uma espessura útil elevada, uma vez que esta é igual ou superior a 100 cm, com exceção dos regossolos úmbricos (Ru5.1) que apresentam uma espessura útil inferior, entre os 50 e os 100 cm. Os regossolos úmbricos apresentam uma espessura útil inferior aos restantes devido ao acentuado declive em que se desenvolvem, por não possuírem socalcos, existindo deste modo a constante remoção do material, não permitindo a atuação dos processos pedogenéticos e o desenvolvimento do solo.



(Fonte dos dados: DRAPN e CMG)

Figura 19 – Espessura útil do solo na área urbana de Guimarães

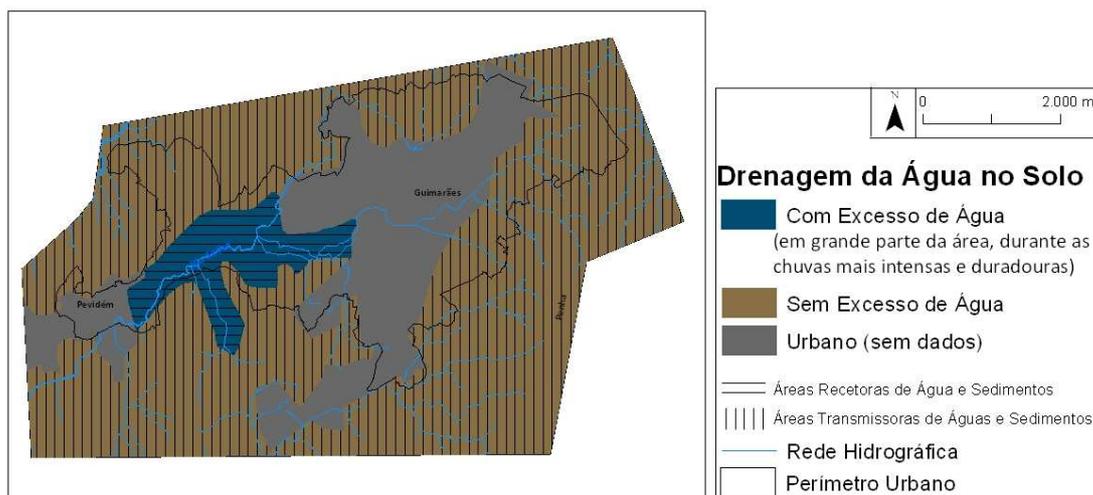
Para a Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho (1995), a **fertilidade (f)** foi obtida com base no pressuposto da existência de uma correlação, relativamente evidente, mais ou menos generalizado, entre o aproveitamento do solo (agrícola, florestal ou inculto), atual ou passado, e a sua fertilidade. Assim, de um modo geral os solos aproveitados para a agricultura têm uma fertilidade mais elevada do que os restantes, sendo a fertilidade tanto maior quanto mais antigo e intensivo for o uso. Partindo deste pressuposto na área urbana de Guimarães (Tabela 4) encontramos solos com uma elevada fertilidade (Figura 20), designadamente nos antrossolos cumúlicos (Tc8.1 e Tc11.1) e nos regossolos dístricos (Rd2.1.). Estes solos com elevada fertilidade correspondem aos solos que têm um aproveitamento agrícola intensivo de longa duração. As manchas dos regossolos úmbricos (Ru5.1.) apresentam uma fertilidade inferior (Figura 21), considerada baixa ou muito baixo, isto é, são solos com aproveitamento agrícola menos intensivo (regadio pouco intensivo, sequeiro com ou sem regas, prados cultivados, pomares estremes) ou relativamente recente ou ainda solos que foram abandonados pela agricultura, estando abandonados ou florestados.



(Fonte dos dados: DRAPN e CMG)

Figura 20 – Fertilidade do solo na área urbana de Guimarães

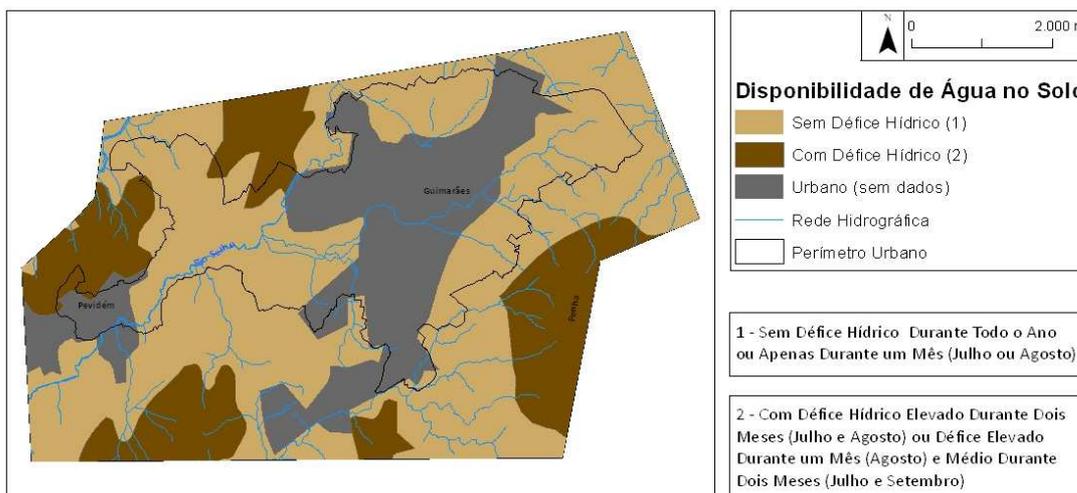
As **características da drenagem do solo (d)** permitem-nos analisar a existência ou não de excesso de água na zona radicular das plantas, que depende do teor de água e da porosidade, estando diretamente relacionada com as características do meio, em especial o regime pluviométrico, a posição topográfica, o declive, a forma do relevo, e o nível do lençol freático. Na área em estudo (Tabela 4) a maior parte dos solos não apresentam excesso de água, ao longo da maior parte do ano, podendo, no entanto, em períodos muito curtos, durante as chuvas mais intensas do inverno, apresentar um ligeiro excesso. Nesta categoria englobam-se as áreas transmissoras de água e de sedimentos, com um rápido escoamento do excesso de água para a rede de drenagem ou para as áreas a jusante, correspondendo na generalidade às áreas com relevo suavemente a muito ondulado e declives dominantes superiores a 5-6% (Figura 21). Nas áreas com declives suaves, junto ao fundo do vale, o solo apresenta excesso de água, em grande parte da área, embora durante períodos curtos, designadamente durante as chuvas mais intensas e duradouras do outono/inverno, uma vez que estas áreas são recetoras de água e têm um escoamento moderado a lento para a rede de drenagem (Figura 21).



(Fonte dos dados: DRAPN e CMG)

Figura 21 – Drenagem da água nos solos da área urbana de Guimarães

Segundo a Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho (1995) a avaliação de **disponibilidade de água no solo (h)** foi obtida tendo em consideração os seguintes elementos: défice hídrico no solo ao longo do ano (através do modelo de Thornthwaite) para as diversas capacidades utilizáveis (50, 100 e 150 mm) nas zonas climáticas homogêneas e a capacidade de água utilizável dos solos dominantes em cada unidade fisiográfica. Todavia, devido à falta de elementos suficientes para o estabelecimento de correlações entre as unidades fisiográficas e as zonas climáticas, designadamente em termos de precipitações médias mensais e anuais, o défice hídrico foi tido em consideração a partir das situações dominantes para o conjunto das unidades fisiográficas. A capacidade dos solos para a água utilizável foi tida em função da espessura efetiva e da textura dos solos dominantes em cada unidade fisiográfica. Assim, em relação ao défice (ou disponibilidade) de água no solo ao longo do ano, os solos da nossa área de estudo (Tabela 4) não apresentam défice hídrico durante todo o ano, podendo no entanto apresentar um défice médio durante um mês (julho ou agosto). Contudo, os regossolos úmbricos (Ru5.1) apresentam um défice elevado durante dois meses (julho e agosto) ou défice elevado durante um mês (agosto) e médio em dois (julho e setembro). Em termos espaciais verificamos que a maior parte da área de estudo não tem problemas de défice hídrico (Figura 22).



(Fonte dos dados: DRAPN e CMG)

Figura 22 – Disponibilidade de água nos solos da área urbana de Guimarães

A **erosão do solo (e)** foi calculada pela Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho (1995) através da simplificação da equação de perda universal de solo de Wishmeier ($A=R.K.L.S.C.P$), sendo calculada a partir da equação:

$$e = k.d$$

[eq.1]

em que,

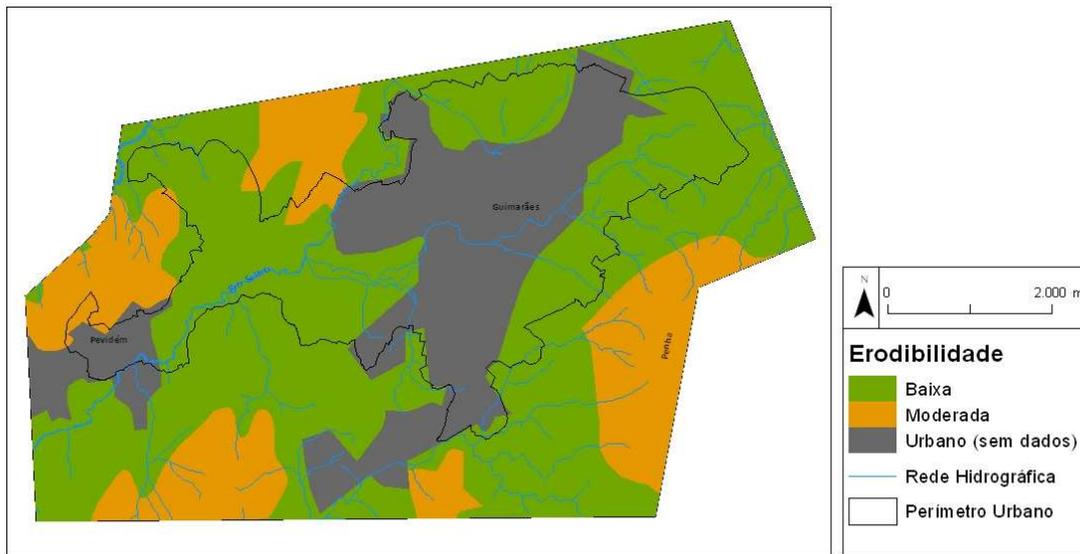
e = coeficiente de erosão do solo

k = coeficiente de erodibilidade do solo

d = declive (%)

A erodibilidade, ou seja, a capacidade do solo resistir à erosão está relacionada com as suas propriedades hidrológicas, entre as quais se destacam a capacidade de infiltração da água da chuva, a capacidade de armazenamento, a drenagem interna do perfil e a resistência à dispersão provocada pelo impacto das gotas de chuva e ao transporte dos materiais para jusante. As características mais importantes que determinam a erodibilidade do solo prendem-se com a granulometria (incluindo a percentagem e dimensão dos elementos grosseiros, sobretudo no solo superficial), o teor de matéria orgânica, a estrutura, a permeabilidade do perfil e a presença e profundidade de um substrato pouco permeável. Na área urbana de Guimarães são os regossolos úmbricos (Ru5.1.) que apresentam uma maior erodibilidade do solo, ou seja, estes são os solos mais propensos a serem erodidos. Nas outras manchas de solo a erodibilidade é reduzida, pelo que de um modo geral a área em estudo

apresenta grande resistência à erosão (Figura 23). A elevada erodibilidade dos regossolos úmbricos resulta da conjugação de vários fatores que os tornam mais suscetíveis a serem erodidos, designadamente a textura muito grosseira ao nível superficial (horizonte A), espessura muito reduzida, e a presença de um substrato pouco permeável a uma reduzida profundidade.



(Fonte dos dados: DRAPN e CMG)

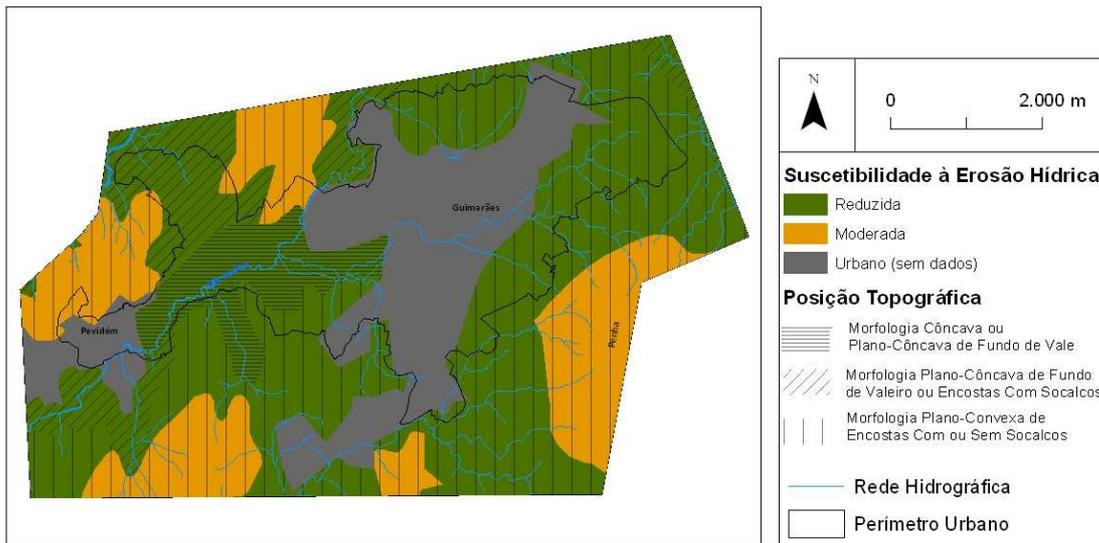
Figura 23 – Erodibilidade dos solos na área urbana de Guimarães

Voltando à equação 1, atrás apresentada, o coeficiente de erosão do solo será mais elevado nos solos com maior declive e erodibilidade, correspondendo na nossa área de estudo aos regossolos úmbricos (Ru5.1). Estes solos apresentam um declive topográfico acentuado (12-15 a 25-30%) e como não têm socacos o declive real mantém-se elevado, ao contrário do que acontece em solos com declive acentuado mas com socacos. Para além do acentuado declive estes solos (Ru5.1) encontram-se em áreas com morfologia convexa, que potencia a escorrência, arrastando os materiais, levando à perda de solo (erosão) e ao retardamento da pedogénese, originando solos esqueléticos, pouco férteis. A restante área apresenta um coeficiente de erosão reduzida, devido aos socacos que criam áreas planas, que reduzem deste modo o declive real (Figura 24) e, conseqüentemente, a suscetibilidade à erosão. Assim, mesmo nas outras áreas com morfologia convexa a existência de socacos leva à diminuição clara da erosão do solo. No fundo do vale

para além de não haver erosão, existe ainda a deposição e acumulação do material que foi erodido a montante.

A Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho (1995) definiu o risco de erosão do solo em termos qualitativos, com base no coeficiente de erosão (eq. 1), apontando para as limitações e as práticas de defesa relacionadas com o grau de risco (Tabela 4). No âmbito desta dissertação, entendeu-se que o “risco de erosão” corresponde, na realidade, ao conceito de suscetibilidade à erosão, neste caso à erosão hídrica do solo, pelo que na análise que se segue adota-se esta terminologia.

Na nossa área de estudo, a maior parte dos solos (Figura24) têm uma suscetibilidade à erosão hídrica nula ou muito reduzida, pelo que não é necessário adotar práticas de defesa, ou no caso de ser necessário essas medidas já foram adotadas, designadamente os socalcos. No caso das manchas dos regossolos úmbricos (Ru5.1) a suscetibilidade à erosão hídrica é moderada, não tendo estas áreas atualmente aptidão para a agricultura (Figura 25). Contudo, em alguns casos podem ser agricultadas com especiais cuidados de defesa, como a organização das culturas segundo as curvas de nível, terraceamento, ou para exploração florestal ou silvo-pastorícia.



(Fonte dos dados: DRAPN e CMG)

Figura 24 – Suscetibilidade à erosão hídrica dos solos da área urbana de Guimarães

Ao comparar a susceptibilidade à erosão hídrica (Figura 24) com a susceptibilidade geomorfológica das vertentes (Figura 11) verificamos não há uma sobreposição total das áreas suscetíveis aos dois fenómenos. Embora as áreas com maior susceptibilidade à erosão hídrica apresentem também uma susceptibilidade geomorfológica elevada, as áreas com susceptibilidade geomorfológica “forte a muito forte” ou “média” estendem-se para além das manchas de regossolos úmbricos (Ru5.1), como se observa na Figura 11. Por outro lado, verifica-se que algumas das áreas com susceptibilidade à erosão hídrica reduzida apresentam uma susceptibilidade geomorfológica “forte a muito forte” ou “média”. Esta situação ocorre porque a classificação das áreas foi efetuada com base em cálculos diferentes de declive, ou seja, enquanto a susceptibilidade geomorfológica das vertentes foi calculada através do declive da superfície topográfica, o risco de erosão foi calculado através do declive real, resultante da existência dos socalcos. Assim, os socalcos contribuem para uma clara diminuição do declive da superfície de 5-6 a 12-15% e de 12-15 a 25-30% para um declive real inferior a 5-6%, o que reduz significativamente a susceptibilidade à erosão hídrica e aos movimentos de vertente (se assegurada a manutenção dos socalcos).

Os **obstáculos físicos (o)**, na Tabela 4, correspondem à presença de obstáculos que impedem ou dificultam a circulação de máquinas e de gado, limitando a dimensão

das parcelas cultivadas. De entre os obstáculos consideram-se os **afloramentos rochosos (o1)**, sendo que na nossa área de estudo não encontramos a presença destes afloramentos ou estes ocupam no máximo até 25% da área da mancha do solo. Na realidade é possível observar afloramentos rochosos, particularmente no topo das vertentes e nos interflúvios, destacando-se o interflúvio da Penha (Figura 25), onde surgem os regossolos úmbricos (Ru5.1).



Figura 25 – Afloramentos rochosos no interflúvio da Penha

A **pedregosidade (o2)** corresponde à presença de uma elevada percentagem de materiais grosseiros (pedras e cascalho) no solo superficial e subsuperficial, até aos 50cm de profundidade. Na nossa área de estudo, os solos apresentam menos de 50% de materiais grosseiros (Tabela 4), pelo que este fator não é considerado uma limitação ao uso do solo.

A presença de **terraços ou socalcos (o3)** são considerados uma limitação ao uso do solo, uma vez que, como vimos anteriormente, com aumento do declive estes ocupam maior percentagem da mancha dos solos e são mais reduzidos, diminuindo significativamente a dimensão das parcelas. Isto sucede na nossa área de estudo relativamente aos antrossolos cumúlicos dístricos, em particular os Tc8.1 (Tabela 4). Não obstante a esta limitação, a existência de socalcos é imprescindível para a estabilidade do solo e das vertentes, tal como se referiu anteriormente, uma vez que

o material não é removido do local de origem, permitindo a continuidade dos processos de pedogénese e a formação de solos mais férteis para a agricultura. Caso se verifique, tal como também já se notou atrás, o abandono ou falta manutenção destas estruturas, que criam áreas planas favoráveis à infiltração, poderá ocorrer a rápida saturação dos solos, promovendo a instabilidade das vertentes, uma vez que se altera a relação entre as forças tangenciais e as forças de atrito. Assim, a manutenção dos socalcos na nossa área de estudo é fundamental quer do ponto de vista da agricultura (aumento da fertilidade do solo), quer do ponto de vista da suscetibilidade à erosão hídrica e movimentos de vertente. De igual forma, a limitação ao uso do solo imposta pelo **declive ou inclinação do terreno (o4)** é estabelecida em função da dificuldade que este cria à circulação de máquinas e de gado. Como o declive real é reduzido na área de estudo (inferior a 5-6%), devido à existência dos socalcos, este fator não é considerado uma limitação. A exceção ocorre nos regossolos úmbricos (Ru5.1.) onde o declive é elevado (12-15 a 25-30%), devido à ausência de socalcos (Tabela 4).

A classificação da aptidão do solo para os usos agrícolas e florestais foi definida, pela Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho (1995), através da análise das características e limitações do solo, e dos requisitos mínimos dos tipos de uso considerados. Na Tabela 5 apresenta-se a classificação a aptidão agrícola e florestal na área de estudo.

Tabela 5 – Aptidão dos solos da área urbana de Guimarães para uso agrícola (A) e florestal (F)

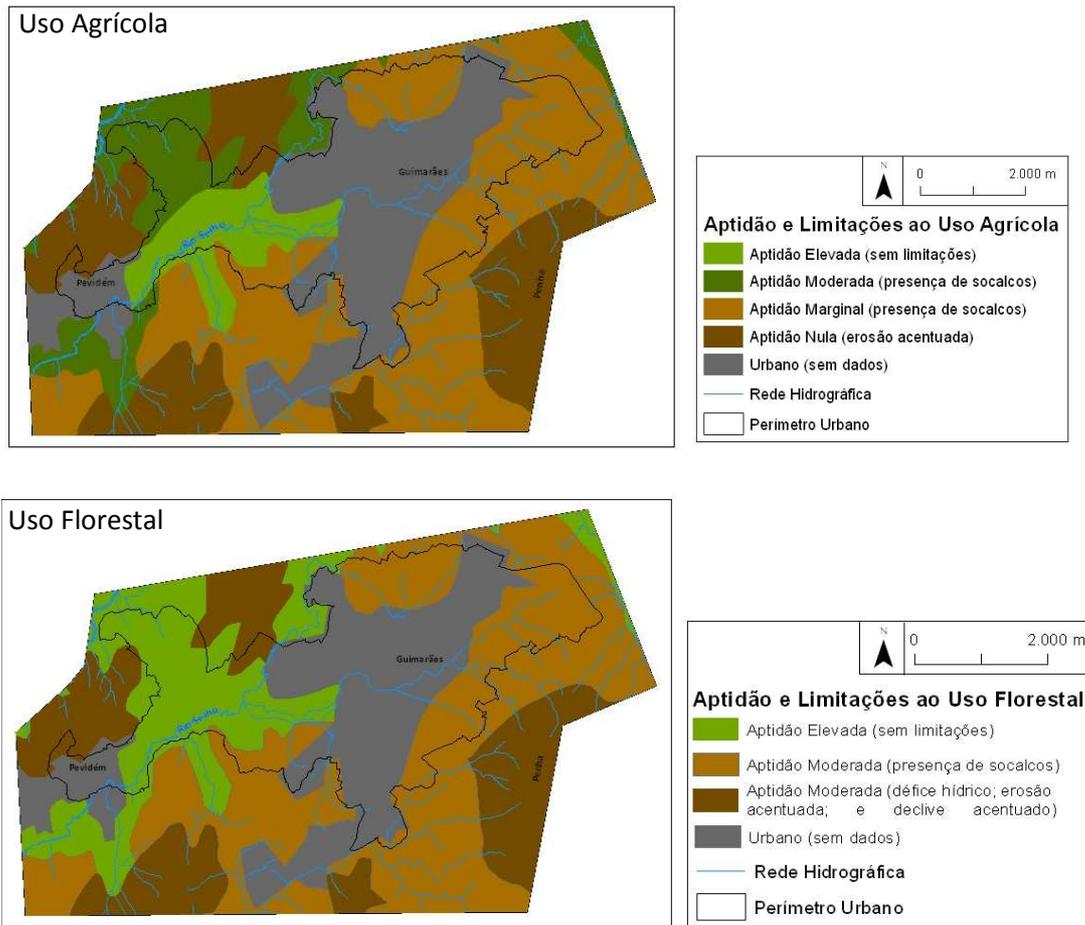
TIPO DE SOLO	"CARTA DE APTIDÃO DA TERRA"		
	Aptidão e Limitações		Aptidão Conjunta
	Uso Agrícola	Uso Florestal	
Tc8.1	S3.o	S2.o	A3; F2
Tc11.1	S2.o	S1	A2; F1
Ru5.1	N.e	S2.heo	A0; F2
Rd2.1	S1	S1	A1;F1

(Fonte: Adaptado de Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho, 1995)

A Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho (1995) definiu quatro classes de aptidão do solo: **S1** – aptidão elevada; **S2** – aptidão moderada; **S3** – aptidão marginal; **N** – aptidão nula; **limitações:** **t** – regime da temperatura; **r** – condições de enraizamento; **f** – fertilidade; **d** – drenagem; **h** – disponibilidade hídrica no solo; **e** – risco de erosão; **o** – obstáculos físicos; **A1** – aptidão agrícola elevada; **A2** – aptidão agrícola moderada; **A3** – aptidão agrícola marginal; **A0** – aptidão agrícola nula; **F1** – aptidão florestal elevada; **F2** – aptidão florestal moderada; **F3** – aptidão florestal marginal; **F0** – aptidão florestal nula

Os regossolos dístricos (Rd2.1) não apresentam limitações de uso (Figura 26), pelo que a sua aptidão agrícola e florestal é elevada (A1;F1), no entanto estes solos apenas correspondem a 7% do total da área em estudo. Os antrossolos cumúlicos dístricos - Tc11.1, que ocupam 12% da área de estudo, em áreas com declive inferior a 15%, têm uma aptidão agrícola moderada (A2), sendo a principal limitação a presença de obstáculos físicos, designadamente os socalcos que limitam a dimensão das parcelas. Contudo, sem os socalcos estes solos teriam uma aptidão agrícola mais limitada, uma vez que apresentariam um declive ligeiramente acentuado (5-6 a 12-15%). Em termos florestais estes solos têm uma aptidão elevada (F1) sem limitações de uso. Os antrossolos cumúlicos dístricos - Tc8.1, que representam a maior mancha de solos, com 39%, encontram-se em áreas com declive superior a 15%, e apresentam as mesmas limitações do que os solos anteriores (os Tc11.1) porém num grau mais elevado. Assim, para além de condicionar o uso agrícola condiciona também o uso florestal (Figura 26), pelo que estes solos têm uma aptidão marginal para a agricultura e moderada para o uso florestal (A3; F2). Os regossolos úmbricos (Ru5.1), que representam 20% do total da área de estudo, não têm aptidão para a

agricultura (A0) e para o uso florestal a sua aptidão é moderada (F2). Este solo não é compatível com um uso agrícola devido às limitações decorrentes do acentuado risco de erosão hídrica. Para uso florestal além do risco de erosão, encontramos também a presença de obstáculos, designadamente o acentuado declive, e o défice hídrico que é elevado durante dois meses (julho e agosto), ou elevado num mês (agosto) e médio durante dois (julho e setembro).



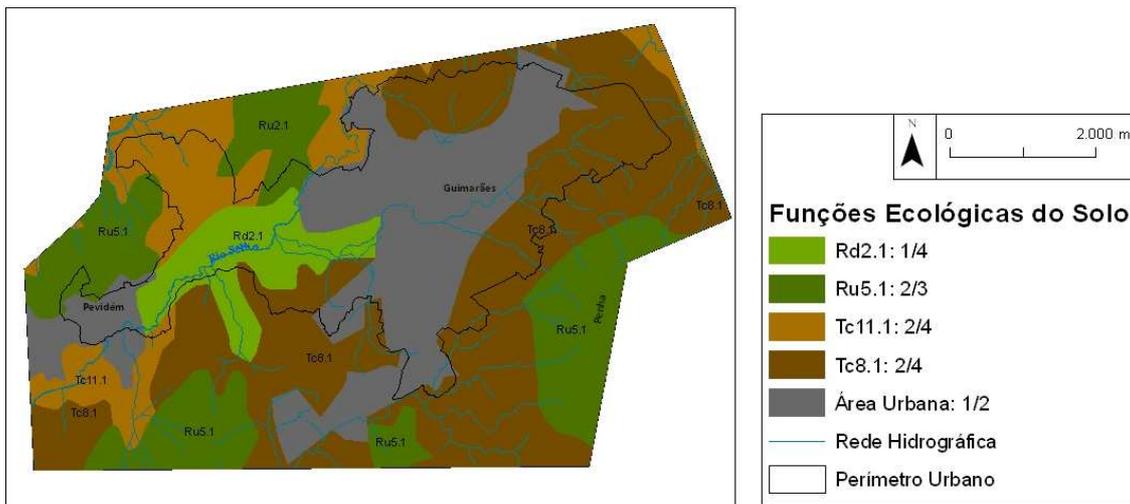
(Fonte dos dados: DRAPN e CMG)

Figura 26 – Aptidão e limitações dos solos da área urbana de Guimarães para o uso agrícola e florestal

2.3. Caracterização das Funções Ecológicas dos Solos

A análise efetuada sobre a dinâmica pedológica na área urbana de Guimarães permitiu-nos compreender qual a função ou funções ecológicas que cada tipo de solo desempenha, designadamente a infiltração das águas em áreas de convergência, a

regulação da escorrência e da erosão hídrica, a recarga dos aquíferos não freáticos e/ou capacidade produtiva (Figura 27).



(Fonte dos dados: DRAPN e CMG)

Funções Ecológicas do Solo: 1 – infiltração das águas em áreas de convergência; 2 – regulação da escorrência e da erosão; 3 – recarga dos aquíferos não freáticos; 4 – capacidade produtiva

Figura 27 – Funções ecológicas desempenhadas pelos solos da área urbana de Guimarães

Para a avaliação do grau de importância das funções ecológicas associadas a cada tipo de solo elaborámos uma matriz, apresentada de seguida (Tabela 6).

Tabela 6 – Funções ecológicas desempenhadas pelos solos da área urbana de Guimarães

SOLO	FUNÇÕES ECOLÓGICAS DO SOLO			
	Infiltração das Águas em Áreas de Convergência (1)	Regulação da Escorrência e da Erosão (2)	Recarga dos Aquíferos Não Freáticos (3)	Capacidade Produtiva (4)
Regossolos Dútricos (Rd2.1)	+++	(-)	(-)	+++
Regossolos Úmbricos (Ru5.1)	(-)	+	+++	(-)
Antrossolos Cumúlicos Dútricos (Tc11.1)	(-)	■++	(-)	■++
Antrossolos Cumúlicos Dútricos (Tc8.1)	(-)	■+	(-)	■+
Área Urbana	■++	■+	(-)	(-)

+++ - desempenho muito importante da função; ++ - desempenho importante da função; + - desempenho pouco importante da função; (-) – não desempenha a função ou é muito pouco significativa; ■ – - desempenho da função condicionado pela impermeabilização do solo; ■ - desempenho da função dependente da existência/manutenção dos socalcos.

Na área urbana de Guimarães a mancha de solo com maior importância para a infiltração das águas nas áreas de convergência são aqueles que se localizam no fundo do vale, designadamente os regossolos dútricos (Rd2.1). Contudo, a área de fundo do vale estende-se para além desta mancha de solos, designadamente para a área urbana de Guimarães e de Pevidém. Estas áreas apesar de terem perdido grande parte das suas características naturais, devido urbanização, mantêm esta função ecológica resultante da sua posição topográfica. Estas continuam a ser áreas de infiltração das águas que para aí convergem, no entanto, devido a impermeabilização do terreno esta função encontra-se muito comprometida. Nestes solos é fundamental a adoção de medidas de redução da impermeabilização, que salvaguardem o cumprimento desta função, prevenindo deste modo a ocorrência de cheias.

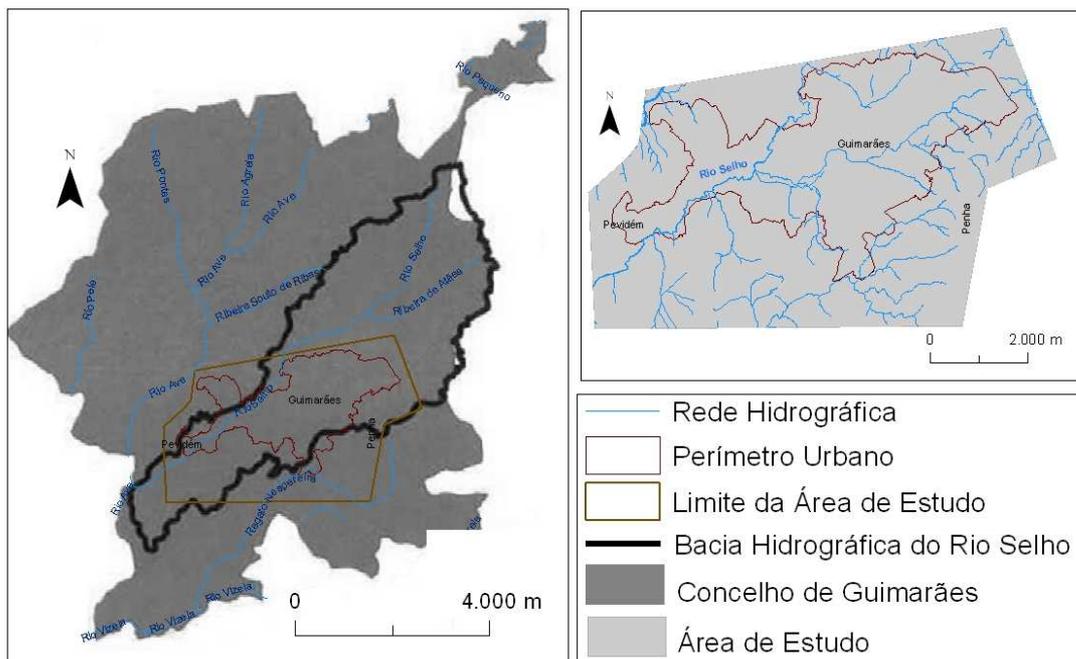
Nas áreas de vertente dominam os processos de escorrência, que arrastam consigo partículas do solo, levando à erosão deste. A erosão depende de vários fatores, entre os quais o declive da vertente, as características do solo, o revestimento do solos e as características da própria escorrência. A erosão dos solos, enquanto processo natural (erosão geológica), que se processa lentamente, permite que os solos erodidos na parte superior da vertente e se acumulem na parte inferior, junto ao sopé, onde o declive é muito reduzido e a escorrência perde a capacidade de transportar os materiais. Este processo natural é muito importante uma vez que vai permitir a formação de solos muito férteis na base das vertentes e no fundo de vale, contudo, a desregulação deste processo, provocado por práticas incorretas de utilização do solo, resulta numa erosão acentuada do solo, levando à diminuição da capacidade de produção destes. Por tudo isto, é fundamental manter esta regulação da escorrência com a erosão, tendo os socalcos um papel muito importante no cumprimento desta função, visto que permite o controlo da erosão acentuada em áreas declivosas como a nossa área de estudo, designadamente nas vertentes com antrossolos cumúlicos dístricos, os Tc11.1 e os Tc8.1. A importância da existência e manutenção dos socalcos é maior nos Tc8.1 do que nos Tc11.1, porque estes solos apresentam um declive da superfície topográfica mais acentuado, logo sem estes socalcos a erosão seria mais acentuada, levando a uma clara desregulação desta função. A manutenção dos socalcos nestas manchas de solo é, deste modo, fundamental para o desempenho desta função. Nos regossolos úmbricos (Ru5.1) a regulação da escorrência e da erosão, ao contrário dos solos anteriores, não é feita pelos socalcos mas pela vegetação. O desempenho desta função nestes solos é menor do que nos solos anteriores, porque a vegetação tem menor capacidade de travar a erosão do que os socalcos. Assim, nestes solos ainda se verifica uma erosão acentuada, sendo portanto importante a manutenção a vegetação existente e sempre que possível a adoção de outras medidas de combate à erosão. Nas áreas urbanas é também fundamental regular a escorrência, nomeadamente, através da adoção de medidas que promovam a infiltração das águas de escorrência, evitando deste modo que estas águas de se acumulam nas áreas mais deprimidas, onde provocam cheias.

A recarga dos aquíferos não freáticos ocorre nas áreas de interflúvio, que na área urbana de Guimarães são ocupadas pelos regossolos úmbricos (Ru5.1), destacando-se o interflúvio da Penha, no setor Este desta área. Nestas áreas para além de ser importante assegurar a recarga dos aquíferos é também importante impedir a contaminação dos aquíferos, assegurando a qualidade das águas subterrâneas. A degradação destas áreas produz alterações profundas no equilíbrio ecológico, particularmente ao nível do ciclo hidrológico.

Para além destas funções os solos apresentam ainda uma outra que é a capacidade produtiva. Os solos com maior capacidade produtiva são os regossolos dístricos (Rd2.1), que se localizam no fundo de vale, onde ocorre a acumulação dos materiais erodidos a montante formando as aluviões, que apresentam uma aptidão agrícola elevada. Para além destes solos, também os antrossolos cumúlicos dístricos - os Tc11.1, apresentam aptidão agrícola, embora esta seja apenas moderada. A formação destes solos em áreas de vertente só foi possível devido à existência dos socalcos, que travaram a erosão e permitiram o desenvolvimento dos processos de pedogénese, e deste modo a formação de solos espessos e férteis para a agricultura, designados por antrossolos. A existência de socalcos nos Tc8.1 permitiu também o desenvolvimento destes solos, porém estes apresentem menor aptidão, podendo ser destinado ao uso florestal, embora pontualmente suportem o uso agrícola.

3. Dinâmica Hidrológica

A área urbana de Guimarães insere-se na bacia hidrográfica do rio Selho, mais precisamente no setor jusante desta bacia (Figura 28). O rio Selho é dos afluentes da margem esquerda do rio Ave, e a sua bacia hidrográfica tem no total 67,652 km² de área, dos quais 31% pertencem à margem direita (21, 044 km²) e 69% à margem esquerda (46, 608 m²), segundo Correia (2004). O rio Selho tem as suas cabeceiras no concelho de Fafe, na Serra de Santa Marinha, a cerca de 580 m de altitude (Correia, 2004), confluindo com o rio Ave na cota dos 88,3 m na freguesia vimaranense de Gondar, após percorrer uma distância de 13, 675 km (Chaves, 2001). A maior parte da bacia do rio localiza-se no concelho de Guimarães, com 97, 79% da sua área (66, 156 km²), e apenas cerca de 2, 21% (1, 496 km²) se localizam no concelho de Fafe, onde o rio tem as suas cabeceiras. Esta situação verifica-se, também, no cumprimento dos cursos de água da bacia hidrográfica, sendo que dos 235,733 km dos cursos de água desta bacia 230, 293 km localizam-se no concelho de Guimarães e apenas 5, 440 km no concelho de Fafe.



(Fonte dos dados: Correia, 2004 e CMG)

Figura 28 – Bacia hidrográfica do rio Selho e rede hidrográfica da área urbana de Guimarães

A bacia hidrográfica do rio Selho apresenta uma orientação, grosso modo, nordeste – sudoeste (Figura 28). O limite Oriental desta bacia é formado por topos ou zonas de interflúvio elevadas e irregulares, como é o caso da Penha; no limite Ocidental verifica-se uma descida progressiva, em degraus, até ao rio Ave (Chaves, 2001). Os principais afluentes do rio Selho são a ribeira de Atães e a ribeira de Costa/Couros, localizados na sua margem esquerda. A ribeira de Couros, ao contrário da ribeira de Atães, encontra-se na nossa área de estudo. Na margem direita os afluentes do rio Selho são, essencialmente, de pequena dimensão (Correia, 2004).

O clima da bacia hidrográfica do rio Selho é chuvoso e moderadamente quente, com chuvas preponderantes no inverno. Nesta área ainda se faz sentir a influência marítima, apesar de esta já se localizar numa área de transição para os climas com influência continental. O relevo da bacia, mais elevado a este do que a oeste, faz com as massas de ar húmidas vindas do oceano se comportem como as que encontram as massas montanhosas formadas pelas montanhas do interior, embora numa escala reduzida. Assim, as massas de ar húmidas ao encontrarem altitudes mais elevadas,

no setor Este da bacia, são obrigadas a subir para as transpor, o que leva ao arrefecimento do ar e à precipitação. Esta situação influencia o regime do rio Selho, uma vez que as cabeceiras se encontram na direção dos ventos dominantes, mas antes das principais barreiras montanhosas, pelo que registam grandes quantidades de precipitação, resultado das chuvas orográficas.

O período mais pluvioso na bacia hidrográfica do rio Selho tende a ocorrer entre outubro e março. No início do período de maior pluviosidade, a precipitação tem pouca influência no regime do rio, uma vez que os solos ainda se encontram ressequidos e absorvem grande parte da precipitação, no entanto, com as repetidas precipitações os solos atingem o seu ponto de saturação, e impedindo a água de se infiltrar, levando a uma maior escorrência, e conseqüentemente a um maior caudal.

As formações geológicas presentes numa bacia hidrográfica determinam o seu comportamento hídrico, uma vez que condicionam uma maior ou menor porosidade, e deste modo a infiltração, a circulação e o armazenamento da água em aquíferos, e por consequência a quantidade de escoamento superficial. Como refere Lourenço (1984 *apud* Correia, 2004) a natureza geológica dos terrenos ajuda-nos a estudar a permeabilidade das rochas, podendo a partir desse conhecimento, estimar as taxas de infiltração, por tipos de rocha. Com rochas muito permeáveis as taxas de infiltração são elevadas, diminuindo, por isso, o escoamento superficial e, em consequência, a possibilidade de ocorrência de cheias. Assim, nas áreas de xistos e grauvaques a permeabilidade é muito reduzida; nos granitos, dioritos e quartzitos a permeabilidade é, também, reduzida; e nas aluviões a permeabilidade varia de acordo com a texturas dos depósitos.

A bacia hidrográfica do rio Selho revela-se monótona no que se refere à permeabilidade, o que se deve ao facto da bacia ser composta, essencialmente, por granitóides tardi-hercínicos, encontrando-se, também, alguns depósitos fluviais – as aluviões. Segundo Lourenço (1989, *apud* Chaves, 2001) as formações de natureza eruptiva ou cristalina, como as rochas graníticas, constituem aquíferos de baixa produtividade por não possuírem permeabilidade intrínseca, pelo que apresentam pouca propensão para a acumulação de água subterrânea. Estas rochas apresentam

uma permeabilidade reduzida, pelo que têm baixas taxas de infiltração, e logo elevadas taxas de escorrência. As aluviões são consideradas rochas com uma permeabilidade variável a reduzida, dependendo da fração argilosa e arenosa do depósito. Se predominar a componente argilosa a água não se pode infiltrar, logo não circula no substrato, diminuindo o valor do escoamento subterrâneo. Contudo, na análise da permeabilidade da bacia hidrográfica do rio Selho para além das rochas predominantes, os granitóides que têm uma permeabilidade reduzida, é fundamental ter em consideração as formações superficiais que resultam da alteração dos granitos (os mantos de alteração). A existência ou não de mantos de alteração condiciona as taxas de infiltração, e deste modo a escorrência superficial. Nesta área a existência de granitos porfiróides, biotíticos, de grão grosseiro, com um elevado grau de alteração faz com que encontremos mantos de alteração relativamente espessos, que apresentam uma elevada permeabilidade.

O rio Selho, de um modo geral, apresenta margens com sedimentos, sem vegetação aquática e com pouca vegetação ripícola (e quando existe a maioria é infestante). Em termos de animais a ocupação também é muito reduzida, devido à poluição (efluentes domésticos e industriais), destacando-se a presença de rãs (Correia, 2004).

3.1. Caracterização da Suscetibilidade à Ocorrência de Cheias na Bacia Hidrográfica do Rio Selho

As cheias resultam da ocorrência de um valor de caudal muito elevado num curso de água, resultante da ocorrência de precipitação intensa, quando a cheia provoca o transbordamento do leito normal dá-se a inundaçãõ nos terrenos marginais (Madeira, 2005). O principal fator que determina a ocorrência de uma cheia é a precipitação, designadamente a existência de uma precipitação intensa e/ou continuada num determinado espaço. As cheias resultam, assim, de condições meteorológicas extremas, sendo que, à medida que o inverno se vai prolongando existe uma maior probabilidade para a ocorrência de cheias, uma vez que o solo vai ficando saturado, logo retém menos água e existe maior escorrência para os cursos de água. Assim, a existência de cheias no outono é pouco provável uma vez que os

solos absorvem grande parte da precipitação (Correia, 2004). Para a análise da ocorrência de cheias é, no entanto, necessário ter em conta outros fatores, como a geologia, as características da bacia e do curso de água e o uso do solo na bacia hidrográfica (Correia, 2004).

3.1.1. Geologia

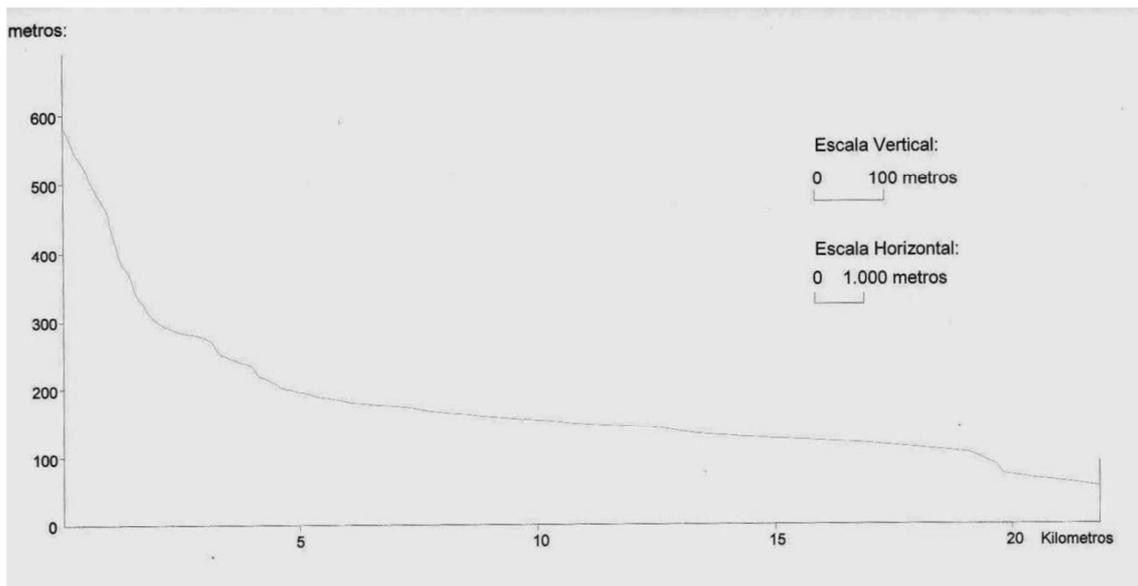
As características geológicas influenciam a ocorrência de cheias, uma vez que a permeabilidade das rochas condiciona uma maior ou menor infiltração, e logo a escorrência e o caudal existentes. A bacia hidrográfica do rio Selho como assenta em rocha granítica apresenta, em teoria pouca permeabilidade, logo pouca infiltração o que se traduz numa maior escorrência superficial, o que leva a um aumento rápido dos caudais, aquando de precipitações intensas. Contudo, devido à grande alteração dos granitos, que originam espessos mantos de alteração, existe uma grande permeabilidade, logo grande parte da precipitação infiltra-se, levando a uma redução das águas que chegam ao curso de água, e contribuindo para a recarga dos aquíferos subterrâneos.

3.1.2. Características da Bacia e do Curso de Água

O perfil longitudinal de um rio permite-nos perceber quais as áreas onde existe uma maior probabilidade de ocorrência de cheias, uma vez que um rio com uma inclinação longitudinal média-elevada tem menores probabilidades de ocorrência de cheia, dado que o escoamento das águas é mais rápido, não permitindo a concentração destas. Ocorrendo o inverso em rios com uma inclinação longitudinal média-baixa, onde o escoamento é mais lento, mantendo-se as águas por mais tempo. Neste caso pode, ainda, existir a acumulação de materiais erodidos a montante, que obstruem o leito do rio e aumentam a probabilidade de ocorrência de cheias (Martins, 2006).

O rio Selho, com cerca de 20 km, tem as suas cabeceiras a 580 m de altitude e desagua no rio Ave a 83 m de altitude, o que se traduz num declive médio reduzido, de cerca de 2,4%. Este fator faz com que o rio tenha uma forte suscetibilidade para a ocorrência de cheias, uma vez que a fraca inclinação longitudinal se traduz num

escoamento lento e na concentração dos caudais. Todavia, este valor corresponde apenas à inclinação longitudinal média do Selho, é importante ter em consideração que este rio apresenta diferentes graus de inclinação longitudinal (Figura 29). A montante o declive é acentuado, e grosso modo, a partir dos 4 km a inclinação do perfil longitudinal começa a diminuir. O setor mais jusante do rio Selho apresenta um declive reduzido, com grande assoreamento, pelo que o escoamento é mais lento, potenciando deste modo a ocorrência de cheias.



(Fonte: Adaptado de Correia, 2004)

Figura 29 – Perfil longitudinal do rio Selho

A avaliação da probabilidade de ocorrência de cheias de numa determinada bacia hidrográfica pode ser efetuada com recurso ao cálculo de alguns índices acerca da geometria e morfometria da bacia. O índice de Gravelius¹⁰ ou coeficiente de compacidade compara a forma da bacia a um círculo, e traduz a relação entre o perímetro da bacia e um círculo de igual área. Este é um índice adimensional, uma vez que muda com a forma da bacia, independentemente do seu tamanho, variando

¹⁰ Índice de Gravelius calculado através da fórmula:

$$KC = \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Em que, KC = coeficiente de compacidade; P = perímetro da bacia; e A = área da bacia em km²

entre a unidade para bacias perfeitamente circulares e de máxima compacidade, afastando-se desta com o aumento da irregularidade. A bacia hidrográfica do rio Selho não é circular, uma vez que o índice compacidade desta bacia se afasta da unidade, apresentando valores de 1,92 (Tabela 7)

Tabela 7 – Índice de Gravelius e relação entre o comprimento e área da bacia hidrográfica do rio Selho

Área (Km ²)	Perímetro da Bacia (km)	Índice de Gravelius ou de Compacidade	Relação entre o comprimento e área
66,9013	56	1,92	2,2

(Fonte: Adaptado de Chaves, 2001)

A bacia do rio Selho é estreita e alongada, como demonstra o índice de relação entre o comprimento e a área da bacia¹¹, que é de 2,2 (Tabela 7). Assim, quando este índice é igual a 1, a forma da bacia assemelha-se a um quadrado; quando inferior a 1, a bacia é alargada; e quando superior a 1 a bacia é alongada, como ocorre na nossa área de estudo. Esta situação traduz-se numa baixa probabilidade de ocorrência de cheias e inundações, uma vez que durante a ocorrência de precipitações mais intensas existe uma maior probabilidade de esta não cobrir a totalidade da bacia hidrográfica. Por outro lado, o facto de os seus afluentes atingirem o curso principal em vários pontos leva a que a água não se concentre apenas num único local, como ocorre nas bacias de características circulares.

A bacia hidrográfica do rio Selho, no que se refere ao índice de assimetria, é pouco simétrica (Tabela 8). Esta situação, por si só, contribui para uma menor probabilidade de ocorrência de cheias, uma vez que existe uma maior probabilidade de ocorrência de cheias quando as margens são simétricas, dado que a precipitação e a confluência

¹¹ Relação de comprimento e área da bacia calculado através da fórmula:

$$IC_o = \frac{L}{\sqrt{A}}$$

Em que, IC_o = índice de comprimento e área da bacia; L = comprimento da bacia em km; e A = área da bacia em Km²

das águas de escorrência para o curso de água principal faz-se em tempos e volumes homogéneos (Chaves, 2001).

Tabela 8 – Índice de assimetria na bacia hidrográfica do rio Selho

ÁREA (Km ²)			Índice de Assimetria (a/b)
Total	Vertente Mais Extensa (a)	Vertentes Menos Extensa (b)	
66,9013	47,7313	19,17	2,49

(Fonte: Adaptado de Chaves, 2001)

O tempo de concentração das águas¹² permite-nos analisar a variação e a circulação do caudal, sendo importante para a previsão de cheias, quanto menor for o tempo de concentração das águas, mais rápida é a confluência das águas no curso principal, e maior altura atingem os caudais (Chaves, 2001). O rio Selho apresenta tempos de resposta rápidos (Tabela 9), sendo de cerca de 6 horas na confluência do rio Selho com o Ave. Segundo Chaves (2001), estes resultados são típicos de bacias de pequena dimensão, como a do Selho, que são sensíveis à ocorrência de precipitações intensas.

Tabela 9 – Tempo de concentração das águas na bacia hidrográfica do rio Selho

Área (km ²)	Cumprimento do Curso de Água Principal (km)	Altura Média (m)	Tempo de Concentração das Água (horas)
66,9013	21,875	192	6

¹² Tempo de concentração das águas calculado através da fórmula:

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{H^{21}}}$$

Em que, T_c = tempo de concentração; A = área da bacia em km²; L = comprimento do rio, em km, desde a origem até à secção considerada; e H = altura média da bacia, em metros na secção considerada, ou seja, a diferença entre a altitude média menos a cota do rio nessa secção

(Fonte: Adaptado de Chaves, 2001)

O rio Selho tem uma relação de bifurcação baixa, esta relação demonstra que a estrutura geológica não tem influência sobre o padrão dominante da drenagem, encontrando-se os valores entre o intervalo de 3,0 – 5,0 (Tabela 10).

Tabela 10 – Relação de bifurcação na bacia hidrográfica do rio Selho

Ordem do Canal	Número de canais	Relação de Bifurcação
1	291	
2	58	5
3	13	4,5
4	3	4,3
5	1	3

(Fonte: Adaptado de Chaves, 2001)

A densidade de drenagem¹³ relaciona o comprimento total dos cursos de água da bacia com a sua área, e demonstra o comprimento dos canais existentes por unidade de superfície (Lourenço, 1989 *apud* Chaves, 2001), indicando a eficiência da escorrência superficial. A bacia hidrográfica do Selho apresenta uma densidade de drenagem baixa, de 4,35 km/km² (Tabela 11), o que se traduz em menores probabilidades de ocorrência de cheias e inundações. O rio apresenta, em geral, uma textura grosseira, ou seja, existe um grande espaçamento entre os cursos de água.

A densidade hidrográfica¹⁴ faz a relação entre o total de canais de ordem 1 com a unidade de superfície, traduzida em km², ou seja, este índice permite-nos saber qual

¹³ Densidade de drenagem calculada através da fórmula:

$$Dd = \frac{L}{A}$$

Em que, Dd = densidade de drenagem; L = comprimento dos segmentos em km; e A = área da bacia em km²

¹⁴ Densidade hidrográfica calculada através da fórmula:

o número de canais de ordem 1 existentes por unidade de superfície. O rio Selho apresenta uma densidade hidrográfica baixa, grosso modo, 4 canais por km² (Tabela 11). A existência de uma densidade hidrográfica baixa indica a presença de substratos rochosos impermeáveis ou de permeabilidade reduzida em vertentes com um declive acentuado, onde a escorrência pouco densa rapidamente se organiza, passando de uma situação laminar a concentrada (Chaves, 2001). A fraca existência de canais de primeira ordem está na base de importantes coeficientes de torrencialidade.

O índice de torrencialidade¹⁵ obtém-se através da multiplicação da densidade hidrográfica com a densidade de drenagem, sendo que o rio Selho apresenta indícios de forte torrencialidade (Tabela 12), o que vai de encontro aos baixos índices de densidades de drenagem e hidrográficas.

Tabela 11 – Índices de drenagem na bacia hidrográfica do rio Selho

Área (km ²)	Densidade de Drenagem (km/km ²)	Densidade Hidrográfica (km ²)	Coefficiente de Torrencialidade
66,9013	3,30	4,35	14,36

(Fonte: Adaptado de Chaves, 2001)

3.1.3. Uso do Solo

A existência de diferentes usos do solo numa bacia hidrográfica determina diferentes índices de infiltração e de escorrência. Segundo Marsh (1998 *apud* Chaves, 2001) a capacidade de infiltração e a permeabilidade dos solos diminui das áreas florestais para áreas urbanas, passando pelos usos intermédios, como o agrícola e o residencial, aumentando em sentido oposto a escorrência superficial.

$$Dh = \frac{N1}{A}$$

Em que, Dh = densidade hidrográfica; N1 = frequência de número de canais de ordem 1; e A = área da bacia em km²

¹⁵ Índice de torrencialidade calculado através da fórmula:

$$Ct = Dh * Dd$$

Em que, Ct = Coeficiente de torrencialidade; Dh = densidade hidrográfica; e Dd = densidade de drenagem

A existência de vegetação nas margens dos rios favorece a infiltração das águas e diminui a velocidade do escoamento, contribuindo para a redução da probabilidade de ocorrência de cheias. Nas áreas sem vegetação existe uma maior facilidade de escoamento, devido à falta de obstáculos, pelo que as águas de escorrência atingem velocidades mais elevadas e potenciam uma maior erosão. O material erodido a montante acaba por se acumular nos cursos de água, contribuindo também para a ocorrência de cheias.

As áreas que apresentam uma grande impermeabilização do solo têm baixas taxas de infiltração, logo maior escorrência, e por consequência, maiores caudais. Para além de todos estes fatores existem outros que são determinantes para a ocorrência de cheias, designadamente as intervenções humanas, como a construção de diques, barragens ou muros de proteção.

3.1.4. Áreas Susceptíveis à Ocorrência de Cheias

Na bacia hidrográfica do rio Selho é na parte jusante (já nossa área de estudo) que se verificam as condições mais favoráveis para a ocorrência de cheias, devido à conjugação das características físicas da bacia com precipitações intensas e/ou prolongadas (Correia, 2004). Ao nível das características físicas destaca-se, como acontece na globalidade da bacia, uma rede de drenagem pouco organizada e hierarquizada, baixas densidades de drenagem e hidrográficas, e por consequência uma elevada torrencialidade. Os declives são moderados a reduzidos, sendo os canais fluviais estreitos com fraca capacidade de vazão e o perfil longitudinal tem uma inclinação suave. O substrato rochoso, granitos bastante alterados, têm uma permeabilidade elevada e um uso de solo, agrícola ou florestal, com exceção da parte central onde se localiza o núcleo urbano de Guimarães (Chaves, 2001).

Os fatores físicos, segundo Chaves (2001), por um lado favorecem a capacidade de infiltração, o que reduz quer o volume e a velocidade de escorrência, quer o escoamento já no canal fluvial. Esta situação leva a que as cheias não assumam grandes proporções mas estas prolongam-se no tempo. Por outro lado, os fatores físicos favorecem a concentração e acumulação das águas nos setores mais aplanados e deprimidos. Nesta situação destaca-se o setor mais baixo da cidade de

Guimarães e daí para jusante, designadamente na veiga de Creixomil, até à confluência do rio Selho com o rio Ave. Esta situação ocorre devido à dificuldade de escoamento das águas no setor mais jusante do rio.

3.2. A Singularidade da Bacia Hidrográfica da Ribeira de Costa/Couros

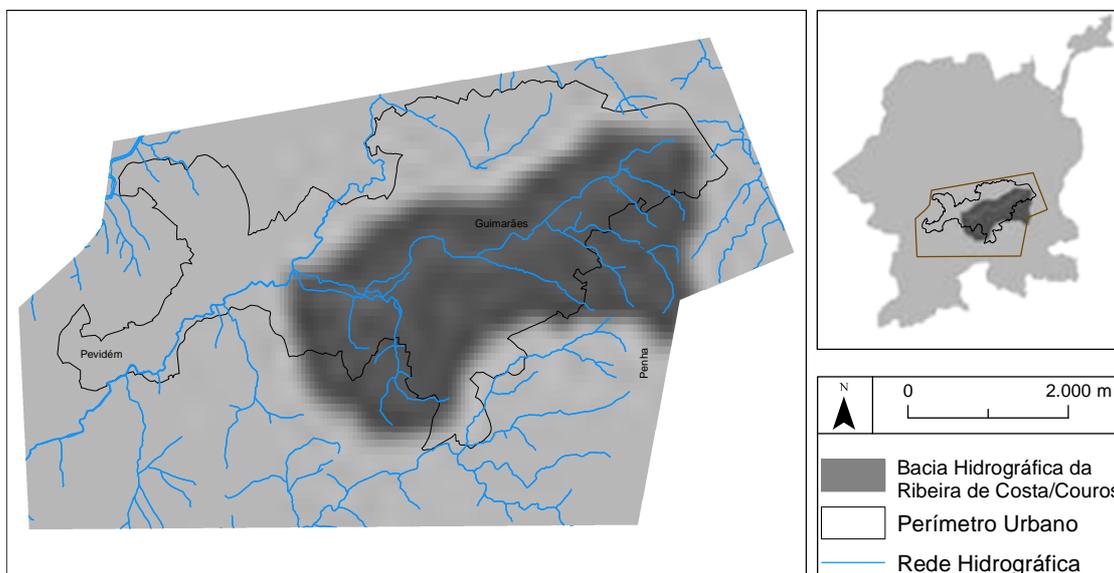
A ribeira de Costa/Couros, afluente da margem esquerda do rio Selho, apresenta singularidades resultantes da sua artificialização ao longo de vários séculos, uma vez que grande parte do troço desta ribeira se desenvolve dentro do núcleo urbano da cidade de Guimarães (Figura 30). Assim grande parte do seu percurso ocorre de forma canalizada, quer com um canal aberto ou fechado, sendo o seu leito aproveitado para moinhos, fábricas de curtumes, agricultura, tanques públicos e descarga de efluentes (domésticos e industriais).



Figura 30 – Artificialização na Ribeira de Costa/Couros

3.2.1. Características da Bacia

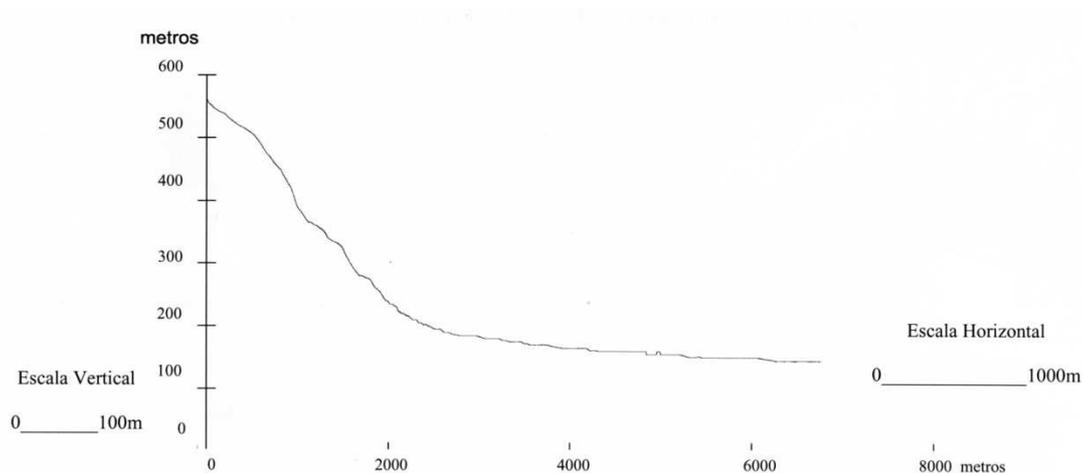
A ribeira de Costa/Couros apresenta uma bacia hidrográfica de 11,23 km² (Figura 31), tendo as suas cabeceiras na Serra da Penha (613 m) e percorre 6,2 km até à confluência com o rio Selho (147 m), apresentando um desnível de 450 m.



(Fonte: Câmara Municipal de Guimarães, s.d.1 e CMG)

Figura 31 – Bacia hidrográfica da ribeira de Costa/Couros

O perfil longitudinal de um rio, como já referimos anteriormente, permite-nos perceber quais as áreas onde existe uma maior probabilidade de ocorrência de cheias, em função da inclinação do perfil longitudinal do rio. A ribeira de Costa/Couros tem nos 2 km iniciais uma inclinação longitudinal elevada, pelo que o escoamento das águas é rápido (Figura 32). Contudo, a partir destes 2 km o perfil longitudinal passa a ter uma inclinação reduzida (Figura 32), pelo que a água que escoou rapidamente a montante acumula-se aqui. Para além disto, no setor onde a inclinação longitudinal é mais reduzida é onde existe uma maior impermeabilização do solo, logo maior escorrência superficial e maior caudal. Assim, no setor central e jusante da ribeira de Costa/Couros conjuga-se uma inclinação reduzida do perfil longitudinal com uma grande impermeabilização do solo, o que se traduz, claramente, numa maior probabilidade de ocorrência de cheias.



(Fonte: Adaptado de Martins, 2006)

Figura 32 – Perfil longitudinal da ribeira de Costa/Couros

A relação de bifurcação permite-nos analisar a ordem e a hierarquização da rede fluvial, e segundo Martins (2006), na bacia da ribeira de Costa/Couros verifica-se que a estrutura geológica não tem influência no padrão de drenagem, nos canais de ordem 1 e 3, apenas nos canais de ordem 2 existe esta influência, embora não seja muito significativa.

A bacia hidrográfica da ribeira de Costa/Couros apresenta uma relação muito simétrica entre as margens (Martins, 2006), o que por si só, contribui para a existência de uma maior probabilidade de ocorrência de cheias, uma vez que a precipitação e a confluência das águas de escorrência para o curso de água principal faz-se em tempos e volumes homogêneos (Chaves, 2001), situação que não se verifica quando analisada a totalidade da bacia hidrográfica do rio Selho.

O índice de Gravelius¹⁶ apresenta um valor de 1,2 (Tabela 13), valor próximo do 1, o que significa que a bacia da ribeira de Costa/Couros se aproxima da forma de um círculo, sendo o tempo de concentração das águas muito rápido, situações que propicia a ocorrência de cheias. Esta situação é confirmada pelo índice de alongamento da bacia¹⁷, cujo valor 0,79 (perto de 1) demonstra que esta bacia se

¹⁶ Idem 10.

¹⁷ Índice de alongamento da bacia calculado através da fórmula:

aproxima de um círculo (Tabela 12). Assim, tendo em conta os índices quanto à forma da bacia verificamos que todos apontam para a existência de um risco elevado para a ocorrência de cheias na bacia hidrográfica de Costa/Couros.

Tabela 12 – Índice de Gravelius e de alongamento da bacia, para a bacia hidrográfica da ribeira de Costa Couros

Índice	
Gravelius	Alongamento da Bacia
1,2	0,79

(Fonte: Adaptado de Martins, 2006)

O índice de drenagem¹⁸, que permite avaliar a eficiência do escoamento fluvial, demonstra que a bacia em análise tem pouca probabilidade de ocorrência de cheias, uma vez que este índice, com um valor de 2,08 km/km² (Tabela 13), assume um valor inferior ao do limite da densidade de drenagem baixa que é de 7,5 km/km². A densidade hidrográfica¹⁹ faz a relação entre o total de canais de ordem 1 com a unidade de superfície, traduzida em km², ou seja, este índice permite-nos saber qual o número de canais de ordem 1 existentes por unidade de superfície, como já referimos para a bacia hidrográfica do rio Selho. A ribeira de Costa/Couros apresenta uma densidade hidrográfica baixa, grosso modo, 2 canais por km² (Tabela 13), o que vai de encontro às características físicas da bacia, designadamente a presença de substratos rochosos impermeáveis ou de permeabilidade reduzida em vertentes com um declive acentuado (Martins, 2006). A fraca existência de canais de primeira

$$I_a = \frac{2\sqrt{A}}{L}$$

Em que, I_a = Índice de alongamento da bacia; A = área da bacia (km); L = comprimento máximo da bacia (km)

¹⁸ Idem 13.

¹⁹ Idem 14.

ordem está na base de importantes coeficientes de torrencialidade²⁰, com um valor de 3,02 (Tabela 13).

Tabela 13 – Densidade de drenagem, hidrográfica e coeficiente de torrencialidade da bacia hidrográfica da ribeira de Costa/Couros

Densidade de Drenagem (km/km²)	Densidade Hidrográfica (km²)	Coeficiente de Torrencialidade
2,08	1,985	3,02

(Fonte: Adaptado de Martins, 2006)

3.2.2. As Especificidades da Dinâmica Hidrológica nas Áreas Urbanas

No que se refere aos fatores naturais a probabilidade de ocorrência de cheias na ribeira de Costa/Couros é elevado, particularmente no setor jusante da bacia (onde existe uma menor inclinação longitudinal). Todavia, na análise da dinâmica hidrológica em áreas predominantemente urbanas, como acontece com a ribeira de Costa/Couros, deve se ter em consideração, para além dos fatores naturais, as alterações efetuadas no meio, designadamente na topografia, através de aterros e desaterros (alterando o perfil de escoamento) e na permeabilidade dos solos (aumento da impermeabilização destes). Visto que as alterações efetuadas no meio provocam também uma alteração da dinâmica hidrológica, promovendo, claramente, o aumento e a velocidade da escorrência (Correia, 2004).

Nas áreas urbanas, como a nossa área de estudo, como o solo está impermeabilizado não existe infiltração das águas, pelo que esta escorre à superfície, aproveitando, por exemplo, as estradas como canais de escoamento. Estas águas acabam por se concentrar em canais escoamentos criados artificialmente, que rapidamente saturam e provocam cheias, em alguns casos promovidos pela falta de limpeza destes. Para além destes canais artificiais a canalização dos cursos de água naturais raramente tem em consideração os episódios extremos, pelo que quando estes ocorrem

²⁰ Idem 15.

facilmente existe um transbordo do caudal, que provoca inundações muito rápidas (flash floods).

Os fatores responsáveis pela ocorrência de cheias em rios que se encontram fortemente artificializados resultam principalmente da alteração do meio, isto é, da impermeabilização do solo. Esta situação é comprovada por Martins (2006), no seu levantamento de notícias relacionadas com as cheias, na ribeira de Costa/Couros, no jornal “O Comércio de Guimarães”, para o Século XX e XXI. A análise deste levantamento demonstrou que as cheias nesta ribeira tiveram como elemento desencadeador a precipitação intensa, no entanto, as acções antrópicas contribuíram para a maximização destas cheias, designadamente a artificialização do canal, a impermeabilização dos solos, obras de obstrução no curso de água (como pontes), e a falta de limpeza dos cursos de água e dos coletores de águas pluviais.

3.2.3. Áreas Susceptíveis à Ocorrência de Cheias

No Plano Municipal de Emergência de Guimarães (2002) são definidas como áreas de cheia e inundação na bacia hidrográfica da ribeira de Costa/Couros: a Rua das Eiras (Creixomil); e a Rua da Ramada (S. Sebastião), Largo da Cidade (Oliveira do Castelo) e a Rua da Caldeiroa (São Sebastião), estando estas áreas sujeitas a inundações por motivos diferentes. No primeiro caso, na Rua de Eiras, as inundações resultam, essencialmente, de fatores naturais, como a baixa altitude (145 – 150 m), o declive reduzido (< 1%, quase em forma de depressão) e a acumulação de sedimentos (depósitos aluvionais). Neste caso o escoamento é mais lento, o que provoca um aumento da altitude média das águas, e por consequência a ocorrência de cheias. No caso, das ruas da Ramada, Caldeiroa e Largo da Cidade, a ocorrência de cheias resulta da acentuada impermeabilização do solo, que originam elevadas quantidades de escorrência superficial, provocando um aumento do caudal, que os canais artificiais não conseguem dar vazão, provocando o rápido transbordo do caudal.

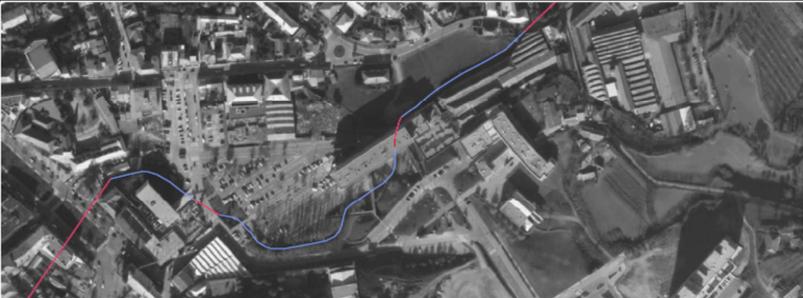
3.2.4. Projeto de Intervenção na Ribeira de Costa/Couros

A bacia hidrográfica da ribeira de Costa/Couros quer devido aos fatores naturais quer antrópicos possui uma grande probabilidade de ocorrência de cheias, aquando de

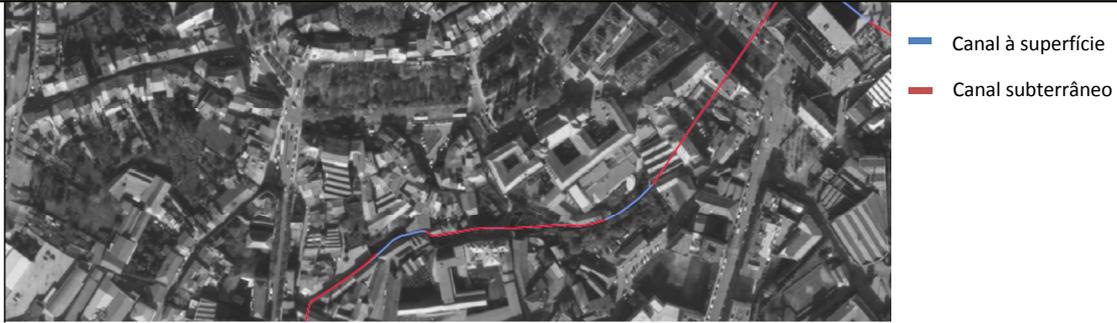
episódios de precipitações extremos. Estas cheias afetam particularmente as áreas construídas (habitações, indústria e comércio) causando avultados prejuízos materiais. Pelo que a ribeira de Costa/Couros tem sido alvo de algumas intervenções por parte da Câmara Municipal de Guimarães, no âmbito do projeto *Campurbis*. Este projeto pretende regularizar o leito e as margens da ribeira, de modo a controlar os efeitos das cheias, e requalificar e revitalizar esta ribeira, devido ao elevado grau de poluição e contaminação (Vieira *et al.*, 2008).

Para a elaboração do projeto foram levantados os principais problemas que a ribeira de Costa/Couros apresenta. Neste estudo a ribeira de Costa/Couros foi dividida em seis troços, apresentando-se de seguida (Tabela 14) os principais problemas de cada troço (Câmara Municipal de Guimarães, 2008).

Tabela 14 - Principais problemas detetados na ribeira de Costa/Couros

Troço 1 – Parque da Cidade (Nascente)	
	<p>— Canal à superfície</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Excesso de vegetação no leito, margens instáveis, falta de limpeza das margens e do leito da ribeira, depósito de lixos e restos de vegetação; 2. Impermeabilização das margens (cimentado) – retenção da água mal sucedida, desmoronamento de pedras e erosão das margens; 3. Presença de tubos de captação de água com débito direto apresentando espuma e lixo. 	
Troço 2 – Parque da Cidade (Poente)	
	<p>— Canal à superfície — Canal subterrâneo</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Descargas de efluentes domésticos, existem focos de contaminação (de habitação no Parque bem como edifícios diversos nas suas redondezas, públicos e privados); 2. Margens muito destruídas pela erosão a jusante; 3. Obras hidráulicas desajustadas com grande impacte ao nível de enquadramento paisagístico. 	
Troço 3 – Hortas	
	<p>— Canal à superfície — Canal subterrâneo</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Emissão de efluentes domésticos e industriais, tampas de saneamento abertas, contaminação dos solos; 2. Presença de tubos de descarga que esteticamente se tornam desagradáveis; 3. Assoreamento do leito, ausência de vegetação e algumas margens impermeabilizadas. 	

Troço 4 – Zona de Couros



1. Em alguns troços há acumulação de lixos, descargas de efluentes domésticos e industriais;
2. Galeria ripícola inexistente – a impermeabilização das margens potencia cheias urbanas;
3. Carência de espaços permeáveis – os espaços impermeabilizados impedem a infiltração de água contribuindo para as cheias urbanas;
4. Património bastante degradado.

Troço 5 – Mercado Municipal e Alameda Mariano Felgueiras



1. Novo Mercado Municipal originou impactos consideráveis no percurso inicial da ribeira e de toda a envolvente;
2. Alguns troços com margens instáveis, desmoronamento de pedras e erosão evidente;
3. Presença de tubos de saneamento ao longo da ribeira, com visível degradação;
4. O assoreamento nas saídas das condutas origina a acumulação de lixos e sedimentos nas margens e do leito da ribeira.

Troço 6 – Veiga de Creixomil



1. Troços com acumulação de lixos, entulhos e restos de material vegetal provenientes de podas e operações agrícolas nos terrenos adjacentes à ribeira;
2. Descargas de efluentes domésticos e industriais;
3. Estrangulamento nas passagens nos troços canalizados e junto às vias.

(Fonte: Câmara Municipal de Guimarães, 2008)

A intervenção na ribeira de Costa/Couros apresentou os seguintes objetivos (Vieira *et al.*, 2008, p. 4):

- Mitigação dos efeitos da artificialização (canalização) em vários troços da ribeira, responsáveis por reduções da velocidade e da sua capacidade de vazão, erosão das margens, e agravamento das curvas de regolfo em situações de cheia;
- Minimização do problema das cheias no centro urbano de Guimarães;
- Estabilização das margens da ribeira nos locais críticos onde a erosão é muito significativa;
- Eliminação das fontes de poluição pontual através da drenagem e tratamento das águas residuais que indevidamente afluem à ribeira;
- Manutenção/criação de zonas de lazer, de modo a proporcionar a interação com a população sensibilizando-as para a preservação do corredor ribeirinho.

Os objetivos traçados vão de encontro aos problemas detetados na Ribeira de Costa/Couros, designadamente o problema das cheias, quer devido aos fatores naturais, resultantes das características da bacia, quer artificiais, resultante da elevada artificialização da ribeira e da impermeabilização das margens; o problema de acentuada erosão em algumas áreas das margens da ribeira; e a elevada poluição da ribeira, devido à descarga de efluentes, que é fundamental resolver, particularmente para a implementação do último objetivo, ou seja, a utilização do corredor ribeirinho para efeitos de lazer.

4. Dinâmica Climática

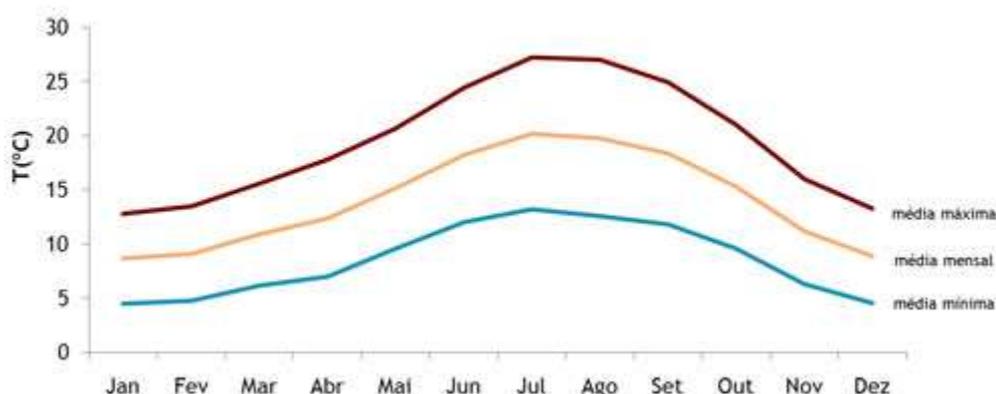
O clima é um dos principais fatores naturais que contribui para a formação das paisagens, sendo determinado fundamentalmente por duas causas: a radiação solar e os movimentos das massas de ar, que se combinam de formas diversas, imprimindo a cada região características próprias (Brito, 1997).

Portugal, inserido na Península Ibérica, situa-se na margem meridional da zona temperada do hemisfério norte, onde a atmosfera tem um escoamento generalizado de oeste para leste, ou por outras palavras, encontra-se no limite setentrional da zona das altas pressões subtropicais (Daveau, 1999). As principais características do clima português resultam da sua situação de margem atlântica, a latitudes subtropicais. Segundo a classificação de climática de Köppen-Geiger, a área urbana de Guimarães insere-se na zona climática *Csb*, em que o “C” corresponde aos climas temperados (a temperatura média do mês mais frio situa-se entre os 18⁰C e os -3⁰C), o “s” indica que a estação seca, no respetivo hemisfério, ocorre no verão, e o “b” refere que a temperatura média do mês mais quente é inferior a 22⁰C e pelo menos quatro meses têm temperaturas superiores a 10⁰C (Strahler e Strahler, 2000).

As diferenças regionais do clima português resultam da posição em latitude, da distância ao litoral e, ainda, do relevo. No contexto da divisão climática proposta por Daveau (1985), a área urbana de Guimarães insere-se na região climática designada por “fachada atlântica”. Segundo a autora, este tipo de clima, influenciado pelas condições marítimas, apresenta alguns dias de forte calor ou de frio sensível, que desaparecem sob a ação da brisa do mar no verão ou das massas de ar oceânico. Este tipo climático é relativamente chuvoso e caracterizado pela forte e persistente nebulosidade. Tendo por base os regimes térmicos existente em Portugal, baseados na intensidade e frequência dos extremos médios intraanuais, definidos por Daveau (1985), a nossa área de estudo, inserida na fachada atlântica do Minho (abaixo dos 600-700 m), apresenta verões moderados e invernos frescos. No verão, a temperatura máxima média do mês mais quente é de 23-29⁰C, e encontramos entre 20 a 100 dias com temperaturas superiores a 25⁰C. Por sua vez, no inverno a temperatura média do

mês mais frio é de 2-4⁰C, e encontramos entre 10/15 a 30 dias em que as temperaturas médias do mês mais frio é inferior a 0⁰C.

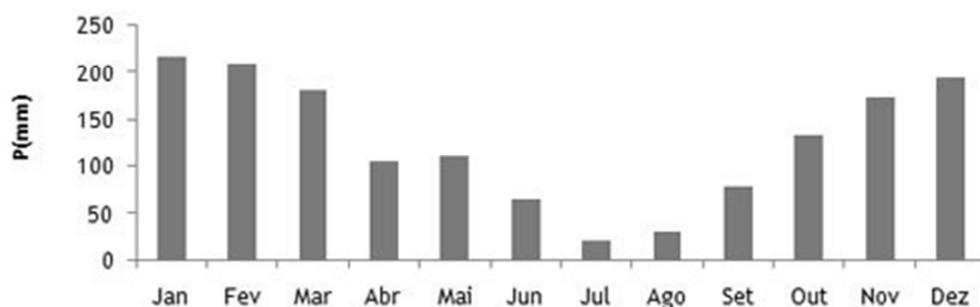
Na nossa área de estudo, os dados da estação climatológica mais próxima – a estação de Braga (Posto Agrário) -, cujos dados correspondem ao período de 1951 a 1980, corroboram a informação da classificação climática de Köppen-Geiger e de Daveau (1985), apresentadas anteriormente. De acordo com os dados desta estação (Figura 1), a temperatura média do mês mais frio (janeiro) varia entre 2 e 5⁰C, verificando-se durante 10/15 a 30 dias por ano temperaturas negativas. A temperatura máxima média do mês mais quente (Julho) é de 27, 2⁰C (podendo variar entre 23 e os 32⁰C) verificando-se durante 20 a 120 dias, por ano, temperaturas máximas superiores a 25⁰C (Figura 33) (I.N.M.G., 1991 *apud* Câmara Municipal de Guimarães, s.d.2).



(Fonte: I.N.M.G., 1991 *apud* Câmara Municipal de Guimarães, s.d.2)

Figura 33 – Temperaturas médias na estação climatológica de Braga (1951-1980)

A precipitação ocorre ao longo de todos os meses do ano, no entanto concentra-se sobretudo no inverno entre novembro e março (Figura 34). O mês em que se regista maior pluviosidade é o de janeiro (217,1 mm) e, por oposição, Julho (20,9 mm) é o mês com menor pluviosidade. No total do ano, a precipitação em média é de 1514,8 mm (I.N.M.G., 1991 *apud* Câmara Municipal de Guimarães, s.d.2). Os elevados totais anuais de precipitação resultam da passagem de superfícies frontais, conjugadas com o efeito da orografia (Strahler e Strahler, 2000).



(Fonte: I.N.M.G., 1991 *apud* Câmara Municipal de Guimarães, s.d.2)

Figura 34 – Distribuição mensal da precipitação na estação climatológica de Braga (1951-1980)

4.1. Caracterização da Dinâmica Climática Local

A escala climática regional, anteriormente analisada, traduz as características gerais das grandes regiões climáticas, no entanto, no âmbito de análise desta dissertação, e no ordenamento do território, o importante é analisar as particularidades climáticas locais. Neste sentido, as características do clima regional servem apenas como enquadramento para a análise do clima local.

A análise das características climáticas locais para a área urbana de Guimarães foi efetuada com base na divisão climática proposta por Andrade (2005), que apresentamos de seguida (Figura 35):

- Mesoclima – corresponde à influência integrada da cidade (compreende vários climas locais), e a sua influência sente-se ao nível da atmosfera urbana superior;
- Clima local ou topoclima – é clima de uma área com uma combinação característica de elementos, como o tipo de ocupação do solo ou a posição topográfica. Um clima local engloba um conjunto de microclimas;
- Microclima - reflete a influência de elementos urbanos individuais e dos seus arranjos mais elementares (edifícios e as suas partes constituintes; ruas e praças; pequenos jardins), a dimensão típica poderá ir até uma cerca de uma

outras vantagens, como o baixo custo de aquisição²² da informação e em formato digital, que permite a utilização de métodos automáticos; a possibilidade de aquisição de dados tanto de cidades como de áreas mais remotas; e facilidade de atualização, devido à periodicidade da aquisição das imagens, em alguns casos.

4.1.1. Mesoclima

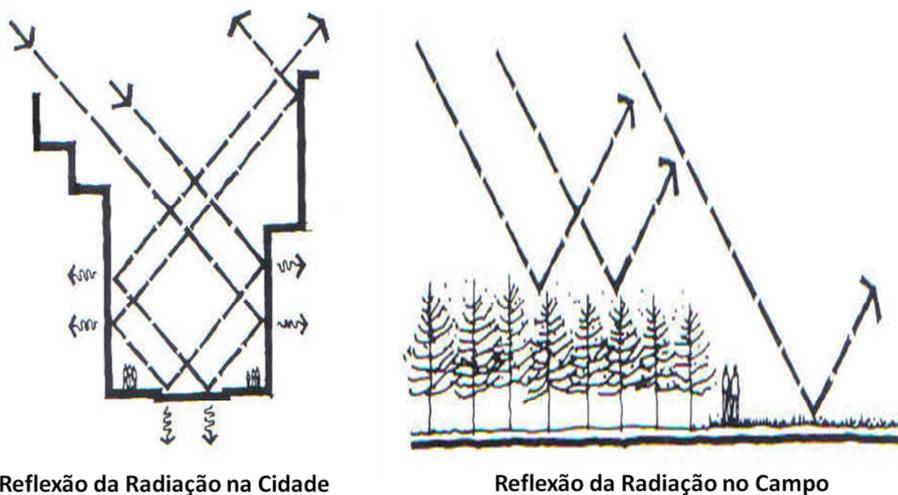
Na escala mesoclimática, que corresponde à influência integrada da cidade, não existem dados climáticos que nos permitam caracterizar a influência da cidade Guimarães no clima regional, pelo que a análise desta será efetuada em termos teóricos. Desde logo, a construção de uma casa, de uma estrada ou de uma fábrica numa dada região altera o clima aí existente, criando um microclima de grande complexidade, dependendo este do desenho, da função e da densidade da construção (Barry, 1985). Assim, a complexidade do meio urbano deve-se aos múltiplos padrões morfológicos (diferentes formas, volumetrias, cores e materiais) que interagem com a atmosfera urbana (Lopes, 2003). A modificação induzida pela cidade no clima regional está diretamente vinculada com o seu tamanho (Higuera, 2010).

As alterações provocadas pelas cidades no clima podem ocorrer ao nível da modificação da composição da atmosfera, do balanço calorífico e das características da superfície. A elevada poluição a que as cidades estão expostas, devido ao aumento do dióxido de carbono e do metano, entre outros poluentes, provoca a alteração das propriedades térmicas da atmosfera, a atenuação da luz solar e a produção de inúmeros núcleos de condensação. O elevado volume de partículas na atmosfera reduz a penetração das radiações de onda curta de espectro ultravioleta, que são biologicamente fundamentais para a produção de certas vitaminas e a manutenção da saúde (Barry, 1985)

No balanço energético de uma área construída para além da radiação solar existe também o calor resultante do consumo humano de energia por combustão e elétrica, que pode exceder os valores da radiação solar, particularmente no inverno (Higuera,

²² A imagem de satélite utilizada nesta dissertação foi obtida, gratuitamente, a partir do site: <http://earthexplorer.usgs.gov/>, do U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey.

2010). Segundo Hough (1995) a energia é a base para a explicação das diferenças do clima das cidades e das áreas rurais circundante, sendo esta diferença explicada pela existência de materiais distintos nestas áreas. Nas cidades encontramos grandes áreas impermeabilizadas (ruas ou outros espaços pavimentados) e edificadas (edifícios em pedra ou cimento) que armazenam e conduzem o calor de forma mais rápida do que nas áreas com vegetação. Para além disto, as construções urbanas (telhados, muros, ruas) atuam como refletores múltiplos (Figura 36), absorvendo parte da energia e refletindo outra parte para outras superfícies, aumentando a quantidade de energia recebida e armazenada na cidade. Por oposição, nas áreas com vegetação (Figura 36) a copa das árvores recebe e retém a maior quantidade da radiação, e devido à ausência de superfícies verticais a radiação é de novo refletida para a atmosfera. Assim, os níveis inferiores permanecem relativamente mais frios, o que justifica as diferenças de temperatura entre as áreas construídas e as áreas arborizadas.



(Fonte: Lowry, 1967 *apud* Hough, 1995)

Figura 36 – Diferenças na reflexão da radiação solar nas cidades e no campo

Neste sentido, as áreas urbanas apresentam valores de temperatura superiores aos das áreas rurais envolventes, fenómeno que é designado por ilha de calor urbano²³. De

²³ A ilha de calor urbano consiste na existência de temperaturas mais elevadas e humidade relativa mais reduzida nas áreas centrais das cidades em comparação com as áreas circundantes (Higuera, 2010).

acordo com Lopes (2008) podemos distinguir três tipos de ilhas de calor urbano (Figura 37):

- Ilhas de calor urbano das superfícies que contactam com a atmosfera urbana inferior, sendo observada a partir de instrumentos de deteção remota;
- Ilhas calor urbano da atmosfera urbana inferior, localizada entre o nível do solo e o nível médio do topo dos edifícios, sendo as temperaturas medidas abaixo do nível dos telhados, por exemplo a partir de estações meteorológicas;
- Ilhas calor urbano da atmosfera urbana superior, que se sobrepões à anterior, podendo estender-se até à atmosfera livre.

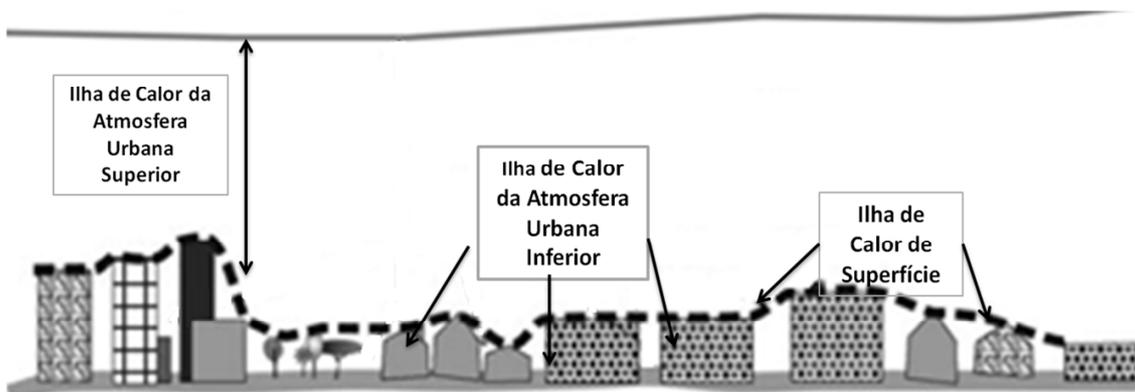
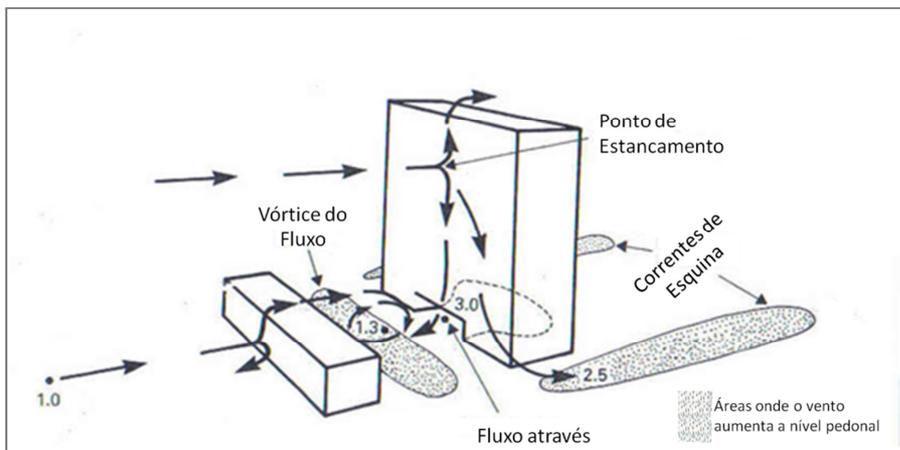


Figura 37 – Ilhas de calor urbano em função da camada atmosférica

As características intrínsecas das cidades provocam também alterações no regime dos ventos, nomeadamente a alteração dos fluxos e a redução da velocidade (Barry, 1985). Assim nas cidades os ventos são extremamente complexos, uma vez que a altura dos edifícios e a sua disposição, as ruas e as praças originam fluxos, correntes e remoinhos que alteram as características locais. Os ventos ao encontrarem um edifício consideravelmente mais alto alteram o seu fluxo, criando um corrente descendente do lado do barlavento, e condições muito turbulentas ao nível pedonal. A reduzida pressão do ar do lado do sotavento leva à sucção e o vento adquire velocidade ao redor das esquinas e através da passagem por debaixo do edifício (Figura 38). Estas alterações na circulação do vento condicionam diretamente um conjunto de elementos que desempenham um papel fundamental na definição das condições

climáticas das cidades, designadamente a temperatura, a evaporação, humidade e a evapotranspiração.



(Fonte: Oke, 1977 *apud* Hough, 1995)

Figura 38 – Comportamento típico de um fluxo de vento nas proximidades de um edifício

As características próprias das cidades provocam, ainda, alterações ao nível da humidade do ar, uma vez que nas cidades predominam as áreas edificadas sobre as áreas verdes e os cursos de água. As construções urbanas provocam uma elevada escorrência, devido à impermeabilização do solo, pelo que a água da chuva desaparece muito rapidamente (Higuera, 2010), o que impede a transpiração das plantas ou a evaporação direta da água que contribuiria para a redução da temperatura do ar.

4.1.2. Clima Local

O clima local ou topoclima resulta de uma combinação característica de elementos, como a posição topográfica (fundo do vale, vertente, topo) ou o tipo de ocupação do solo, em que cada uma das situações cria condições climáticas próprias.

A posição topográfica determina claramente as características climáticas de uma determinada área (Tabela 15). Assim, nos topos ao longo do dia verifica-se uma acentuada variação da temperatura (elevada de dia e reduzida de noite) e da humidade relativa, contudo no fundo do vale estas variações são ainda mais acentuadas, uma vez que estas áreas arrefecem muito durante a noite, devido à irradiação e à acumulação do ar frio que escoam das vertentes. Esta acumulação de ar

frio potencia o risco de geada, pois se durante o dia os cursos de água constituem uma importante fonte de vapor de água, durante a noite com o arrefecimento o vapor de água condensa. Assim, se a temperatura for superior a 0°C forma-se orvalho, ou seja, o vapor de água transforma-se em gotas de água. Se a temperatura for inferior a 0°C forma-se geada, em que o vapor de água assenta na superfície sobre a forma de gelo. Para além disto, quando a temperatura no fundo de vale é superior a 0°C e existe alguma agitação do ar, durante a madrugada, forma-se o nevoeiro de irradiação, que permanece até ao início da manhã. Nas vertentes o risco de geada é reduzido, pois nestas áreas forma-se uma cintura térmica, em que as temperaturas são mais elevadas, dado que o ar frio escoia para o fundo de vale, verificando-se deste modo uma reduzida variação da temperatura e da humidade relativa entre o dia e a noite.

Tabela 15 – Características em função da posição topográfica

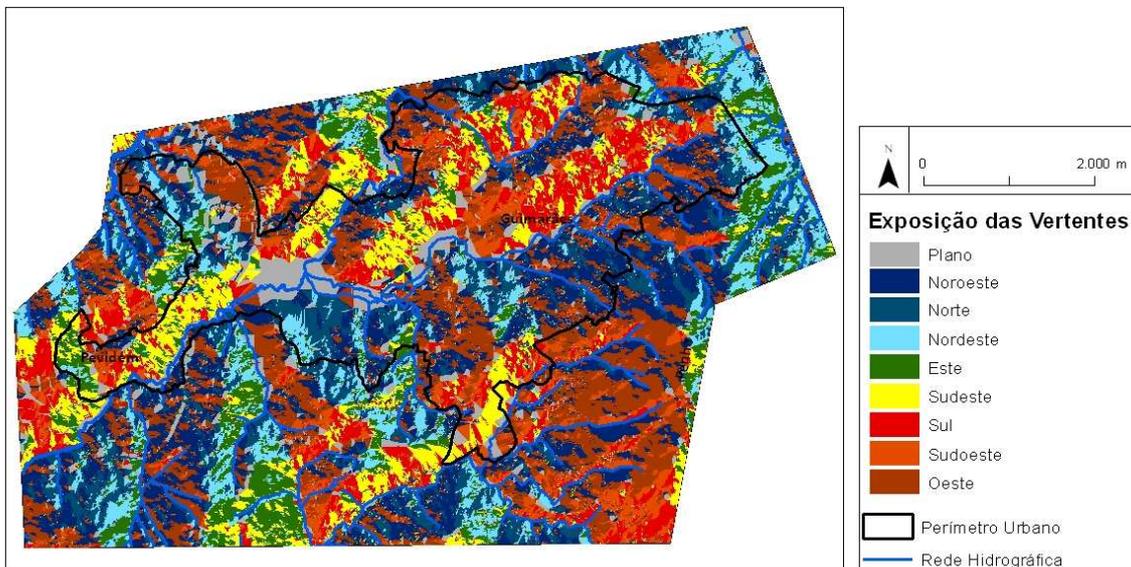
Posição Topográfica	DIA				NOITE		
	Radiação Solar (Direta)	Insolação (n.º de horas)	Temperatura (máxima)	Humidade Relativa (%)	Irradiação	Temperatura (mínima)	Humidade Relativa (%)
Topo	Máxima	Elevada	Superior à das vertentes	Reduzida	Elevada	Inferior à das vertentes	Elevada
Vertente	Inferior ao topo e fundo de vale e dependente da exposição	Inferior à do topo	Inferior a do topo e do fundo de vale	Depende da exposição da vertente (reduzida nas vertentes soalheiras e elevada nas vertentes sombrias)	Inferior ao topo e ao fundo do vale	Superior ao topo e ao fundo de vale (formação da cintura térmica)	Reduzida
Fundo de Vale	Inferior aos topos mas superior às vertentes (ainda, recebe radiação indireta das vertentes)	Inferior ao topo e vertentes	Superior ao topo e vertentes	Muito reduzida	Elevada, mas inferior ao topo (mas ocorre a acumulação do ar frio do topo e das vertentes)	Inferior ao topo e as vertentes	Muito Elevada

As características climáticas das vertentes dependem, em grande parte, da sua exposição, uma vez que esta condiciona a radiação solar recebida, estando algumas vertentes mais expostas à radiação do que outras. As diferentes exposições à radiação solar originam diferentes características climáticas (temperatura e humidade), que são determinantes no conforto bioclimático, na natureza da vegetação espontânea, e nas culturas agrícolas (Magalhães, 2001). As vertentes expostas a sul (no hemisfério norte) são as que recebem maior quantidade de radiação ao longo do ano. Nestas vertentes quanto maior for o declive mais radiação recebem no período mais frio (inverno) e menos no período mais quente (verão). Esta diferença de radiação em função do declive deve-se à variação da altura do Sol, entre o verão e o inverno, designado por “efeito varanda”. Este efeito é aproveitado na construção dos edifícios, de modo a permitir a incidência dos raios solares durante o inverno e não no verão, quando há mais calor. Estas vertentes são as mais favoráveis para a implantação da edificação.

Nas vertentes expostas a norte, durante o inverno as superfícies menos inclinadas recebem mais radiação solar do que as superfícies verticais, que só recebem radiação solar de manhã e à tarde, quando o Sol passa a linha este-oeste, ou seja, entre os equinócios e o solstício de verão. No verão verifica-se a situação oposta, uma vez que são as superfícies verticais que recebem mais radiação. Em termos de valores totais as vertentes expostas a norte recebem muito pouca radiação pelo que estas vertentes são muito desconfortáveis em termos bioclimáticos. As vertentes exposta a este e a oeste recebem valores de radiação intermédios, em relação às anteriores. Nas vertentes expostas a poente a temperatura das massas de ar são mais elevadas do que nas expostas a nascente, devido ao aquecimento das massas de ar acumulado ao longo do dia, enquanto a nascente a radiação fornecida durante as primeiras horas do dia é gasta na evaporação do orvalho.

Na área de estudo (Figura 39) as duas principais áreas urbanas – Guimarães e Pevidém - desenvolvem-se nas vertentes expostas a sul (incluindo as vertentes sudoeste e sudeste) e oeste, que são as vertentes mais favoráveis à edificação em termos bioclimáticos. Os setores planos na área de estudo são em quantidade e dimensão reduzidos, destacando-se na parte central da área de estudo o vale do rio Selho. Em

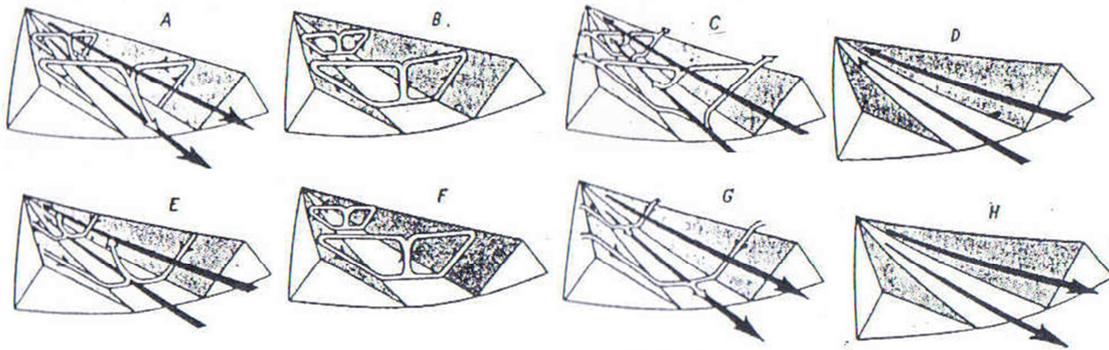
relação ao monte da Penha apenas se enquadra na nossa área de estudo as vertentes expostas a oeste, incluindo as noroeste e sudoeste.



(Fonte dos dados: CMG)

Figura 39 – Carta de exposições da área urbana de Guimarães

A diferença de temperatura e de pressão existente entre as diferentes posições topográficas origina correntes de ar locais, designadas por brisas, cujos movimentos do ar podem ser ascendentes ou descendentes, numa circulação contínua e variável ao longo do dia (Fadigas, 2007). A natureza destes sistemas de ventos depende da orientação e geometria dos vales, sendo que os sistemas de ventos mais bem desenvolvidos e simétricos ocorrem em vales profundos, retilíneos e com uma orientação norte-sul. Em vales com outra orientação e com uma geometria mais complexa, como é o caso da nossa área de estudo, as brisas assumem um padrão complexo e, até mesmo, incompleto. De seguida apresentamos o esquema de circulação das brisas durante um dia de verão, segundo Defant (*apud* Geiger, 1990), ilustrado na Figura 40 (A, B, C,D,E,F e G).



(Fonte: Adaptado de Defante *apud* Geiger, 1990)

Figura 40 – Alternância do sistema de brisas durante o dia

Com o nascer do Sol iniciam-se as brisas ascendentes de vertente (setas a branco), mas como o ar do vale ainda está fresco a brisa de montanha (setas a preto) mantém-se, sendo alimentada pelo retorno das brisas ascendentes de vertente (A). Com o aquecimento do ar, a brisa de montanha termina, permanecendo as brisas ascendentes de vertente (B), levando ao rápido aquecimento de toda a massa de ar do vale. Por volta do meio-dia (C), começa-se a sentir a brisa de vale (setas a preto), que vai alimentar a brisa ascendente de vertente, mas que por sua vez recebe massas de ar a meio do vale das correntes de retorno das vertentes. Ao fim da tarde (D), as brisas ascendentes de vertente cessam, permanecendo apenas a brisa de vale. No início da noite (E), com o arrefecimento das massas de ar no vale, a brisa do vale (setas a preto) permanece, e iniciam-se as brisas descendentes de vertente (setas a branco), que vão alimentar a brisa do vale. Com avançar da noite, a brisa de vale termina, dominando as brisas descendentes de vertente (F). De madrugada (G), começa-se a sentir a brisa de montanha, que é alimentada pelas brisas descendentes de vertente, que ainda permanecem. No final da madrugada (H), as brisas descendentes de vertente terminam, permanecendo apenas a brisa de montanha.

Para além dos aspetos naturais relacionados com a topografia também o uso do solo influencia diretamente as características climáticas de uma determinada área. Esta análise pode ser efetuada, ainda que indiretamente, do através do índice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, traduzido como o Índice de Vegetação de

Diferença Normalizada), que permite distinguir as áreas com vegetação das restantes, ou seja, este índice não traduz os diferentes usos do solo, mas permite-nos diferenciar as áreas mais naturalizadas das mais artificializadas. Para a área urbana de Guimarães o índice NDVI foi calculado com base na imagem do satélite Landsat 7 ETM+, de 24 de junho de 2000²⁴, que apresentava fraca nebulosidade (*CLOUD_COVER* = 60), uma vez que a presença de nuvens altera a leitura da reflectância pelo sensor do satélite, dado que em vez de este ler a reflectância do solo este lê a das nuvens. Este índice é baseado na diferença dos valores entre o canal do infravermelho próximo (caracterizado por níveis elevados de reflectância²⁵ e fraca absorção²⁶ das plantas) e o canal vermelho (onde a reflectância espectral é baixa e dominada pela absorção) (Lopes, 2003), calculado através da fórmula matemática (eq.2):

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{VIS}) / (\text{NIR} + \text{VIS})$$

[eq.2]

Em que,
NIR = radiação do infravermelho próximo
VIS=radiação visível

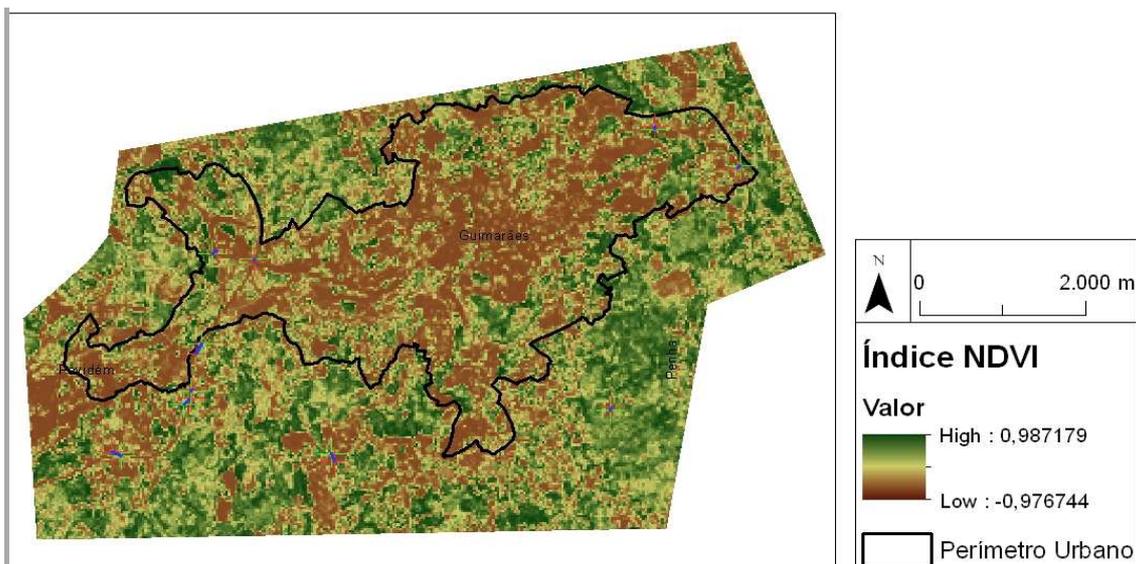
O cálculo do índice de NDVI para um dado *pixel* varia entre os valores de -1 e 1, onde os valores positivos mais elevados indicam um aumento da atividade fotossintética e da densidade da vegetação. Segundo Lopes (2003) os solos sem vegetação apresentam valores típicos de 0,20 e valores de 0,70 para áreas com povoações vegetais densas; os solos e as rochas têm valores próximos do zero (Greenland, 1994 *apud* Lopes, 2003).

²⁴ O satélite Landsat 7 foi lançado em 15 de abril de 1999 (Base Aérea de Vandenburg, Estados Unidos da América), composto por oito bandas, sendo as de 1 a 5 e a 7 captadas pelo sensor ETM+, com resolução espacial de 30 x 30 m (Ortiz e Amorim, 2011); a banda 6 do infravermelho tem resolução espacial de 60 x 60 m; e a banda 8 pancromática tem uma resolução espacial de 15 x 15 m. A partir de 31 de maio de 2003 o Scan Line Corrector (SLC) do ETM+ deixou de funcionar, o que originou a perda dos dados das imagens obtidas a partir desta data, uma vez que este defeito não pode ser consertado é difícil encontrar imagens a partir desta data

²⁵ A reflectância expressa a relação de proporção entre a energia radiante incidente numa dada superfície e a energia radiante refletida por essa superfície.

²⁶ A absorção expressa a relação entre a radiação absorvida por uma superfície e a radiação incidente sobre essa superfície

Na área urbana de Guimarães é possível identificar diferenças significativas de vegetação dentro e fora do perímetro urbano (Figura 41). Na área exterior encontramos várias manchas com vegetação densa (valores positivos de NDVI próximos de 1), destacando-se a toda a vertente da Penha (setor Este da área de estudo). Contudo, estas manchas são recorrentemente intercaladas por campos agrícolas e áreas construídas (valores negativos de NDVI). Dentro do perímetro urbano, na maior parte da área não encontramos vegetação, ou seja, os valores de NDVI são negativos, uma vez que esta é uma área fortemente urbanizada ou agricultada (e para este índice as áreas agrícolas (solo exposto) e urbanas apresentam valores semelhantes). Entre a área urbana de Guimarães e limite do perímetro urbano é ainda possível encontrar algumas manchas verdes, que formam uma espécie de cintura verde em volta da cidade.

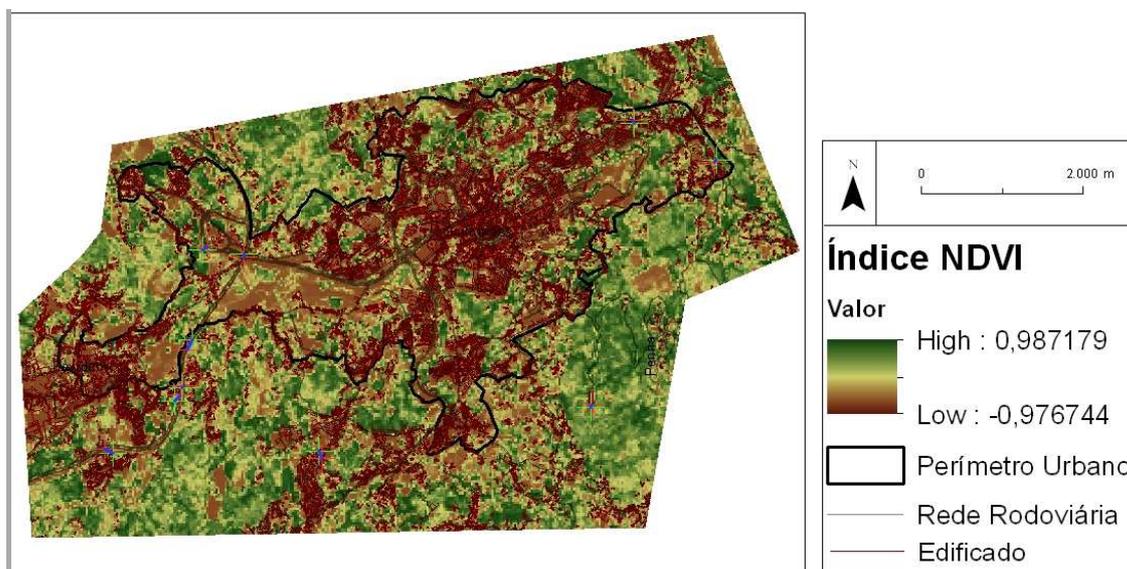


(Fonte dos dados: Landsat 7 ETM+, 24 de junho de 2000 e CMG)

Figura 41 - Cálculo do índice NDVI para a área urbana de Guimarães

Na análise do índice NDVI destaca-se a área verde da Penha e por oposição a área construída do centro urbano de Guimarães e de Pevidém. No restante território fica claramente ilustrado a existência de um povoamento disperso, que ocorre particularmente ao longo das vias rodoviárias (Figura 42), intercalado por vastas áreas agrícolas. Esta análise vai de encontro ao que Lautensach (1996) refere sobre o tipo de povoamento nesta área, ou seja, no “noroeste (e no sul de Portugal) o povoamento

disperso é muito frequente; mas quando as casas se juntam em aldeias ou cidades, não é raro apinharem-se” (p. 833).



(Fonte dos dados: Landsat 7 ETM+, 24 de junho de 2000 e CMG)

Figura 42 – Índice NDVI com a rede rodoviária e o edificado

A partir da mesma imagem de satélite que foi utilizada para o cálculo do índice de NDVI calculamos também as temperaturas de superfícies para a área de estudo, através do tratamento da banda 6 do infravermelho (10,4 a 12,5 μm), com resolução espacial de 60 x 60 m. A imagem foi captada pelo sensor do satélite por volta das 10 horas (hora local), período em que as superfícies ainda estão a aquecer, pelo que esta informação não traduz os valores máximos registados nestas superfícies. O facto de a observação por parte do satélite ser feita sempre à mesma hora, constitui uma limitação, pois não permite analisar os fenómenos típicos da tarde e da noite, nem analisar os ritmos diários.

As temperaturas de superfície são estimadas a partir dos valores de radiância²⁷ detetados pelos sensores térmicos dos satélites, pelo que esta temperatura não resulta de uma medição física direta mas de uma temperatura modelizada a partir do registo do sensor dos satélites. Estes valores não correspondem aos valores da

²⁷ A radiância é a quantidade de energia emitida por uma superfície, por uma unidade de tempo e de área, num intervalo de frequências determinado.

temperatura do ar, uma vez que são medidos a dois metros do solo, contudo segundo Lopes (2003) vários estudos têm mostrado uma correlação entre estas duas temperaturas, apesar das temperaturas de superfície se alterarem mais rapidamente no tempo e no espaço, uma vez que são dependentes das características biofísicas do terreno, que variam muito em pequenas distâncias.

Para calcular as temperaturas de superfície foi necessário voltar a calcular os valores de radiância espectral, uma vez que estes valores na imagem de satélite estão traduzidos numa escala de cinzentos, de acordo com os respetivo número digital (cujo valor pode variar entre o 0 e o 255, na nossa imagem de satélite estes valores variam entre 95 e 255, na banda 6.1). Assim, os valores de radiância espectral obtidos foram transformados em refletância aparente, tendo sido a conversão da escala de cinzentos (números digitais) para os valores de radiância efectuada segundo o Landsat Project Science Office (2001), através da seguinte fórmula (eq. 3):

$$L_{\lambda} = ((LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}) / (QCALMAX - QCALMIN)) * (QCAL - QCALMIN) + LMIN_{\lambda}$$

[eq.3]

Em que,

L_{λ} = radiância espectral, em watts/m²

QCAL = valor do pixel calibrado, em DN

$LMIN_{\lambda}$ = radiância espectral, dimensionada para QCALMIN, em watts/m²

$LMAX_{\lambda}$ = radiância espectral, dimensionada para QCALMAX, em watts/m²

QCALMIN = o mínimo valor do pixel calibrado em DN

QCALMAX = o máximo valor do pixel calibrado em DN

Esta fórmula permite obter os valores da radiância espectral, contudo o fundamental para a nossa análise é perceber qual o valor de temperatura da superfície que esta a emitir energia, para tal de seguida aplica-se a seguinte fórmula (eq.4), que transforma os valores de radiância em valores de temperatura.

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_{\lambda}} + 1\right)}$$

[eq.4]

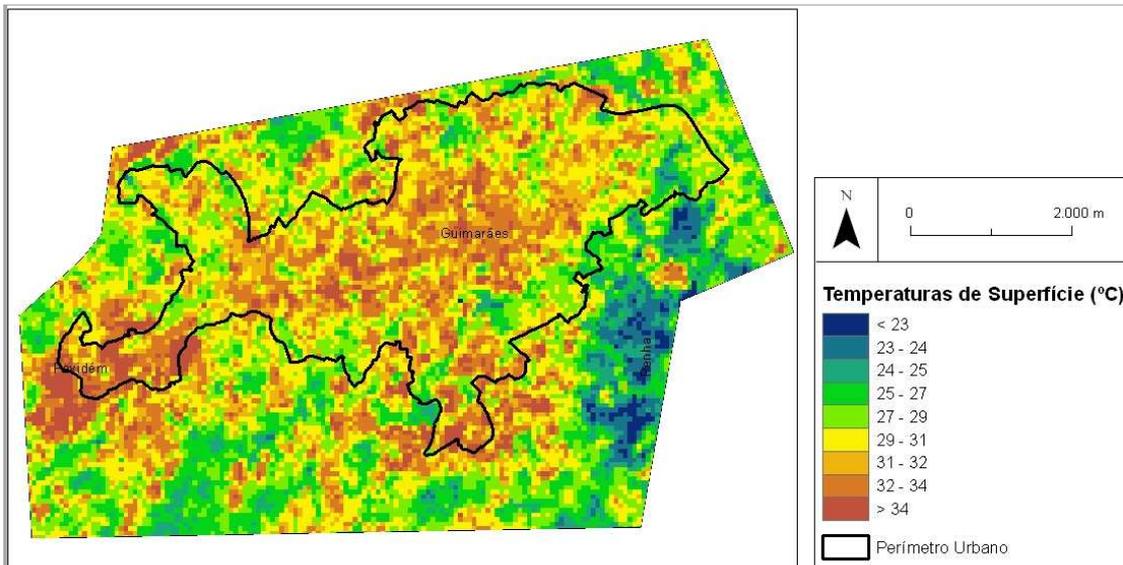
Em que,

T = temperatura de superfície, em Kelvin

K2 = constante de calibração 2
K1 = constante de calibração 1;
 L_{λ} = radiância espectral em watts/m²

Por fim, transformaram-se os valores de temperatura de superfície de graus Kelvin para graus Celsius, ou seja, subtraiu-se 273,16 aos valores de temperatura dos graus Kelvin. É importante notar que se considerou um valor fixo de emissividade de 1.

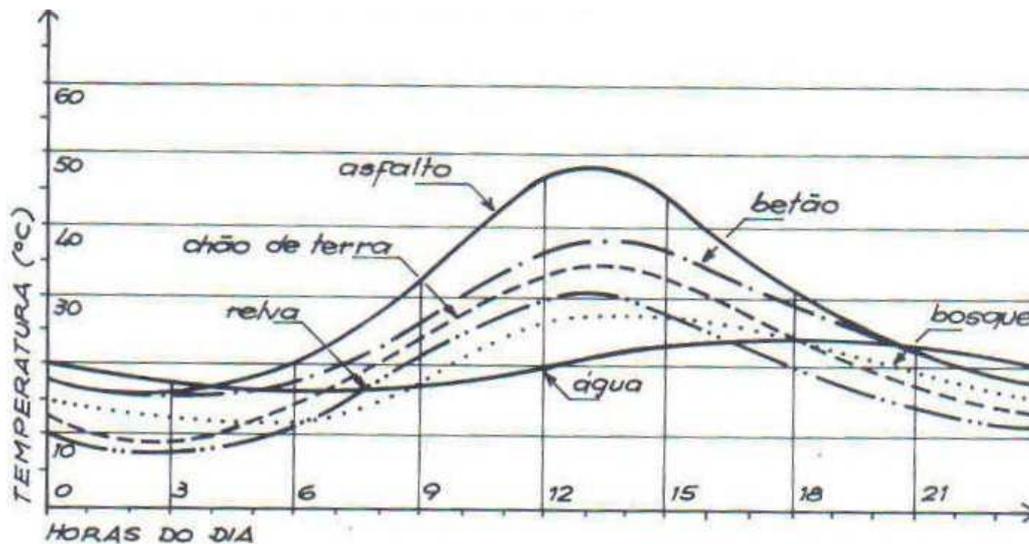
Na área urbana de Guimarães verificam-se acentuadas variações nas temperaturas das superfícies (Figura 43), designadamente entre as áreas exteriores do perímetro urbano (mais arborizadas) e as interiores (mais construídas), podendo atingir mais de 10⁰C de diferença. Sendo as temperaturas das áreas urbanas claramente superiores às das áreas mais rurais, fenómeno designado por ilha de calor urbano superficial, que já referimos anteriormente (única ilha de calor que esta informação nos permite identificar diretamente, das apresentadas por Lopes (2008)). As diferenças de temperatura de superfície entre estas áreas resultam, como referimos anteriormente, das diferenças de materiais existentes e das suas propriedades radiativas e térmicas, em particular o albedo, a emissividade e a condutividade térmica que determinam como a radiação de ondas curta e longa é refletida, absorvida, emitida e armazenada, condicionando deste modo a temperatura de superfície, e por consequência da temperatura do ar. Sendo que, nas áreas urbanas as temperaturas de superfície são mais elevadas porque os materiais que as constituem são mais eficientes no armazenamento da energia solar, como calor, na parte interna de suas infraestruturas, podendo absorver e armazenar duas vezes mais calor que áreas rurais vizinhas (Costa *et al.*, 2010). Além disto, estes materiais artificiais também possuem, geralmente, alta condutividade térmica, transferindo o calor de forma mais eficiente para outras superfícies (Costa *et al.*, 2010). Nas áreas agrícolas, que corresponde a uma parte significativa da área de estudo, as temperaturas de superfície são determinadas pela cobertura dos terrenos, ou seja, a existência de um solo exposto ou com vegetação. Sendo que no segundo caso as temperaturas de superfície dependem do estado fenológico das culturas, ou seja da época do ano a que se refere a informação, uma vez que este altera a resposta espectral da superfície.



(Fonte dos dados: Landsat 7 ETM+, 24 de junho de 2000 e CMG)

Figura 43 – Temperaturas de superfície (°C) da área urbana de Guimarães

A Figura 44 ilustra as temperaturas de superfície de diferentes materiais, num dia de verão (período a que se refere a imagem de satélite utilizada – 24 de junho), corroborando esta primeira conclusão: onde observamos que os materiais mais quentes são o asfalto e o betão, isto é, os materiais típicos das cidades; os bosques (vegetação arbórea com vários estratos), típicos das áreas rurais, são os espaços mais frescos; as áreas relvadas e as de solo exposto (chão de terra) apresentam temperaturas intermédias. Além disto, a Figura 44 ilustra também que por volta das 10h00, hora a que foi captada a imagem de satélite utilizada, as superfícies ainda não estão na sua máxima temperatura, como já foi referido anteriormente, dado que tal só ocorre entre o 12h00 e as 15h00. Contudo, é notório que o betão e o asfalto são sempre os materiais mais quentes, por outro lado a relva o chão de terra durante a noite ficam mais frescos do que os bosques, o que demonstra que estes têm uma variação térmica diária reduzida.

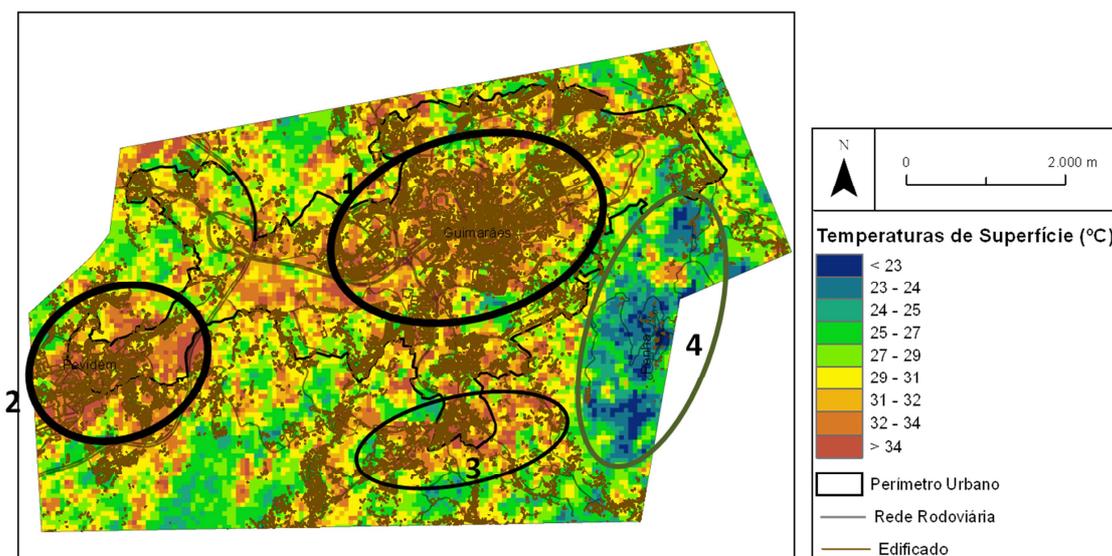


(Fonte: Moita, 2010)

Figura 44 - Temperaturas de superfície de diferentes em diferentes materiais (verão)

4.1.3. Microclima

A análise do clima à escala microclimática reflete a influência dos elementos urbanos individuais e dos seus arranjos mais elementares, como edifícios, ruas e praças ou pequenos jardins. Assim, nesta escala de análise procuramos avaliar qual a influência de cada elemento nas temperaturas de superfície, percebendo quais as variações nas temperaturas de superfícies, a esta escala. Esta análise permite-nos identificar, ao nível das superfícies da área de estudo, os locais de produção e acumulação de calor - as ilhas de calor urbano, e os locais de produção de ar fresco - as ilhas de frescura. Assim, as ilhas de calor urbano superficiais encontram-se nas áreas mais densamente urbanizadas, designadamente no núcleo urbano central de Guimarães, em Pevidém e em Urgezes (Figura 45, n.º 1, 2 e 3); e, por oposição, a principal ilha de frescura encontra-se na montanha da Penha (Figura 45, n.º 4), que é a parte mais arborizada da área de estudo. De seguida, procedemos a uma análise mais detalhada das áreas urbanas, com recurso a fotografias aéreas retiradas do Google Earth.



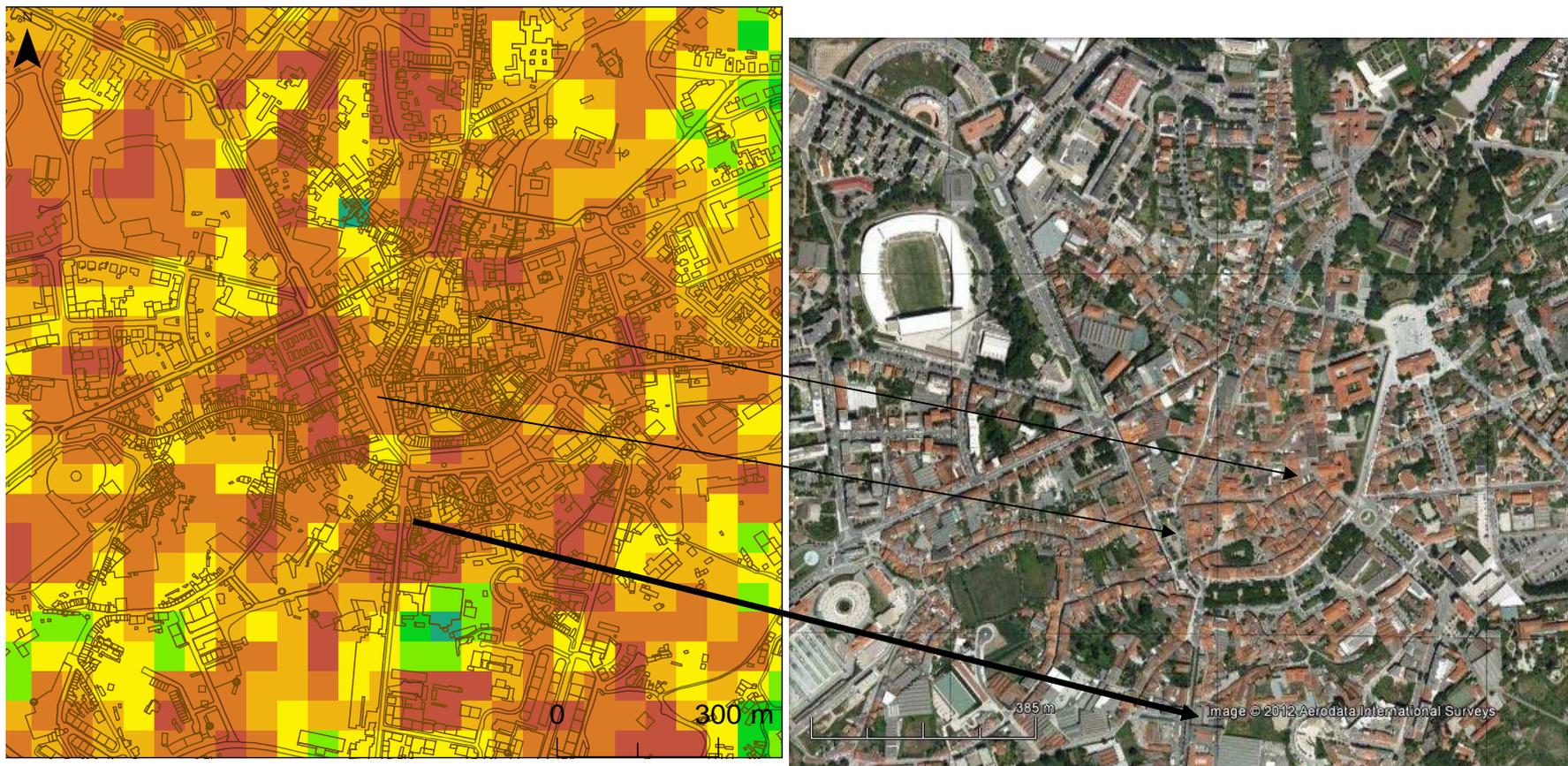
(Fonte dos dados: Landsat 7 ETM+, 24 de junho de 2000 e CMG)

Figura 45 – Temperaturas de superfície ($^{\circ}\text{C}$) com a rede rodoviária e o edificado

O principal núcleo urbano da área em estudo – a cidade de Guimarães (Área 1, da Figura 45) estende-se para além dos limites da parte mais antiga da cidade (centro histórico), ocupando toda a parte central do perímetro urbano. Nesta área as temperaturas de superfície situam-se acima dos $29-31^{\circ}\text{C}$. Na área destacada na Figura 46, as temperaturas de superfície mais elevadas - superior a 34°C - ocorrem nas áreas ocupadas por pavilhões industriais, embora alguns dos quais já não desempenhem atualmente essa função, devido ao encerramento ou à deslocalização para áreas mais periféricas da cidade. O tipo de cobertura destes pavilhões reflete grande quantidade de energia solar mas também a retém, mantendo a superfície superaquecida, o que contribui para o aquecimento da temperatura do ar naquele local. Além das áreas industriais também as áreas residenciais, com telhados de cor escura (preto), apresentam temperaturas de superfícies elevadas, uma vez que devido ao reduzido albedo estas áreas absorvem grande parte da radiação solar. No centro histórico as temperaturas das superfícies são superiores a $31-32^{\circ}\text{C}$, e no Largo do Toural, uma das principais praças da cidade de Guimarães, por volta das 10h00 a superfície já apresenta uma temperatura de $32-34^{\circ}\text{C}$ (Figura 46).

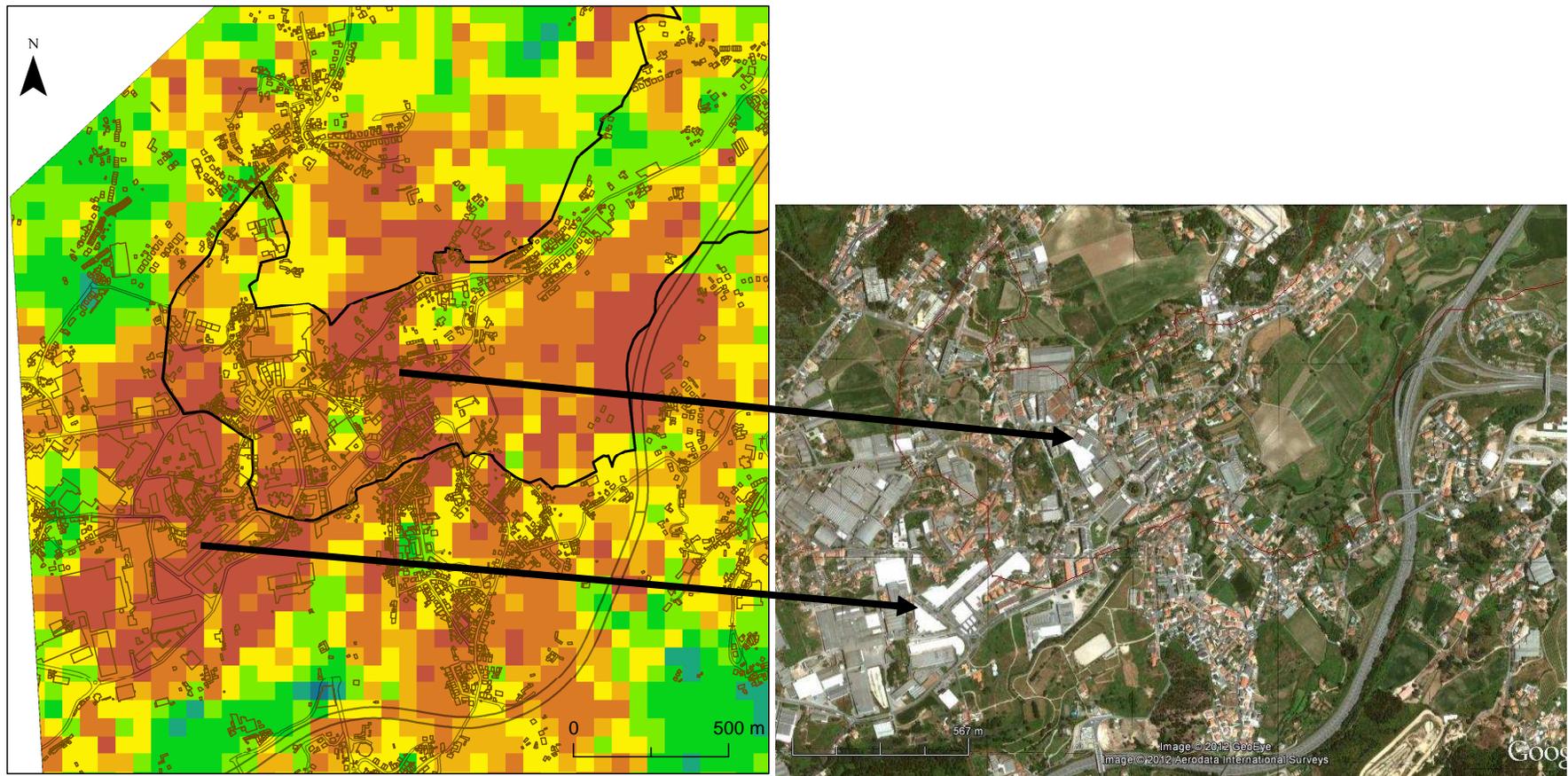
Em Pevidém (Área 2, da Figura 45) apesar de o núcleo urbano ser de menor dimensão e ter menor densidade de construção do que o da cidade de Guimarães, este apresenta temperaturas de superfície claramente mais elevadas, sendo vastas as áreas

com temperaturas superiores a 34^oC. Estas temperaturas resultam da elevada densidade pavilhões industriais (Figura 47), cujos telhados são bons armazenadores e condutores de radiação solar, que depois é convertida em calor. Em Urgezes (Área 3, da Figura 45), assim como nas áreas anteriores, as temperaturas mais elevadas também se encontram nas áreas industriais (Figura 48).



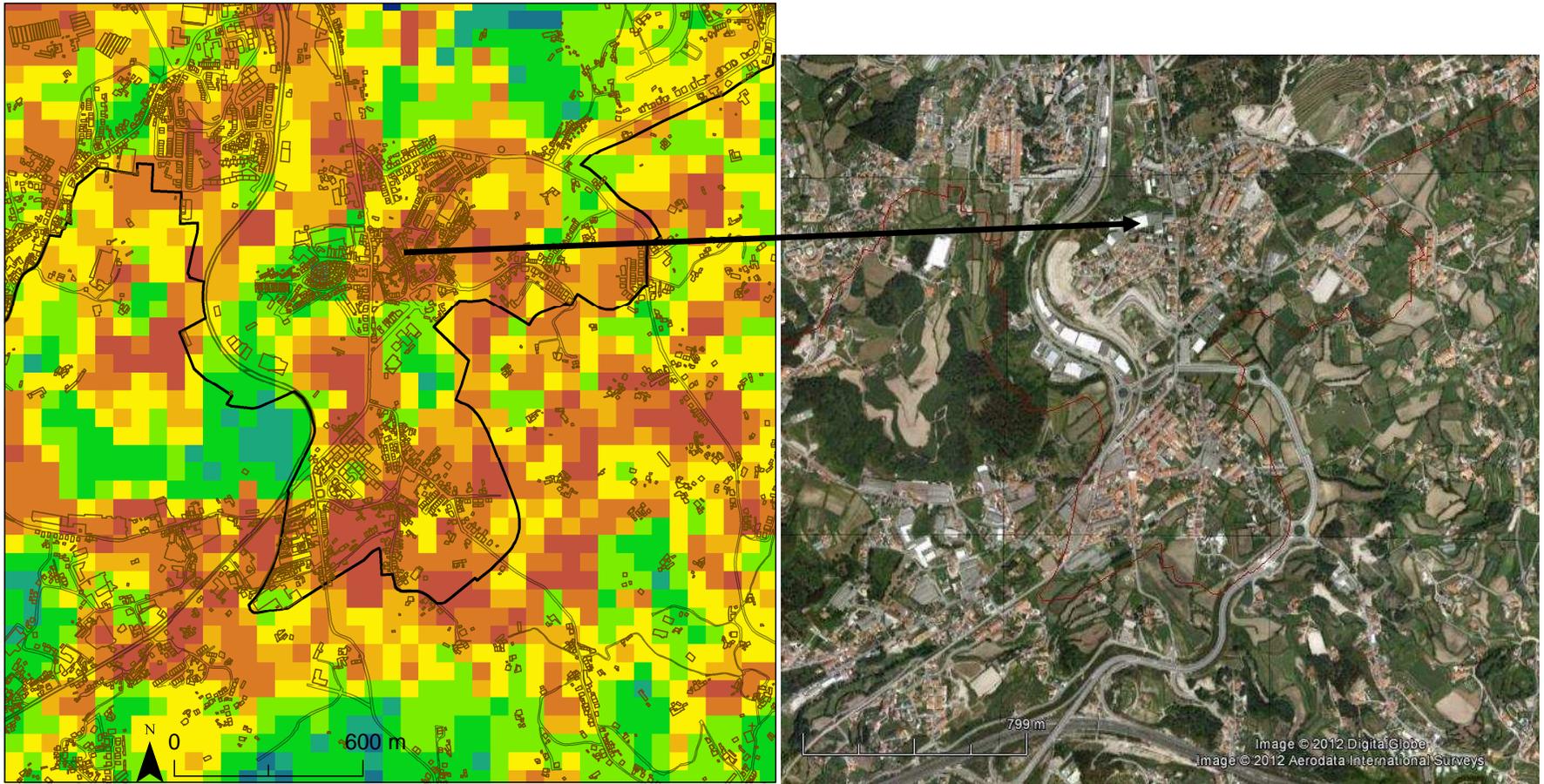
(Fonte dos dados: Landsat 7 ETM+, 24 de junho de 2000, CMG e Google Earth)

Figura 46 – Temperaturas de superfície no centro da cidade de Guimarães e respetiva fotografia aérea



(Fonte dos dados: Landsat 7 ETM+, 24 de junho de 2000, CMG e Google Earth)

Figura 47 – Temperaturas de superfície na vila de Pevidém e respetiva fotografia aérea

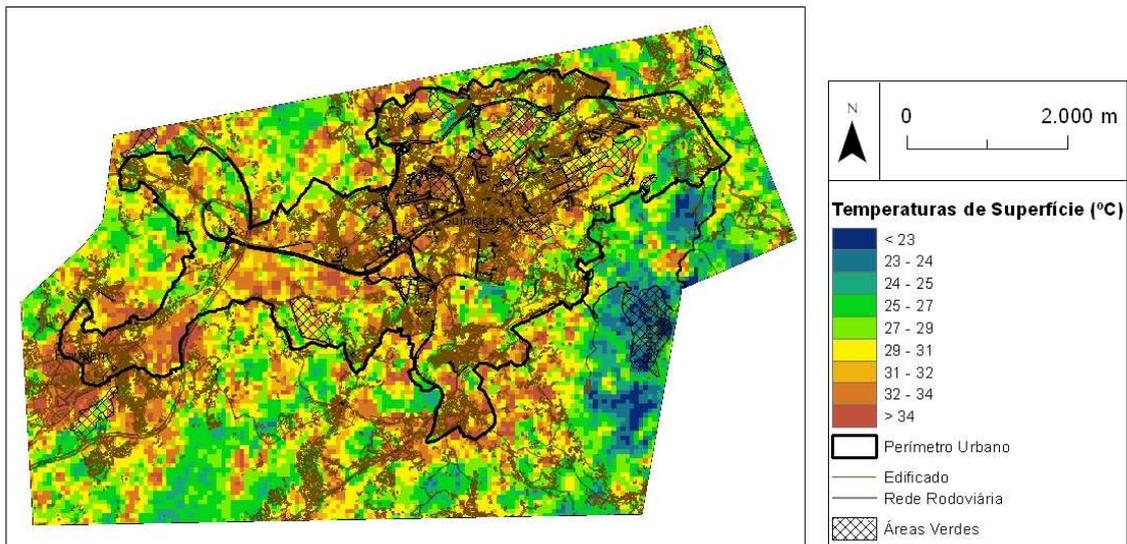


(Fonte dos dados: Landsat 7 ETM+, 24 de junho de 2000, CMG e Google Earth)

Figura 48 – Temperaturas de superfície em Urgeztes respectiva fotografia aérea

Nas cidades, onde se formam as ilhas de calor, os espaços verdes podem desempenhar um papel muito importante na melhoria do clima urbano, designadamente na diminuição da temperatura do ar. Estes efeitos estão dependentes do tipo e quantidade de vegetação existentes, sendo claramente mais notórios em áreas com presença de vegetação densa e com diversos estratos arbóreos. As áreas verdes durante o dia são geralmente mais frescas do que a área circundante devido ao efeito de sombra (que reduz a radiação solar recebida) e de evapotranspiração, o que favorece o arrefecimento das superfícies e da atmosfera (Santamouris, 2001 *apud* Vasconcelos e Vieira, 2010). Além disto, a vegetação altera o albedo das superfícies o que interfere com o balanço de radiação.

Na nossa área de estudo os espaços verdes da responsabilidade da autarquia municipal encontram-se maioritariamente no núcleo urbano central de Guimarães (Figura 49), no entanto, os espaços verdes estendem-se por todo o concelho, destacando-se na nossa área de estudo o Parque de Pevidém, Silvares, Candoso São Tiago e, ainda, o da Penha. Além destes espaços verdes urbanos - designados por Parques - encontramos ainda outras áreas verdes ao longo das vias rodoviárias, que desempenham um papel importante na filtragem das partículas poluentes, resultantes da queima de combustíveis fósseis pelos veículos.



(Fonte dos dados: CMG)

Figura 49 – Espaços verdes municipais na área urbana de Guimarães

Para analisar as diferenças de temperatura de superfície existentes entre as áreas verdes urbanas e os espaços construídos procedemos a uma ampliação das áreas verdes, para um maior nível de detalhe da informação e sobrepondo a esta informação a respetiva fotografia aérea. Assim, procuramos compreender as temperaturas de superfície existentes nos seguintes espaços verdes:

- Em Pevidém, onde se destaca o Parque do Selho (Figura 50);
- Em Candoso são Tiago, no Parque da Cidade Desportiva (Figura 51);
- No setor sul/este da cidade de Guimarães, onde destacamos os Jardins do Palácio Vila Flor e o Parque das Hortas (Figura 52);
- No setor norte da cidade, onde destacamos o Parque do Campus da Universidade do Minho e o Parque Central do Estádio (Figura 53).
- No setor este da cidade, onde se destaca o Parque da Cidade (Figura 54).

Em Pevidém (Figura 50) encontramos o Parque do Selho, que se estende até à freguesia de Selho São Cristóvão, com uma área de aproximadamente de 13 ha. De acordo com a Câmara Municipal de Guimarães (2009) este parque encontra-se inserido num contexto agrícola, apresentando como morfologia principal o emparcelamento, os muros de suporte e os taludes que desenham os campos, as hortas e os quintais. A temperatura desta área é cerca de 27 – 29⁰C que é bastante

inferior à da área envolvente, pelo que este espaço verde assume extrema importância, uma vez que é nesta área que se verificam temperaturas de superfície mais elevadas, superiores a 34°C, devido à grande concentração de pavilhões industriais. O outro espaço verde assinalado corresponde ao ajardinamento de uma rotunda, onde não se verifica qualquer redução nas temperaturas de superfície, pelo que este espaço assume apenas funções de embelezamento do território, podendo em alguns casos contribuir para a filtragem das partículas poluentes.

Em Cadoso São Tiago (Figura 51) encontramos o Parque da Cidade Desportiva, com uma área de 39 ha, localizado em plena Veiga de Creixomil, em terrenos da Reserva Agrícola Nacional e simultaneamente Reserva Ecológica Nacional. Segundo a Câmara Municipal de Guimarães (2009) no âmbito da requalificação ambiental procurou-se recuperar a galeria ripícola (salgueiral) do ribeiro designado por Selinho. Neste parque não se verificam diferenças nas temperaturas de superfície em relação à área envolvente dado que, como referimos anteriormente, este parque insere-se numa área rural, contudo percebe-se que nas áreas limítrofes do parque as temperaturas aumentam ligeiramente.

No setor sul/este da cidade de Guimarães para a elaboração da nossa análise sobre as temperaturas de superfície destacamos os jardins do Palácio Vila Flor e o Parque das Hortas (Figura 52). Os jardins do Palácio Vila Flor, em Urgezes, apresentam um grande valor patrimonial, sendo um importante legado em termos de traçado paisagístico da arte portuguesa (Câmara Municipal de Guimarães, 2009). As temperaturas de superfície espaço destacam-se em relação às da área envolvente, por serem consideravelmente mais reduzidas, devido à presença de várias árvores, com copas altas e frondosas, que interceptam a radiação solar e condicionam radiação que é refletida. Esta alteração da radiação solar permite diminuir a temperatura das superfícies (aqui analisada), contribuindo também para a diminuição da temperatura do ar.

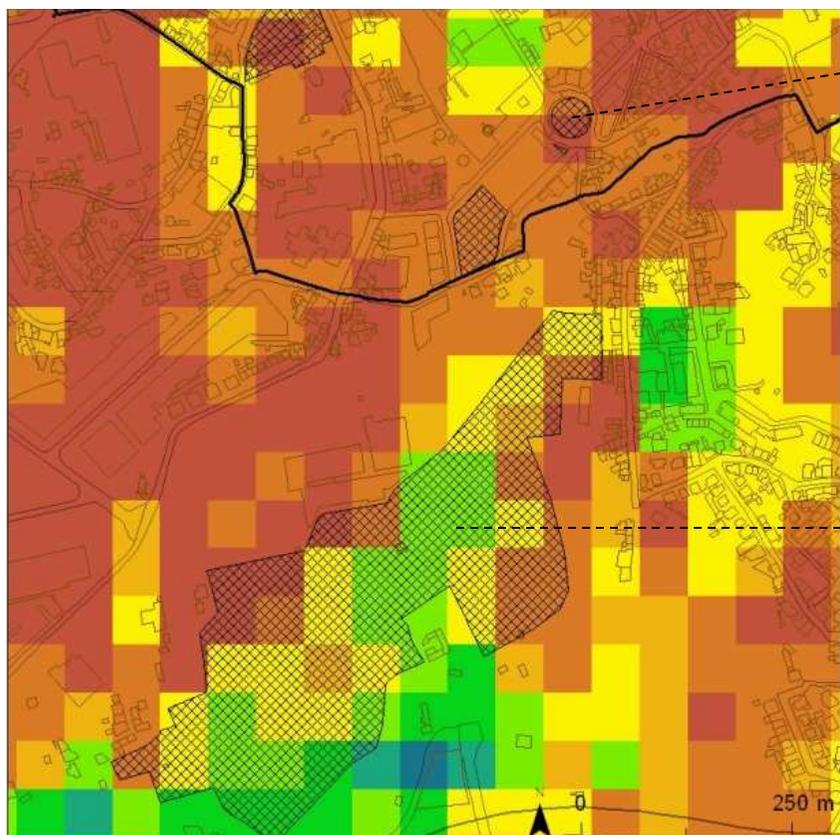
O Parque das Hortas, ainda no setor sul/este (Figura 52), distribuído entre as freguesias de Oliveira do Castelo, Costa e São Sebastião, ocupa um lugar central na cidade, compreendendo uma área de cerca de 6 ha, e permite a ligação com o Parque

da Penha, através da linha de teleférico (Câmara Municipal de Guimarães, 2009). Este parque apesar de uma dimensão claramente superior ao do Vila Flor apresenta temperaturas de superfície mais elevadas, uma vez que apesar de ser considerada um espaço verde esta área apresenta muito poucas árvores e muito cimento, visto que grande parte da área deste parque é utilizada como parque de estacionamento.

O espaço verde do Largo Condessa Juncal (Figura 52), inserido em pleno centro histórico da cidade, apesar de ter uma dimensão reduzida tem um efeito positivo nas temperaturas das superfícies, dado que nesta área se verifica uma diminuição da temperatura em relação à área envolvente. Assim, enquanto o centro histórico apresenta uma temperatura de superfície entre os 32-34⁰C no Largo Condessa Juncal a temperatura desce cerca de 1⁰C (29-31⁰C). Esta diferença de temperaturas deve-se à existência de árvores com copas muito frondosas, que alteram o balanço da radiação solar.

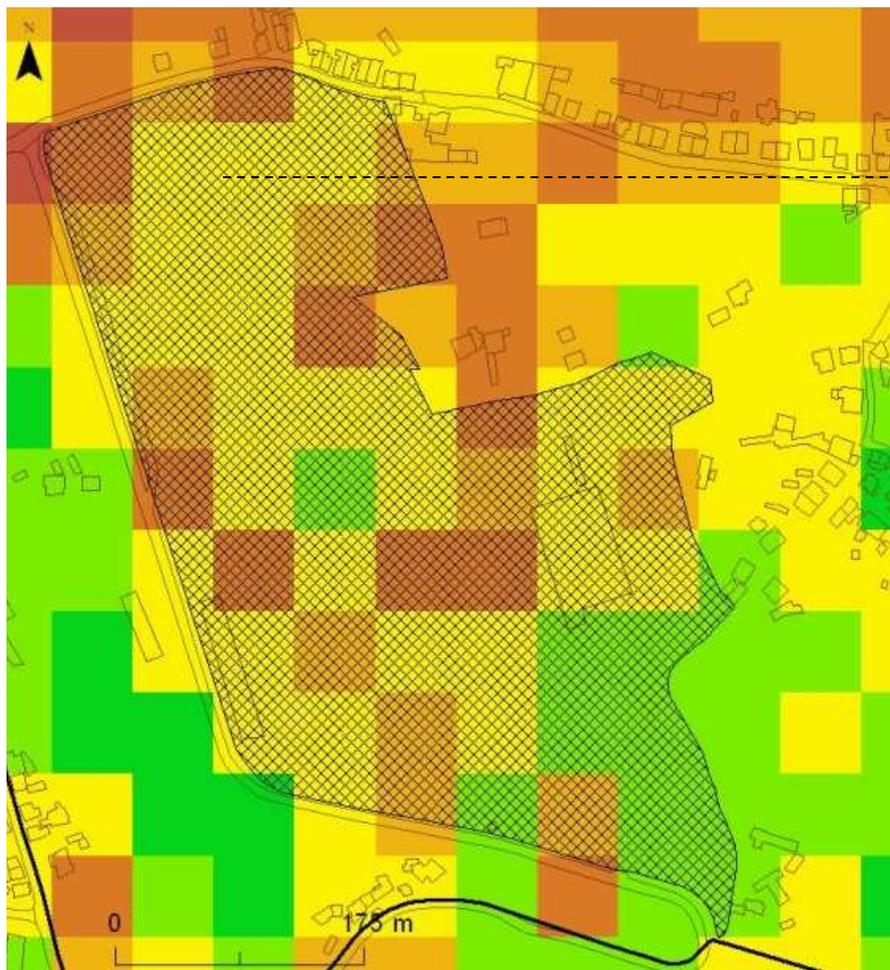
No setor norte da cidade de Guimarães destacamos o Parque do Campus da Universidade do Minho, com uma área de 18 ha, e o Parque Central do Estádio (Figura 53), que se encontra integrado na malha urbana da cidade, próxima do centro histórico. Estes parques apresentam temperaturas de superfície muito diferentes, sendo que no primeiro caso as temperaturas de superfície são claramente inferiores ao do segundo. Na área envolvente ao estádio as temperaturas de superfície são muito elevadas, superiores a 32-34⁰C, designadamente na área de implantação do estádio. Todavia, na parte mais arborizada desta área começa-se a verificar uma diminuição da temperatura, embora muito ligeira.

No setor Este da cidade de Guimarães destaca-se o Parque da Cidade (Figura 54), com uma área de cerca de 30 ha. Neste espaço verde, segundo a Câmara Municipal de Guimarães (2009), procurou-se manter as estruturas constituídas por pedra e vegetação pré-existente, sendo constituído por espécies de grande porte, notáveis pela sua floração. Neste parque são visíveis as diferenças de temperaturas de superfície entre a área mais relvada e a parte mais arborizada, sendo que no primeiro caso as temperaturas de superfície se encontram se entre os 29-31⁰C, e no segundo de 27- 31⁰.



(Fonte dos dados: Landsat 7 ETM+, 24 de junho de 2000, CMG e Google Earth)

Figura 50 – Temperaturas de superfície nos espaços verdes de Pevidém



(Fonte dos dados: Landsat 7 ETM+, 24 de junho de 2000, CMG e Google Earth)

Figura 51 – Temperaturas de superfície nos espaços verdes de Candoso São Tiago



(Fonte dos dados: Landsat 7 ETM+, 24 de junho de 2000, CMG e Google Earth)

Figura 52 – Temperaturas de superfície nos espaços verdes do setor sul/este da Cidade de Guimarães

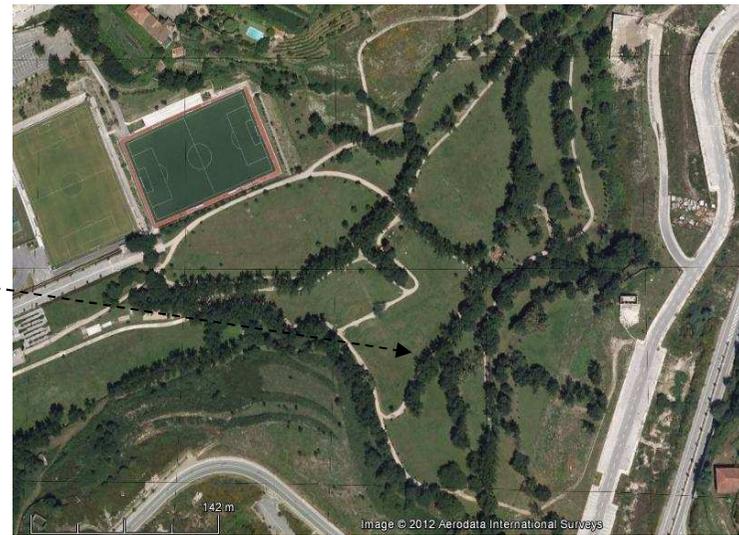
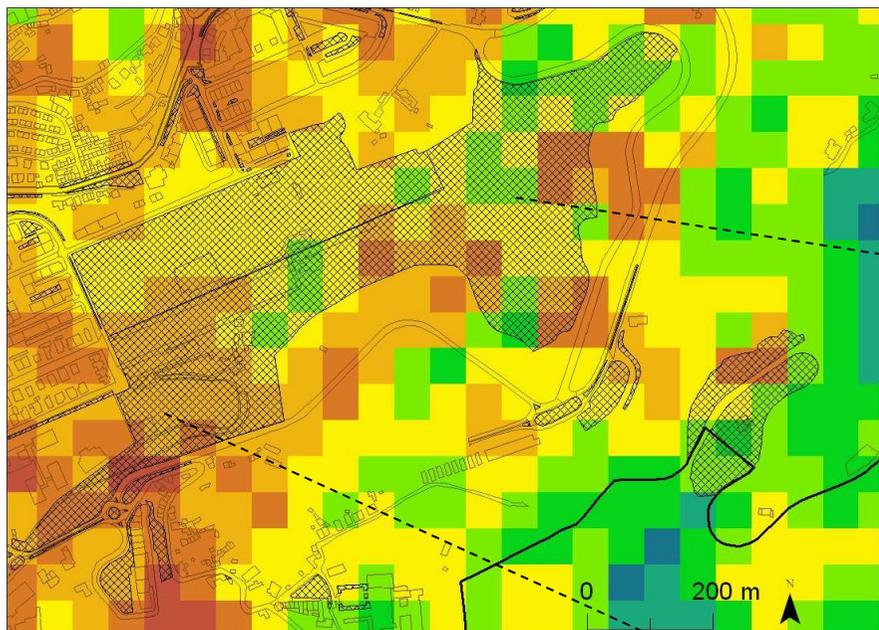


Envolvente do Estádio D. Afonso Henriques



(Fonte dos dados: Landsat 7 ETM+, 24 de junho de 2000, CMG e Google Earth)

Figura 53 – Temperaturas de superfície nos espaços verdes do setor norte da Cidade de Guimarães



(Fonte dos dados: Landsat 7 ETM+, 24 de junho de 2000, CMG e Google Earth)

Figura 54 – Temperaturas de superfície nos espaços verdes do setor este da cidade de Guimarães (Parque da Cidade)

A vegetação é um termorregulador da temperatura do ar, e contribui para o aumento da humidade do ar (durante o verão, uma árvore adulta pode fornecer à atmosfera 300-500 l/dia (Magalhães, 2001), consumindo deste modo uma grande quantidade de energia). A existência de espaços verdes junto às áreas onde se forma a ilha de calor urbano, para além de contribuir para a diminuição das temperaturas, permite também alterar a direção do fluxo do vento e melhorar a qualidade deste (Hough, 1995), uma vez que a vegetação filtra e absorve as partículas e poeiras em suspensão. Contudo, a influência dos espaços verdes é muito limitada, e segundo Leal *et al.* (2008) a sua influência não depende diretamente da dimensão mas da composição vegetal.

Nas florestas a sua estrutura vertical determina em grande parte o seu microclima, podendo a influência da floresta no clima explicar-se em função da sua geometria, características morfológica, tamanho, cobertura e estratificação. Nas características morfológicas é importante ter em consideração a quantidade de ramos, o período de crescimento (folha perene ou caduca) e o tamanho, densidade e textura das folhas. O tamanho das árvores é fundamental uma vez que este determina a obstrução física radiação e aos movimentos do ar. A copa das árvores ao proporcionar uma proteção contra os raios solares durante o dia, e ao fornecer proteção durante a noite na perda de calor por evapotranspiração, na redução da velocidade do vento e movimento vertical do ar, cria um microclima próprio dentro da floresta, com reduzidas amplitudes térmicas.

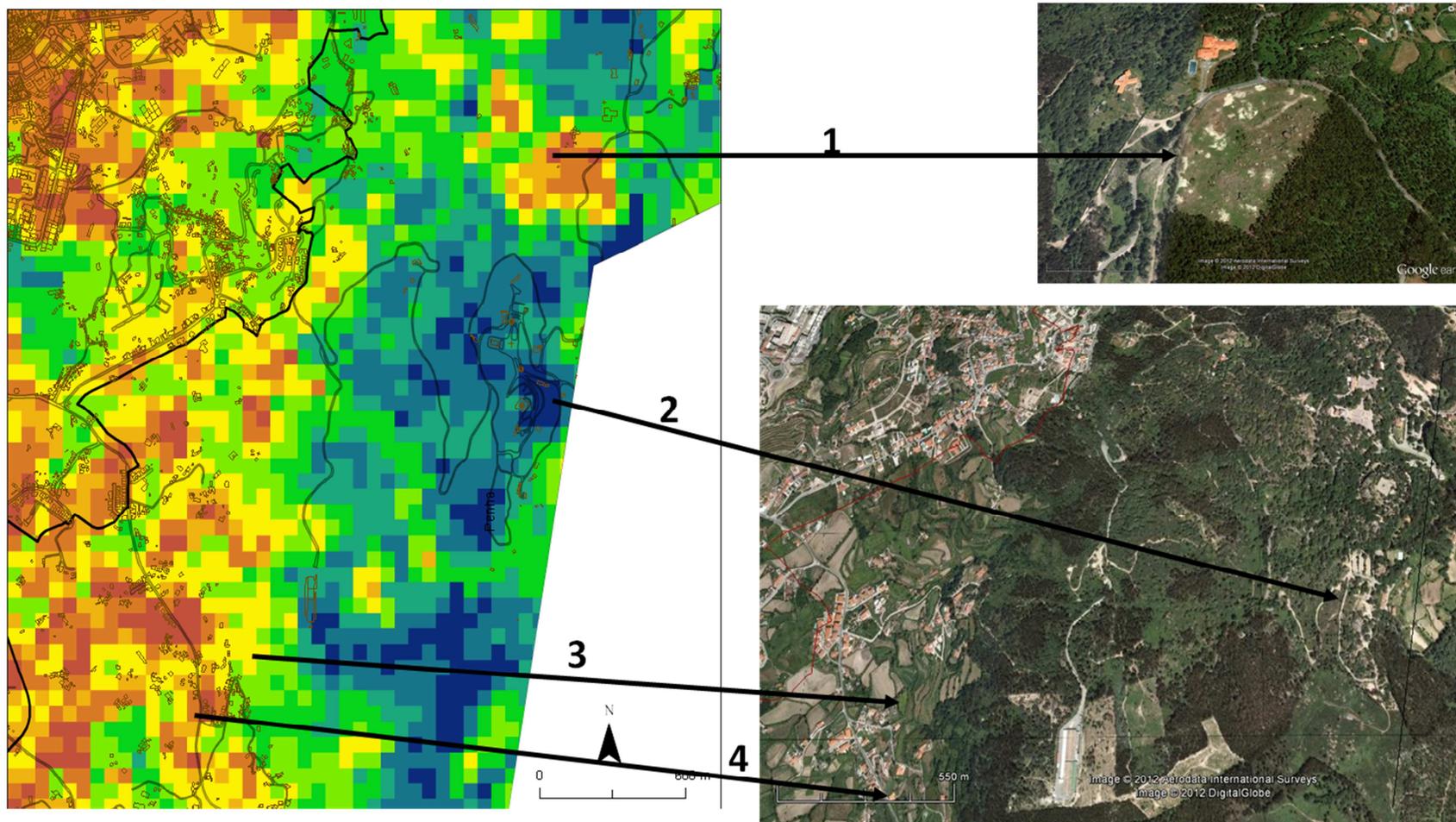
As florestas interceptam tanto os movimentos laterais como verticais do ar, sendo que dentro da floresta o movimento do ar é mais reduzido do que numa área aberta. As florestas alteram também a humidade do ar, sendo esta maior do que nas áreas envolventes, uma vez que a evaporação no solo é menor, devido à menor quantidade de luz solar que é recebida diretamente e à menor velocidade do vento. Assim, a humidade nas florestas está diretamente relacionada com a quantidade de evapotranspiração, que aumenta com a densidade da vegetação. Segundo Barry (1985) no verão a humidade relativa das florestas em relação ao exterior pode ser 3 a 10% mais elevada.

Neste sentido, em contraste com as elevadas temperaturas de superfície das áreas urbanas encontramos temperaturas de superfície muito reduzidas nas áreas sem construção e fundamentalmente com a presença de vegetação arbórea densa, destacando-se o monte da Penha como principal ilha de frescura da área urbana de Guimarães. Nesta área as temperaturas de superfície muito raramente ultrapassam os 27-29⁰C, sendo frequentes as áreas onde as temperaturas de superfície não ultrapassam os 23⁰C. As reduzidas temperaturas nesta área resultam da floresta densa, com vegetação de diversos estratos, desde herbáceas, arbustos e árvores de grande porte, claramente visível na fotografia aérea (Figura 55, área n.º 2).

Nas áreas onde a vegetação arbórea não existe ou não é tão densa as temperaturas de superfície aumentam consideravelmente (área n.º 1 Figura 55), podendo alcançar os 34⁰C, comprovando a importância da vegetação arbórea para a redução das temperaturas de superfície, mais do que qualquer outro fator, como por exemplo a posição topográfica, exposição das vertentes ou a altitude.

Na Figura 55 observamos ainda que onde deixa de haver floresta e começam a aparecer os campos agrícolas as temperaturas de superfície aumentam (área n.º 3, Figura 55), sendo as temperaturas ainda mais elevadas nas áreas com construção, que neste caso se desenvolve ao longo de um eixo rodoviário (área n.º 4, Figura 55).

Assim, através Figura 55, verifica-se claramente as diferenças de temperaturas existentes entre as áreas mais naturais e as mais artificializadas, que analisamos em pormenor atrás, concluindo-se que quanto maior é a urbanização do território mais elevadas tendem a ser as temperaturas de superfície.



(Fonte dos dados: Landsat 7 ETM+, 24 de junho de 2000, CMG e Google Earth)

Figura 55 – Temperaturas de superfície na Penha e respectiva fotografia aérea

4.2. Funções Climáticas

O estudo efetuado sobre o clima da área urbana de Guimarães permitiu-nos perceber, numa primeira análise, quais as características e a dinâmica climática desta área, e num segundo momento definir um conjunto de unidades com características relativamente homogéneas - climatopos. Estas unidades foram definidas por Scherer *et al.* (1999, p. 4187) como “areas of characteristic combination of climatic factors and similar relative significance for their surrounding, operating on a spatial scale of several tenths to hundredths of meters”. A ideia subjacente a este conceito é a de que diferentes estruturas urbanas (centro, periferia, áreas rurais ou áreas verdes) localizadas em diferentes posições topográficas (fundo de vale, vertente e topo) interagem de forma diferenciada e característica com a atmosfera. Assim, os climatopos traduzem os diferentes climas locais, permitindo determinar quais as funções climáticas que desempenham, e, deste modo, estabelecer estratégias de planeamento mais adequadas.

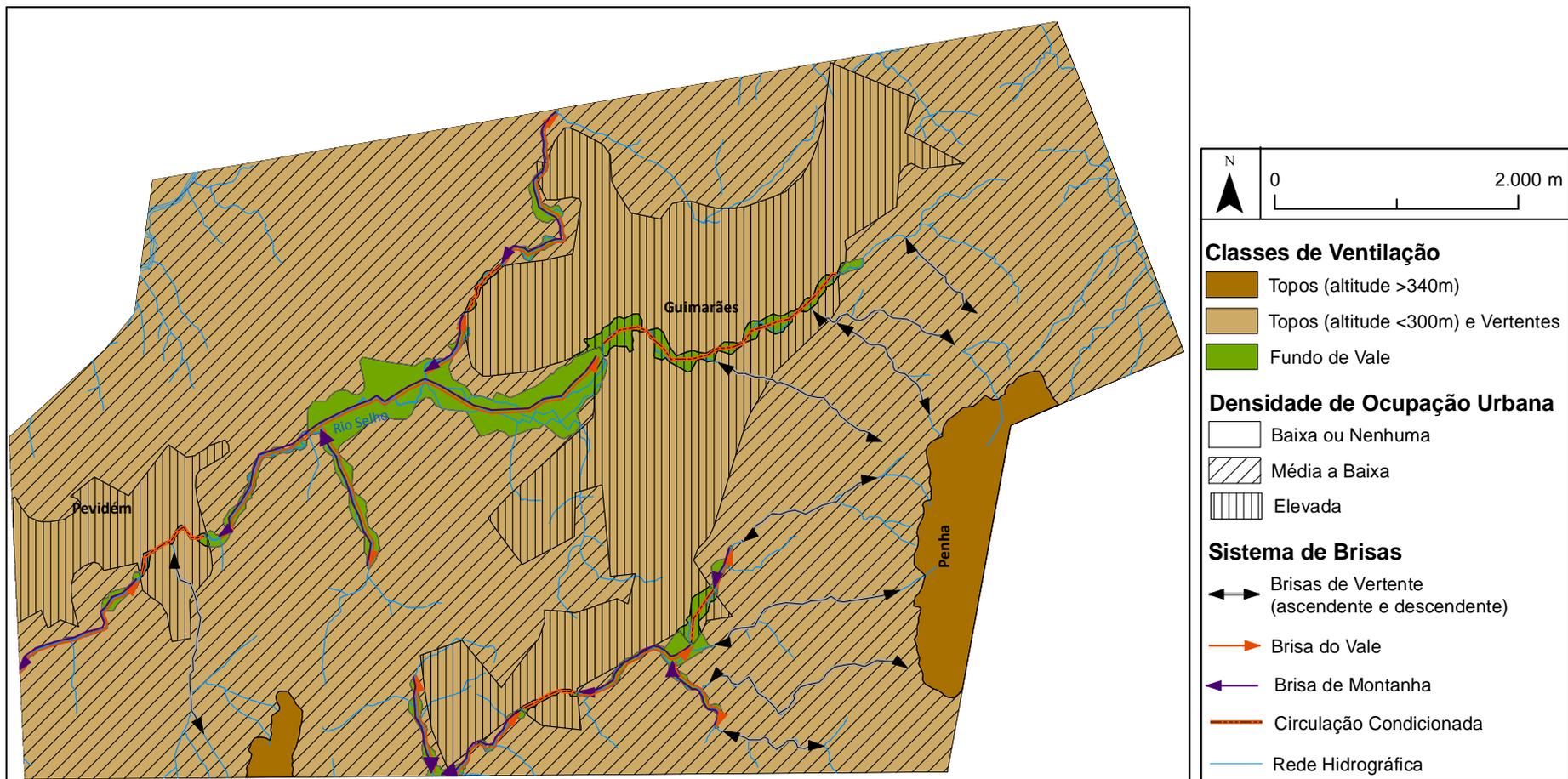
Para a delimitação dos climatopos na área urbana de Guimarães adotámos a metodologia de Marques *et al.* (2009), aplicada ao concelho de Coimbra, que por sua vez teve como referência o trabalho de Alcoforado *et al.* (2005) para Lisboa. Esta delimitação foi assumida em função da topografia e da densidade urbana, definindo-se em primeiro lugar as classes de ventilação, designadamente as áreas com maior ou menor ventilação e as áreas suscetíveis de acumulação de ar frio – áreas deprimidas. Em função da topografia foram definidas três “unidades de relevo”, nomeadamente topos (altitude superior a 340 m), topos (altitude inferior a 300 m) e vertentes, e o fundo de vale, que posteriormente foram decompostas em função da densidade urbana. A densidade urbana foi obtida através de duas fontes de informação, por um lado a delimitação das áreas com solo urbano, efetuada pela Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho (1995), e por outro a informação do edificado da Câmara Municipal de Guimarães. Neste sentido foram definidas três classes de densidade urbana, designadamente baixa ou nenhuma, média a baixa e elevada.

Após o cruzamento da informação da topografia com a densidade urbana foram definidos cinco climatopos para a área urbana de Guimarães, traduzidos pelas letras de

A a E, designadamente A – topos, com altitude superior a 340 m, com densidade urbana baixa ou nenhuma; B - topos, com altitude inferior a 300 m, e vertentes, com densidade urbana média a baixa; C - topos, com altitude inferior a 300 m, e vertentes, com densidade urbana elevada; D - fundo de vale, com densidade urbana baixa ou nenhuma; E - fundo de vale, com densidade urbana elevada. De seguida passamos à caracterização dos climatopos, no que se refere ao comportamento térmico e aerodinâmico (Tabela 16) e à sua espacialização, para melhor se compreender a sua dinâmica (Figura 56)

Tabela 16 – Caracterização dos climatopos da área urbana de Guimarães

CLASSE DE VENTILAÇÃO	DENSIDADE DE OCUPAÇÃO URBANA	CLIMATOPO	COMPORTAMENTO AERODINÂMICO	COMPORTAMENTO TÉRMICO
Topo (altitude >340 m) Penha e Senhora do Monte	Baixa a Nenhuma	A	Escoamento do ar frio em noite de arrefecimento radiativo (brisa descendente de vertente);	Ilha de frescura superficial (tanto de dia como de noite);
Topos (altitude <300 m) e Vertentes	Média a Baixa	B	Áreas expostas às brisas de vertente: Escoamento do ar frio em noite de arrefecimento radiativo (brisa descendente de vertente); Dissipação do ar quente em dias de elevada insolação; Canalização das brisas de vertente ao longo dos principais entalhes (corredores de ventilação);	Variável;
	Elevada (Guimarães e Pevidém)	C	Variável consoante a orientação e o tipo de morfologia urbana; Rugosidade média; Redução da velocidade das brisas de vertente;	Ilha de calor superficial;
Fundo de Vale	Baixa a Nenhuma	D	Corredores de ventilação: Drenagem do ar frio (brisa de montanha); Canalização do ar fresco (brisa de vale);	Condições extremas: Acumulação do ar frio em noites de arrefecimento radiativo; Acumulação do ar quente em dias de elevada insolação;
	Elevada (Guimarães e Pevidém)	E	Variável consoante a orientação e o tipo de morfologia urbana; Rugosidade média; Redução da velocidade das brisas;	Ilha de calor superficial;



(Fonte dos dados: CMG e DRAPN)

Figura 56 – Mapa de climatopos e sistema de brisas da área urbana de Guimarães

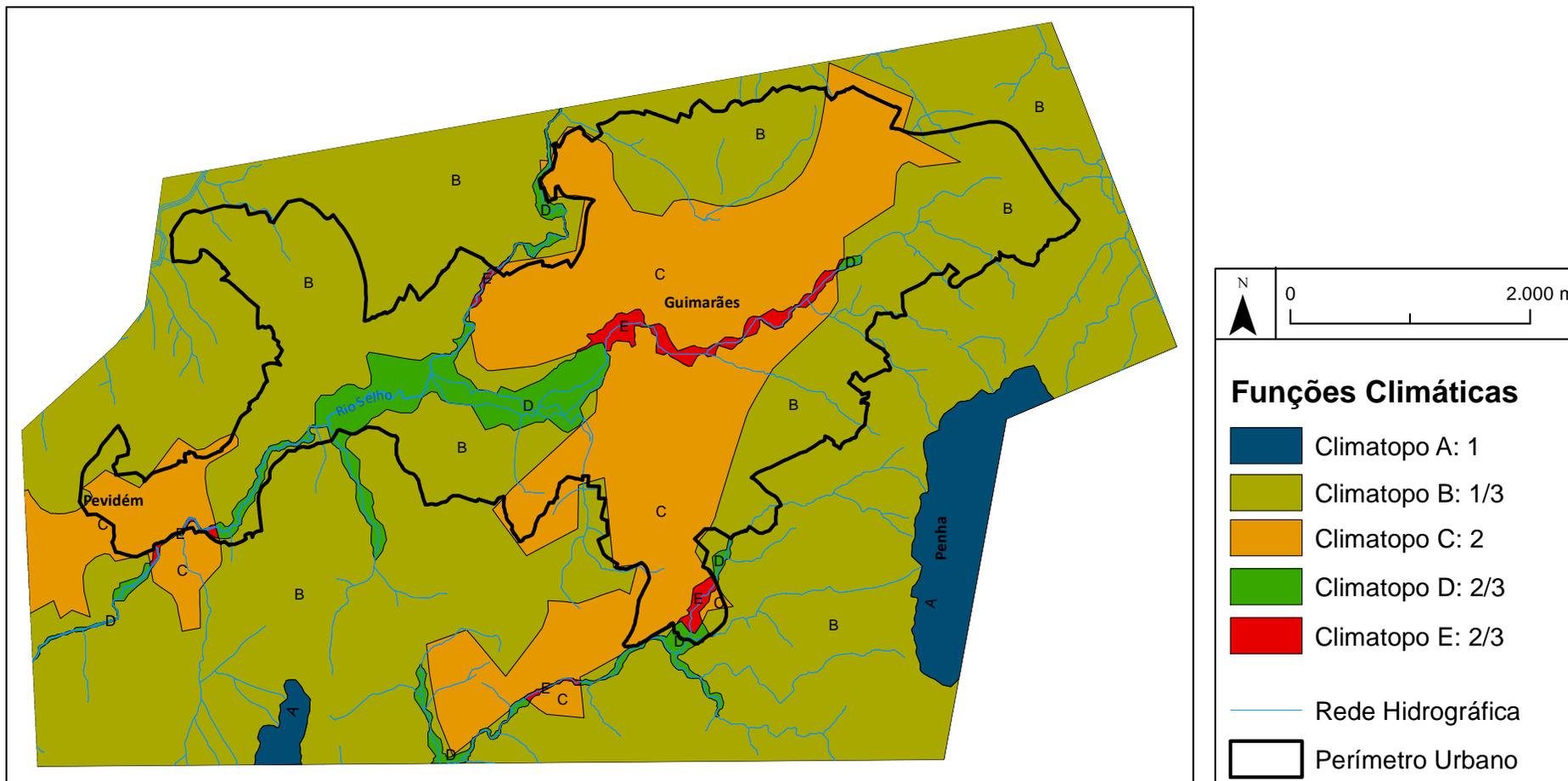
Nas áreas de topo - Penha e Senhora do Monte - que apresentam altitude superior a 340 m, praticamente não existe ocupação urbana (climatopo A). É nestas áreas que se forma o ar frio que depois escoam pelas vertentes (brisa descendente de vertente), acumulando-se no fundo do vale, onde encontramos a cidade de Guimarães e a vila de Pevidém (Figura 56). Assim, a manutenção e melhoria da arborização nestas áreas é fundamental, de modo a diminuir a formação de ar frio, e a sua consequente acumulação no fundo de vale, nas áreas urbanas. Além disto, estas áreas devido à arborização são ilhas de frescura superficial, quer de dia (como comprovam as temperaturas de superfície na Figura 55), quer de noite, uma vez que apresentam temperaturas claramente inferiores às das áreas urbanas (onde é principalmente durante a noite que se manifesta a ilha de calor urbano).

Nos topos, com altitude inferior a 300 m, e vertentes encontramos dois tipos de ocupação urbana: média a baixa (climatopo B) e elevada (climatopo C). Estas áreas encontram-se expostas às brisas de vertente (Figura 56), designadamente as brisas descendentes de vertente, que escoam o ar frio que se forma nos topos, e as brisas ascendentes de vertentes que dissipam o ar quente que se forma no fundo de vale. A canalização das brisas ocorre principalmente ao longo dos entalhes formados pela rede hidrográfica, uma vez que a existência de socacos (que como já vimos anteriormente marcam a paisagem da área de estudo) trava o fluxo de subida e descida das brisas. Esta situação leva a que o ar frio vá ficando retido nas vertentes e perca velocidade, chegando menos ar frio o fundo de vale, o que leva a uma menor dissipação do calor acumulado nas superfícies urbanas, aumentando deste modo a temperatura do ar, particularmente no verão. Nas áreas com elevada densidade urbana (climatopo C) a circulação das brisas está condicionada pela urbanização, que leva a uma redução da circulação destas. Esta situação aliada a ilha de calor superficial (visível na Figura 45) contribui para o aquecimento da temperatura do ar nestas áreas.

Nas áreas de fundo de vale encontramos um contraste no que se refere à ocupação urbana (Figura 56), por um lado a cidade de Guimarães e da vila de Pevidém apresentam uma densidade urbana elevada (climatopo E) e, por outro, o restante fundo de vale tem uma ocupação urbana baixa ou nenhuma (climatopo D). Estas áreas, topograficamente deprimidas, sofrem um arrefecimento radiativo acentuado e além

disto acumulam o ar frio que escoia ao longo das vertentes, pelo que é frequente a formação de “lagos de ar frio”. Em oposição, em dias de forte insolação estas áreas acumulam o ar quente, pelo que apresentam características térmicas extremas, que são muito desconfortáveis em termos bioclimáticos. Nestas áreas circula, ainda, as brisas de montanha, que drena o ar frio, e a brisa de vale, que drena o ar fresco da foz do rio. Estas brisas são fundamentais para a renovação do ar, contudo nas áreas urbana (Guimarães e Pevidém - climatopo E) existe uma maior rugosidade, que interfere com a circulação destas brisas, podendo levar ao condicionamento destas, como a diminuição da velocidade ou alteração do fluxo, ou mesmo à sua interrupção (Figura 56).

A identificação e caracterização dos climatopos da área urbana de Guimarães permitiu determinar as funções climáticas, designadamente produção de ar fresco (1), renovação do ar fresco (2), e corredores de ventilação (3), que cada um desempenha (Figura 57).



(Fonte dos dados: CMG)

Figura 57 - Funções climáticas dos climatopos da área urbana de Guimarões

A importância de cada climatopo no desempenho das funções climáticas apresentadas foi avaliada através de uma matriz (Tabela 17), sendo que procuramos ainda referir, quando aplicável, os condicionalismos existentes ao desempenho da função, e deste modo, estabelecer orientações de planeamento, que salvaguardem ou melhorem o desempenho destas.

Tabela 17 – Funções climáticas dos climatopos da área urbana de Guimarães

Climatopo	Produção de Ar Fresco (1)	Renovação do Ar (canalização da brisa de vale e de montanha) (2)	Corredores de Ventilação (3)
A	+++	(-)	(-)
B	+	(-)	+++
C	(-)	(-)	++
D	(-)	+++	+++
E	(-)	++	++

+++ - desempenho muito importante da função; ++ - desempenho importante da função; + - desempenho pouco importante da função; (-) – não desempenha a função ou esta é muito pouco significativa; □ - desempenho da função impossibilitado pela ocupação urbana; ■ - desempenho da função perturbado pela ocupação urbana; ■ - desempenho da função dependente da localização favorável dos espaços verdes

A produção de ar fresco ocorre nas áreas de topo, climatopo A e B, mais no A do que no B, pois no segundo caso são áreas constituídas por topos de altitude reduzida (inferior a 300 m) e áreas de vertente (apenas escoam o ar fresco não o formam). Nestas áreas é fundamental a manutenção dos espaços de floresta e dos espaços verdes existentes, uma vez que esta área já possui uma vegetação arbórea densa, particularmente no interflúvio da Penha. O climatopo C, apesar de à semelhança como o B, se localizar numa área de topo, embora de baixa altitude, não produz ar fresco, em consequência da elevada urbanização existente, que promove antes pelo contrário a formação de ar quente, pois este climatopo apresenta uma ilha de calor superficial (Tabela 16). Assim, nestas deve-se manter os espaços verdes existentes (parques, jardins, logradouros, entre outros) e apostar na criação de novas áreas verdes, com vegetação arbórea, de preferência caducifólia, que permita atenuar os efeitos da ilha de calor urbano superficial.

A função de corredores de ventilação é desempenhada por todos os climatopos, com exceção do A. Contudo, na área urbana de Guimarães esta função encontra-se deveras condicionada pela ocupação urbana (climatopo B, C e E), sendo que apenas no climatopo D (áreas de fundo de vale sem ocupação urbana) esta função não é perturbada, ou seja, nestas áreas não existem obstáculos à canalização do ar frio (brisa de montanha) nem do ar fresco (brisa de vale) (Figura 56). Nestas áreas é fundamental manter estes corredores de ventilação, impedindo a construção nas áreas de fundo de vale, onde ainda não existe construção, e impedir o aumento da densidade onde já existe construção. No climatopo B, a existência de uma densidade de ocupação urbana ainda que média a baixa já condiciona o desempenho desta função, particularmente porque grande parte desta urbanização ocorre ao longo das linhas de água, que formam os entalhes por onde circulam as brisas de vertente. Assim, é fundamental impedir a construção de novos edifícios junto a estes entalhes (corredores de ventilação), de modo a impedir o agravamento dos condicionamentos já existentes. Além disto, é necessário melhorar a conexão entre os corredores de ventilação nos locais onde a urbanização mais os afetou, designadamente através da criação de áreas verdes. Nos climatopos C e E o desempenho da função de corredores de ventilação encontra-se muito condicionado pela urbanização, devido à elevada densidade de ocupação urbana, que promove o aumento da rugosidade, e por consequência dificulta a canalização das brisas. Assim, nestas áreas é necessário voltar a restaurar a conexão entre os corredores de ventilação, através da localização favorável dos espaços verdes, ou seja, é necessários recriar estes espaços ao longo dos entalhes das vertentes, que são os principais corredores de ventilação, no caso do climatopo C, e ao longo do fundo de vale, no climatopo E.

A renovação do ar fresco, através da brisa de vale e de montanha, ocorre nas áreas de fundo de vale, designadamente no climatopo D e E. No climatopo D como a densidade de ocupação urbana é reduzida não existem condicionalismo ao desempenho desta função. Contudo, no climatopo E, onde a ocupação urbana é elevada (cidade de Guimarães e vila de Pevidém) esta função encontra-se muito condicionada, podendo em alguns casos estar mesmo interrompida (Figura 56). Neste caso é necessário restaurar o corredor de canalização das brisas do vale,

permitindo deste modo entrada de ar fresco no fundo de vale, essencial para a renovação o ar na cidade de Guimarães (principal núcleo urbana da área de estudo) e na vila de Pevidém (área muito industrializada). A entrada desta brisa contribui para a redução da poluição do ar e para a redução da ilha de calor superficial, que afeta muito estas áreas. Assim, é fundamental criar mais áreas verdes ao longo do corredor de circulação da brisa do vale e de montanha, como já acontece com o Parque da Cidade em Guimarães e o Parque do Selho em Pevidém.

**PARTE III - AVALIAÇÃO DA SALVAGUARDA DO FUNCIONAMENTO ECOLÓGICO DA
ÁREA URBANA DE GUIMARÃES PELA ESTRUTURA ECOLÓGICA MUNICIPAL**

1. A Estrutura Ecológica Municipal no PDM de Guimarães

O PDM de Guimarães foi aprovado em Assembleia Municipal no dia 18 de Julho de 1994, e ratificado pela Resolução do Concelho de Ministros n.º 101/94. O PDM foi elaborado tendo por base o Decreto-Lei 69/90, de 2 de março, que estabelecia, à data, o regime jurídico dos planos municipais de ordenamento do território, e que foi alterado pelo Decreto-Lei 211/92, de 8 de outubro. De acordo com o Relatório do PDM Guimarães (1993), com este plano pretendia-se, para além da definição das regras para a ocupação, uso e transformação do solo, apoiar a política de desenvolvimento económico e social do concelho, designadamente no que se refere à habitação (carências habitacionais) e às atividades económicas (planos de atividade dos futuros cinco a dez anos).

De acordo com o regime jurídico dos PDM, Decreto-Lei 380/99 de 22 de setembro (n.º 3 do artigo 98.º), ou do seu antecessor Decreto-Lei 69/90, de 2 de março (n.º 3 do artigo 19.º), estes planos devem ser revistos antes de decorrido o prazo de dez anos a contar da sua entrada em vigor, ou da última revisão. Neste sentido, o PDM de Guimarães deveria ter sido revisto antes de 2004, ano em que completaria dez anos da sua entrada em vigor. Contudo, devido a várias vicissitudes, a revisão deste plano apenas entrou no período de discussão pública no dia 3 de janeiro de 2012, período que terminou no dia 29 de fevereiro. A esta fase, segue-se o período de ponderação das participações, a efetuar pela equipa técnica municipal, de que resultará o respetivo relatório de ponderação da discussão pública.

Na revisão do PDM, segundo a Câmara Municipal de Guimarães (s.d.3), surgiu a necessidade de redefinir conceitos, objetivos e orientações, dado que a primeira geração de PDM incidia mais sobre matérias pragmáticas de estabelecimento de regras, do que princípios de ocupação e defesa dos solos. Neste sentido, em acordo com o Decreto-Lei 380/99, de 22 de setembro, os objetivos do PDM foram ampliados, de modo a se adequarem às novas necessidades de desenvolvimento territorial (Relatório do PDM de Guimarães²⁸, 2012). A obrigatoriedade de delimitação da

²⁸ Versão disponível para a discussão pública do PDM de Guimarães.

Estrutura Ecológica nos planos municipais de ordenamento do território constitui uma das principais alterações introduzidas por este Decreto-Lei, juntamente com o facto de os solos urbanos poderem ser classificados como solos afetos à Estrutura Ecológica (alínea c), n.º 4 do artigo 73.º). Assim, a figura da Estrutura Ecológica surge como elemento complementar à dicotomia entre solo urbano e solo rural, assumindo-se, segundo o Relatório do PDM de Guimarães (2012, p. 193), “como um elemento condicionador e influenciador de carácter qualitativo da ocupação e transformação do solo de valor não vinculativo”. Por tudo isto, mais do que regrear, vincular ou impor, a Estrutura Ecológica Municipal procura conjugar, compatibilizar e articular, contribuindo deste modo para uma gestão urbanística mais coerente e qualificada (Relatório do PDM de Guimarães, 2012). Constituindo-se um elemento fundamental para a qualificação urbanística do território, face às fortes pressões urbanísticas, ao desordenamento do uso do solo e à degradação do meio natural. Todavia, é importante ressaltar que a informação sobre a Estrutura Ecológica Municipal apresentada no presente trabalho, bem como toda a análise efetuada, se baseou na versão disponibilizada para o processo de discussão pública do PDM, podendo neste sentido, esta proposta não corresponder integralmente à versão final no PDM de Guimarães.

1.1. Componentes e Regime de Gestão

Para a Câmara Municipal de Guimarães (s.d.3), “a Estrutura Ecológica é um primeiro passo no entendimento mais generoso sobre a especificidade das sensibilidades do território”. Assim, segundo o Relatório do PDM de Guimarães (2012), a Estrutura Ecológica Municipal reúne a informação biofísica de base, cruzando-a com os sistemas e componentes ecológicos reconhecidos e as unidades paisagísticas identificadas (Tabela 18), no sentido de contribuir para a sua clarificação, qualificação e transformação. Tendo como suporte as orientações da avaliação ambiental estratégica bem como a análise e diagnóstico realizado sobre o território concelhio, a Estrutura Ecológica Municipal de Guimarães apresentada no PDM, divide-se em três grandes áreas de ação (Tabela 18): a proteção dos recursos naturais; a valorização ambiental; e, a proteção e regeneração.

Tabela 18 – Elementos constituintes da Estrutura Ecológica Municipal de Guimarães por áreas de ação

Proteção dos Recursos Naturais	Valorização Ambiental	Proteção e Regeneração
<ul style="list-style-type: none"> — sistemas húmidos — leitos dos cursos de água — áreas de infiltração máxima — áreas de risco de cheias — cabeços — áreas com risco de erosão — áreas de produção agrícola e florestal significativas 	<ul style="list-style-type: none"> — parques e espaços de lazer — elementos patrimoniais e paisagísticos relevantes — “verde urbano” — áreas de enquadramento paisagístico 	<ul style="list-style-type: none"> — corredores de proteção de rodovias e ferrovias — infraestruturas de qualificação ambiental — pedreiras — sucatas — indústrias em áreas sensíveis — áreas ardidas — outras

(Fonte: Relatório do PDM de Guimarães, 2012)

A Estrutura Ecológica Municipal do concelho de Guimarães, identificada na Planta de Ordenamento, “consiste na identificação e valorização de componentes biofísicas, interligando os valores ambientais, culturais, recreativos e paisagísticos marcantes no território, com vista à integração dos sistemas ecológicos fundamentais, garantindo a continuidade e o funcionamento entre eles”, e encontra-se integrada no corredor ecológico Cávado/Ave, conforme o definido no PROFBM (n.º 1 e 2 do artigo 10.º do Regulamento do PDM de Guimarães, 2012).

No n.º 3 do artigo 10.º do Regulamento do PDM de Guimarães (2012), é apresentada a hierarquização da Estrutura Ecológica Municipal (Tabela 19).

Tabela 19 – Hierarquização da Estrutura Ecológica Municipal no PDM de Guimarães

	Nível I	Nível II	Nível III
Componentes	Componentes cuja proteção deve ser assegurada	Componentes naturais e culturais únicas que constituem a continuidades com os restantes sistemas	Componentes de valorização específica com interesse municipal
Funções	Contribuir para a estabilidade física e a sustentabilidade ecológica	Promovem uma melhor identidade e leitura da estrutura	Funções específicas
Regime de Gestão	Máximo condicionamento à edificação	Não é necessário um regime não edificável	Ações de proteção e regeneração

(Fonte: n.º 3 do artigo 10.º do Regulamento do PDM de Guimarães, 2012)

Segundo a Câmara Municipal de Guimarães (s.d.4), os objetivos definidos para a Estrutura Ecológica Municipal são:

- Contribuir para a conservação da biodiversidade e, ao mesmo tempo, promover a prossecução das atividades humanas;
- Contribuir para a criação de uma consciência ecológica;
- Promover a contribuição da Estrutura Ecológica para a segurança alimentar e a disponibilidade de recursos naturais de elevada qualidade;
- Desenvolver uma cultura de boas práticas de ocupação do território e fornecer normas de “práticas comportamentais” a todos os agentes do desenvolvimento urbano;
- Promover a participação e cooperação de todos os agentes do desenvolvimento urbano.

Estes objetivos definidos visam a prossecução de directrizes mais gerais, nomeadamente assegurar a manutenção de ecossistemas de grande valor para a conservação; identificar e respeitar valores ecológicos, geológicos, patrimoniais ou culturais; respeitar as condicionantes de uso do solo aplicáveis a cada local; minimizar a compactação do solo; considerar os impactes ambientais e paisagísticos; privilegiar a qualidade mais do que a quantidade no que diz respeito às práticas de urbanização;

adoptar técnicas e materiais tradicionais respeitadores do ambiente; e num contexto de coabitação racional, promover o estabelecimento de corredores de circulação à fauna e flora (Câmara Municipal de Guimarães, s.d.4).

O artigo 11.º do Regulamento do PDM de Guimarães (2012) define para cada nível da Estrutura Ecológica Municipal o respetivo regime de gestão, nomeadamente as “ações privilegiadas” e as “ações excluídas” (Tabelas 20, 21, 22).

No nível I encontram-se as áreas com elevado valor ecológico, fundamentais para a sustentabilidade ambiental do território, pelo que neste nível é necessário um maior grau de proteção e de condicionamento à edificação. No que se refere ao nível I, (Tabela 20) não são apresentadas no Regulamento do PDM de Guimarães (2012) as ações privilegiadas propriamente ditas, mas sim os objetivos que essas ações devem visar, ao contrário do que acontece para os outros níveis. Assim, neste nível algumas das ações/objetivos são mais importantes do que outras, destacando-se a alínea a), referente à proteção das áreas abrangidas por este nível I, designadamente à manutenção da biodiversidade; a alínea g), que se refere ao controlo dos fatores de risco natural; e a alínea f) que vai de encontro ao que refere a alínea a). O cumprimento integrado das alíneas d) e g), entre muitos outros aspetos, pode contribuir para a redução das inundações, da erosão hídrica ou dos movimentos de vertente. A alínea c) pode resultar na melhoria das condições climáticas, nomeadamente a redução dos extremos térmicos locais situação poucas vezes tida em consideração no planeamento. A alínea b), apesar de importante, na nossa opinião parece enquadrar-se mais no nível II, uma vez que um dos objetivos desse nível é promover a continuidade da Estrutura Ecológica (cf. Tabela 19). Por fim, a alínea e), apesar de se referir a este nível, deveria aplicar-se a todo o concelho em geral, uma vez que é primordial a preservação de todo o património histórico e cultural. As ações excluídas asseguram acima de tudo a não edificação destas áreas (alínea a)), bem como a não alteração das características topográficas, do solo e do coberto vegetal, aspetos fundamentais para assegurar a manutenção das dinâmicas naturais do território.

Tabela 20 – Regime aplicável às áreas do nível I da Estrutura Ecológica Municipal

	AÇÕES PRIVILEGIADAS	AÇÕES EXCLUÍDAS
NÍVEL I	<ul style="list-style-type: none"> a) A manutenção da biodiversidade, através da proteção de áreas naturais; b) O estabelecimento de ligações entre áreas de habitats e, conseqüentemente, promovam o movimento de espécies, materiais e energia, garantindo a continuidade com os sistemas naturais adjacentes; c) A regularização de amplitudes térmicas e da luminosidade atmosférica, nomeadamente através da promoção da rearborização de áreas de solo degradado; d) A circulação da água pluvial a céu aberto e infiltração, promovendo a utilização da água local e torrencial; e) A preservação do património histórico e cultural; f) A manutenção e valorização da qualidade da paisagem; g) O controlo de fatores de risco. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Operações de loteamento e operações de destaque de parcelas; b) Movimentos de terras que conduzam à alteração da topografia natural e das camadas superficiais do solo; c) Qualquer alteração do coberto vegetal que ponha em causa os bens a salvaguardar.

(Fonte: n.º 1 e 2 do artigo 11.º do Regulamento do PDM de Guimarães, 2012)

No nível II (Tabela 21) quase todas as ações privilegiadas são referentes a aspetos relacionados com a edificação (alíneas a), b), c) e e)), sendo que apenas a alínea d) se prende diretamente com aspectos naturais. As ações excluídas, particularmente a a) e a b) vão claramente ao encontro dos objetivos propostos para o nível II, designadamente a salvaguarda de áreas de enquadramento paisagístico, que permitem uma melhor leitura e identidade do território. Assim, as exclusões à alteração da topografia (alínea a)), deve acima de tudo salvaguardar as áreas com declives acentuados e as áreas com socalcos. A exclusão do uso de materiais dissonantes da paisagem (alínea d)) contribui também para que não ocorra uma rutura na leitura da paisagem. A ação excluída na alínea c) - usos que originem ruídos, poluição e degradação da qualidade ambiental –, na nossa opinião dever-se-ia aplicar a todas as áreas da Estrutura Ecológica e mesmo de todo o concelho, uma vez que qualquer que seja a área é fundamental que o seu uso não degrade a qualidade ambiental.

Tabela 21 – Regime aplicável às áreas do nível II da Estrutura Ecológica Municipal

	AÇÕES PRIVILEGIADAS	AÇÕES EXCLUÍDAS
NÍVEL II	<ul style="list-style-type: none"> a) A recuperação e ampliação de edifícios existentes; b) Colmatação de núcleos residenciais existentes; c) Apoio e complemento dos espaços verdes de utilização coletiva; d) A reabilitação de linhas de água e/ou de espécies arbóreas assinaláveis; e) A não impermeabilização do solo. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Alterações significativas de topografia que ponham em causa a relação harmoniosa com terreno envolvente; b) Alterações que coloquem em risco bens a salvaguardar (naturais, culturais, paisagísticos, arquitetónicos, etc.); c) Usos que originem ruídos, poluição e degradação da qualidade ambiental; d) Uso de materiais dissonantes da paisagem.

(Fonte: n.º 3 e 4 do artigo 11.º do Regulamento do PDM de Guimarães, 2012)

O nível III (Tabela 22) é composto por um conjunto de áreas para as quais se definiram objectivos e funções muito diferentes, pelo que também as ações privilegiadas e excluídas neste nível o são. Contudo, as áreas incluídas no nível III apresentam um ponto comum, a necessidade de ações de melhoria da qualidade ambiental – ou seja ações de regeneração. Assim, nas ações privilegiadas, a alínea a) refere-se às vias rodoviárias, a alínea b) às pedreiras e a alínea c) às indústrias em áreas sensíveis. A alínea d), pela sua importância deveria aplicar-se a todos os níveis da Estrutura Ecológica. Neste nível, excluem-se as ações incompatíveis com a qualificação ambiental e as alterações à estrutura natural das linhas de água, que na sua maioria já se encontram muito alteradas, como o caso do percurso urbano da ribeira de Costa/Couros incluída neste nível da Estrutura Ecológica, e para a qual não é referida nenhuma medida em particular. Sendo, todavia referido no nível II, na alínea d) das ações privilegiadas refere-se a reabilitação das linhas de água, ação que se enquadraria melhor neste nível.

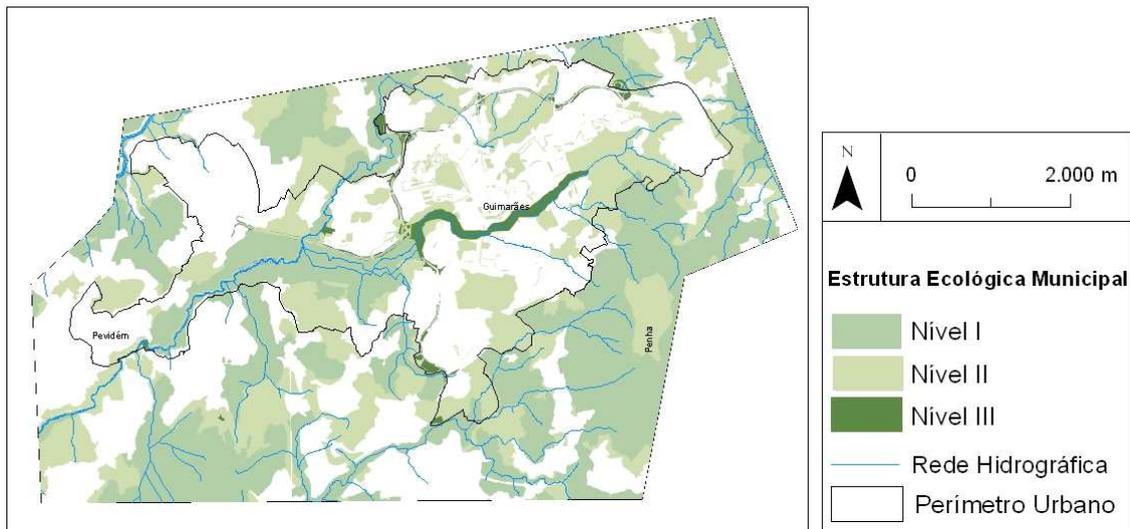
Tabela 22 – Regime aplicável às áreas do nível III da Estrutura Ecológica Municipal

	AÇÕES PRIVILEGIADAS	AÇÕES EXCLUÍDAS
NÍVEL III	<ul style="list-style-type: none"> a) A criação de cortinas arbóreas, constituindo corredores verdes de proteção ao longo das infraestruturas rodoviárias e ferroviárias; b) O restabelecimento das características dos espaços de recursos geológicos, tal como eram antes da abertura da pedreira, ao nível da forma do terreno e do coberto vegetal; c) Nas indústrias em “áreas sensíveis”, em situação de abandono de atividade, a próxima função deverá privilegiar uso compatível com a sensibilidade ecológica do local e promover a requalificação das áreas adjacentes mediante proposta de integração paisagística; d) A não impermeabilização do solo, nomeadamente com a redução dos índices de impermeabilização máximos previstos. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Ações incompatíveis com as infraestruturas de qualificação ambiental ou espaços públicos a que estão afetos, devendo ser mantidas as faixas arborizadas existentes ou promovida a sua arborização; b) Alterações da estrutura natural das linhas de água existentes.

(Fonte: n.º 5 e 6 do artigo 11.º do Regulamento do PDM de Guimarães, 2012)

1.2. Proposta para a Área Urbana de Guimarães

Na área urbana de Guimarães, encontramos presentes os três níveis da Estrutura Ecológica Municipal definida para o território do concelho de Guimarães (Figura 58). Segundo o Relatório do PDM de Guimarães (2012), a “Estrutura Ecológica Municipal proposta procura um equilíbrio praticável entre as diferentes escalas territoriais - desde o âmbito geográfico da bacia e da rede hidrográfica do Ave, às escalas locais onde os valores ambientais e paisagísticos se encontram desigualmente pressionados pela urbanização e pela industrialização” (p. 180).



(Fonte dos dados: CMG, 2012)

Figura 58 – Estrutura Ecológica Municipal na área urbana de Guimarães

Na área urbana de Guimarães, e no que se refere ao nível I da Estrutura Ecológica Municipal, encontramos os sistemas húmidos, que constituem elementos estruturantes do sistema ecológico composto pelas linhas de água e áreas adjacentes, (ou seja, as áreas onde ocorre a infiltração das águas de convergência), e, ainda, as áreas com risco de inundação. Contudo, nos centros urbanos (Guimarães e Pevidém, tal como definidos pela Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho, 1995), estes sistemas inserem-se no nível II ou no nível III, uma vez que para estas áreas mais densamente urbanizadas não foi delimitado o nível I da Estrutura Ecológica. Neste nível de maior proteção inserem-se ainda as áreas de topo (“cabeços”), onde ocorre a recarga dos aquíferos não freáticos (apesar de o principal topo desta área – a Penha- não ser considerada no nível I mas sim no nível II), e as áreas de vertente com risco de erosão. Por fim, encontramos as áreas com uma importância agrícola e florestal significativa, destacando-se no caso da produção agrícola toda a veiga de Creixomil, que é o setor que possui os solos mais férteis da área urbana de Guimarães.

No nível II da Estrutura Ecológica Municipal, encontram-se integrados quase todos os espaços verdes urbanos existentes na área de estudo. O restante é composto por um conjunto diversificado de áreas que ainda não foram ocupadas pela urbanização, das quais algumas apresentam características naturais e culturais únicas. Acima de tudo, o nível II da Estrutura Ecológica assegura a continuidade espacial entre as áreas incluídas

no nível I da Estrutura Ecológica Municipal. Assim, no caso dos principais aglomerados urbanos de Guimarães (tal como definida pela Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho, 1995), é este o nível da Estrutura Ecológica mais representativo (que ocupa a maior parte da superfície).

Na área de estudo e no âmbito do nível III da Estrutura Ecológica Municipal, destaca-se o troço da ribeira de Costa/Couros que atravessa a parte central da cidade de Guimarães. Este troço urbano da ribeira apresenta grandes problemas de regularização de caudal, pelo que a sua inserção no nível II assume particular relevância, “cumprindo o duplo papel de salvaguardar a presença de um corredor ecológico em plena cidade e em simultâneo, conformar-se como um elemento de qualificação urbanística do espaço público de usufruto comunitário” (Relatório do PDM de Guimarães, 2012, p. 179). Neste nível encontramos também as faixas de proteção de rodovias, com destaque para a circular urbana. Por fim, no nível III encontramos, ainda, algumas áreas dispersas que na sua maioria constituem indústrias em áreas sensíveis, que necessitam ser reconvertidas num uso mais condizente com as características biofísicas e ecológicas da área em que se inserem.

2. Avaliação da Proposta da Estrutura Ecológica Municipal

2.1. Síntese das dinâmicas ecológicas e biofísicas

Com a avaliação da Estrutura Ecológica Municipal proposta na revisão do PDM de Guimarães, pretende-se aferir em que medida esta delimitação, de acordo com a respetiva hierarquização (funções e regime de gestão), salvaguarda o correto funcionamento ecológico da área urbana de Guimarães. A base para esta avaliação constitui a análise, efectuada ao longo da Segunda Parte do trabalho, das dinâmicas biofísicas e ecológicas - nomeadamente geomorfológica, pedológica, hidrológica e climática -, que permitiu, por um lado, caracterizar o funcionamento ecológico da área urbana de Guimarães, e, por outro, determinar as áreas indispensáveis a esse funcionamento (Figura 59). Assim, a partir deste estudo identificamos as áreas de elevado valor ecológico, isto é, aquelas que no âmbito da nossa proposta de organização da Estrutura Ecológica correspondem à Estrutura Ecológica Fundamental (rever Figura 7), e que por isso devem ter um estatuto de proteção mais elevado. Estas áreas foram identificadas segundo dois critérios: no caso das dinâmicas geomorfológica e da hidrológica, através do grau de suscetibilidade associada, respectivamente, a movimentos de vertente e à ocorrência de inundações; e, no caso das dinâmicas pedológica e climática, a partir do grau de importância das funções ecológicas que desempenham (Figura 59).

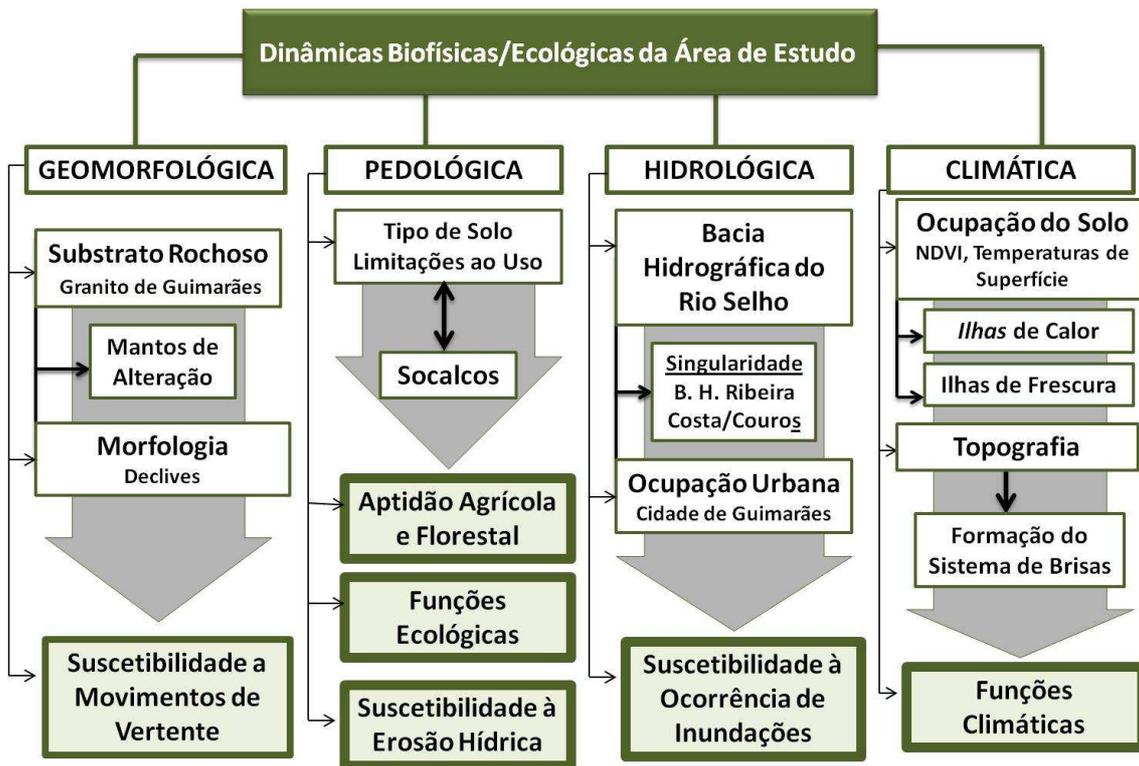


Figura 59 – Funcionamento ecológico da área urbana de Guimarães

Tendo em conta que para a avaliação da Estrutura Ecológica Municipal, o funcionamento ecológico da área urbana de Guimarães deve ser considerado de forma integrada (Figura 59), surgiu a necessidade de sintetizar os resultados da sua análise e, por isso, de uniformizar os critérios em função dos quais as diferentes dinâmicas foram sintetizadas nos seus principais aspetos. Para tal, elaboramos uma matriz (Tabela 23) organizada segundo os sistemas ecológicos que se encontram ilustrados na Figura 60.

Tabela 23 – Dinâmicas ecológicas e biofísicas da área urbana de Guimarães (continua)

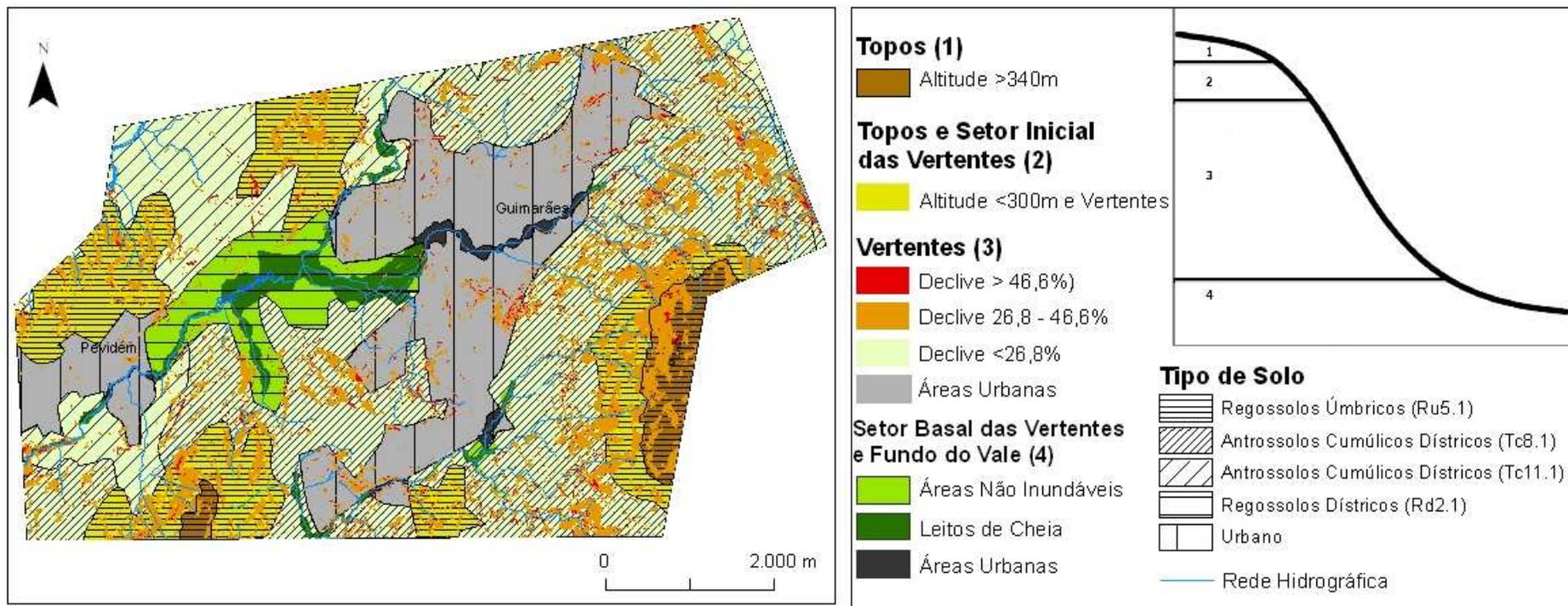
			DINÂMICAS ECOLÓGICAS E BIOFÍSICAS									
Unidades de Relevo	Morfologia	Tipo de Solo	GEOMORFOLÓGICA	HIDROLÓGICA	PEDOLÓGICA			CLIMÁTICA				
			Suscetibilidade		Funções							
			Movimentos de massa/vertente	Inundações	Infiltração das águas de convergência	Regulação da escorrência e da erosão	Recarga de aquíferos não freáticos	Capacidade produtiva	Produção de ar fresco	Renovação do ar fresco	Corredores de ventilação	
Topos	Altitude >340m	Regossolos Úmbricos (Ru5.1)	+					+++		+++		
Topos e Setor Inicial das Vertentes	Altitude <300m e Vertentes		+			+		+		++		+++
Vertentes	Declive >46,6% (25°)	Antrossolos Cumúlicos	+++									+++
	Declive 26,8 - 46,6% (15°-25°)	Dístricos (Tc8.1)	++			+++			+			+++
	Declive 26,8% (15°)	Antrossolos Cumúlicos Dístricos (Tc11.1)				++			++			++
	Áreas Urbanas	Urbano				+						++

+++ - muito importante; ++ - importante; + - pouco importante; + – suscetibilidade condicionada por declive >26,8% (15°) e agravada pela ocupação urbana; +++ – suscetibilidade agravada pela ocupação urbana; + – função condicionada pela ocupação urbana; +++ – função dependente da existência de socalcos; ++ – função dependente da localização favorável de espaços verdes; +++ – função condicionada pela existência de socalcos; ++ – função condicionada pela existência de socalcos, pela ocupação urbana e dependente da localização favorável dos espaços verdes.

Tabela 23 – Dinâmicas ecológicas e biofísicas da área urbana de Guimarães (continuação)

			DINÂMICAS ECOLÓGICAS E BIOFÍSICAS									
Unidades de Relevo	Morfologia	Tipo de Solo	GEOMORFOLÓGICA	HIDROLÓGICA	PEDOLÓGICA				CLIMÁTICA			
			Suscetibilidade		Funções							
			Movimentos de massa/vertente	Inundações	Infiltração das águas de convergência	Regulação da erosão e da escorrência	Recarga de aquíferos não freáticos	Capacidade produtiva	Produção de ar fresco	Renovação do ar fresco	Corredores de ventilação	
Setor Basal das Vertentes e Fundo de Vale	Leitos de Cheia	trossolos Cumúlicos Dístricos (Tc8.1)		+++	+++				+		+++	+++
		Antrossolos Cumúlicos Dístricos (Tc11.1)		+++	+++				++		+++	+++
		Regossolos Dístricos (Rd2.1)		+++	+++				+++		+++	+++
	Áreas não Inundáveis	Antrossolos Cumúlicos Dístricos (Tc8.1)			++				+		++	++
		Regossolos Dístricos (Rd2.1)			++				+++		++	++
	Áreas Urbanas	Urbano		++	+						++	++

+++ - muito importante; ++ - importante; + - pouco importante;  – suscetibilidade agravada pela ocupação urbana;  – função condicionada pela ocupação urbana;  – função dependente da localização favorável de espaços verdes.



(Fonte dos dados: CMG e DRAPN)

Figura 60 – Sistemas em função dos quais se distinguem as dinâmicas ecológicas e biofísicas na área urbana de Guimarães

Na área urbana de Guimarães, a suscetibilidade aos movimentos de vertentes, encontra-se diretamente relacionada com o declive, sendo que a suscetibilidade “forte a muito forte” se verifica nas áreas com declive superior a 46,6% (25°) e a “média” em declives entre 28,6 – 46,6% (15° - 25°). Contudo, em ambos os casos a suscetibilidade é agravada pela ocupação urbana, devendo esta proibida no primeiro caso e no, segundo, muito condicionada. Os topos da área em estudo também são áreas com suscetibilidade a movimentos de massa, uma vez que estes são muito reduzidos, com morfologia convexa, e declives acentuados superiores a 26,8% (15°) (Figura 61). Embora a suscetibilidade exista, esta é mais reduzida do que nas vertentes, uma vez que nos topos existe pouco material (manto de alteração e solo) para ser mobilizado, como vimos no estudo da dinâmica geomorfológica e pedológica.

O fundo do vale, mais precisamente os leitos de cheias, são as áreas mais suscetíveis à ocorrência de inundações, dado que estas são as áreas mais deprimidas para onde a água de escorrência (superficial e subsuperficial) converge, como ocorre na Rua de Eiras (Creixomil). Não obstante, segundo o Plano Municipal de Emergência de Guimarães (2002), as áreas com maior suscetibilidade à ocorrência de cheias localizam-se na área urbana de Guimarães, nomeadamente a Rua da Ramada (S. Sebastião), Largo da Cidade (Oliveira do Castelo) e a Rua da Caldeiroa (São Sebastião), devido à elevada impermeabilização do solo e artificialização da ribeira de Costa/Couros.

No estudo da dinâmica pedológica, para área urbana de Guimarães, foram identificadas quatro funções ecológicas que os solos desempenham e que devem ser promovidas, designadamente a infiltração das águas de convergência, a regulação da escorrência e da erosão hídrica, a recarga dos aquíferos não freáticos e a capacidade produtiva. A infiltração das águas de convergência ocorre no fundo do vale, sendo, no entanto mais importante nos leitos de cheia do que nas restantes áreas. Algumas das áreas no fundo do vale, ainda que muito impermeabilizadas, como os centros urbanos de Guimarães e Pevidém, não perderam esta função, decorrente da sua posição topográfica.

A função de regulação da escorrência e da erosão diz respeito à minimização da escorrência de modo a evitar a erosão acelerada do solo, estando esta função do solo na nossa área de estudo, dependente da existência dos socalcos, que reduzem o declive da superfície topográfica. A existência dos socalcos é mais importante nos antrossolos cumúlicos dístricos – Tc8.1 dos que nos Tc11.1, porque os primeiros solos apresentam declives mais acentuados, logo maior suscetibilidade à erosão hídrica. Nos regossolos úmbricos (Ru5.1), o desempenho desta função não depende dos socalcos mas da vegetação. E, apesar de nestas áreas a capacidade de desempenho desta função ser inferior à das anteriores, a manutenção de uma taxa de cobertura vegetal elevada, associada a uma floresta de proteção, é indispensável para a conservação destes solos com espessura pelicular. Nas áreas urbanas, a quase total ausência de solo não impermeabilizado torna fundamental minimizar a escorrência, nomeadamente ao promover a infiltração, diminuindo, deste modo, a escorrência e a acumulação destas águas nos setores mais deprimidos, onde provocam inundações.

A recarga dos aquíferos não freáticos ocorre nas áreas de topo, particularmente nas áreas mais elevadas (altitude superior a 340 m), uma vez que nos topos mais baixos (que englobam também já uma parte do setor inicial das vertentes) já existe uma certa impermeabilização do solo que condiciona o desempenho desta função.

A capacidade produtiva dos solos foi definida em função das características e das limitações destes, sendo que na área urbana de Guimarães são os regossolos dístricos (Rd2.1) que apresentam a maior capacidade de uso. Embora menor que nos anteriores, também os antrossolos cumúlicos dístricos (Tc8.1 e os Tc11.1) apresentam capacidade produtiva, estando esta, todavia, dependente da manutenção dos socalcos. As diferenças de capacidade produtiva entre os Tc8.1 e os Tc11.1 resultam das limitações impostas pela dimensão dos socalcos, que no primeiro caso são mais reduzidos devido ao acentuado declive que a superfície topográfica apresenta. Assim, os solos Tc8.1 apenas suportam um uso florestal, enquanto os Tc11.1 já possuem aptidão agrícola.

Com base no estudo da dinâmica climática na área urbana de Guimarães, foram também definidas funções, designadamente a produção de ar fresco, a renovação do

ar fresco (canalização da brisa de vale) e os corredores de ventilação. Assim, a produção de ar fresco ocorre nas áreas de topo, particularmente nas áreas mais elevadas (altitude superior a 340 m) e florestadas, como o monte da Penha, que constitui uma ilha de frescura importante. Nas áreas de topo com altitudes mais baixas, ainda tem lugar a produção de ar fresco, mas esta função é menos significativa quer devido à altitude, quer devido à urbanização existente, que é fonte de ar quente e não de ar fresco.

A renovação do ar fresco ocorre através da canalização das brisas de vale, ao longo do fundo do vale, particularmente nas margens ribeirinhas (leitos de cheia), pelo que nestas áreas o desempenho desta função é mais importante do que nas restantes. Nos centros urbanos, localizados no fundo de vale, esta função encontra-se por este tipo de ocupação, pelo que o seu desempenho depende da criação de espaços verdes urbanos que permitam recriar as condições naturais de ventilação dos fundos do vale.

Os corredores de ventilação desenvolvem-se em toda a área urbana de Guimarães, exceto nas áreas de topo. Contudo, os fluxos de ar (brisas) realizam-se maioritariamente ao longo dos entalhes da rede hidrográfica (rever Figura 56), pelo que estas áreas são fundamentalmente de salvaguardar, para bem do seu correto funcionamento. Por outro lado, o desempenho desta função encontra-se muito condicionado nas vertentes, devido à existência de socacos, que travam os fluxos do ar e diminuem a sua velocidade, bem como pela ocupação urbana nas vertentes e no fundo do vale que impede ou altera a circulação das brisas junto ao solo. Assim, esta função está dependente de uma localização favorável dos espaços verdes, que permita minimizar os impactos do edificado denso sobre a circulação à superfícies destes ventos locais.

2.2. Avaliação da Estrutura Ecológica

A avaliação da Estrutura Ecológica Municipal proposta para a área urbana de Guimarães, no âmbito da revisão do PDM (Figura 58), foi sintetizada através de uma matriz com a mesma base de organização da Tabela 23. Assim, identificou-se o nível da

Estrutura Ecológica (I, II, III) em que se insere cada um dos sistemas e respetivas dinâmicas ecológicas e biofísicas (Tabela 24). Como raramente se observou a situação em que estas são abrangidas por apenas um nível, optámos por indicar o nível predominante em primeiro lugar, e, entre parêntesis, outros a considerar pela respetiva ordem de importância (Tabela 24). Assim, confrontando a informação das matrizes apresentadas na Tabela 23 e na Tabela 24, procuramos avaliar em que medida os diferentes níveis da Estrutura Ecológica Municipal e designadamente o respetivo regime de gestão, através das ações privilegiadas e ações excluídas – (artigo 11.º do Regulamento do PDM de Guimarães, 2012) -, contribui para a salvaguarda da suscetibilidade e funções evidenciadas para a área urbana de Guimarães.

Tabela 24 - Níveis da Estrutura Ecológica Municipal e as dinâmicas ecológicas e biofísicas da área urbana de Guimarães (continua)

			DINÂMICAS ECOLÓGICAS E BIOFÍSICAS								
Unidades de Relevô	Morfologia	Tipo de Solo	GEOMORFOLÓGICA	HIDROLÓGICA	PEDOLÓGICA			CLIMÁTICA			
			Susceptibilidade		Funções						
			Movimentos de massa/ vertente	Inundações	Infiltração das águas de convergência	Regulação da erosão e da escorrência	Recarga de aquíferos não freáticos	Capacidade produtiva	Produção de ar fresco	Renovação do ar fresco	Corredores de ventilação
Topos	Altitude >340m	Regossolos Úmbricos	I (II)					I (II)		I (II)	
Topos e Setor Inicial das Vertentes	Altitude <300m e Vertentes		I (II)			I (II)	I (II)		I (II)		I (II)
Vertentes	Declive >46,6% (25°)	Antrossolos Cumúlicos Dístricos (Tc8.1)	II (I)								I (II)
	Declive 26,8 - 46,6% (15°-25°)		I (II)			I (II)		I (II)			I (II)
	Declive <26,8% (15°)	Antrossolos Cumúlicos Dístricos (Tc11.1)				! (I)		! (I)			I
	Áreas Urbanas	Urbano									II (III)

I – nível I da Estrutura Ecológica Municipal (Proteção ambiental); II – nível II da Estrutura Ecológica Municipal (Valorização ambiental); III – nível III da Estrutura Ecológica Municipal (Regeneração e proteção ambiental); ! – não está salvaguardada.

Tabela 24 - Níveis da Estrutura Ecológica Municipal e dinâmicas ecológicas e biofísicas da área urbana de Guimarães (continuação)

			DINÂMICAS ECOLÓGICAS E BIOFÍSICAS								
Unidades de Relevo	Morfologia	Tipo de Solo	GEOMORFOLÓGICA	HIDROLÓGICA	PEDOLÓGICA			CLIMÁTICA			
			Suscetibilidade		Funções						
			Movimentos de vertente	Inundações	Infiltração das águas de convergência	Regulação da erosão e da escorrência	Recarga de aquíferos não freáticos	Capacidade produtiva	Produção de ar fresco	Renovação do ar fresco	Corredores de ventilação
Setor Basal das Vertentes e Fundo de Vale	Leitos de Cheia	Antrossolos Cumúlicos Dístricos (Tc8.1)		I (III)	I (III)			I (III)		I (III)	I (III)
		Antrossolos Cumúlicos Dístricos (Tc11.1)		I (II)	I (II)			I (II)		I (II)	I (II)
		Regossolos Dístricos		I	I			I		I	I
	Áreas não Inundáveis	Antrossolos Cumúlicos Dístricos (Tc8.1)			I (III)			I (III)		I (III)	I (III)
		Regossolos Dístricos			I (II)			I (II)		I (II)	I (II)
	Áreas Urbanas	Urbano		III (II)	III (II)					III (II)	III (II)

I – nível I da Estrutura Ecológica Municipal (Proteção ambiental); II – nível II da Estrutura Ecológica Municipal (Valorização ambiental); III – nível III da Estrutura Ecológica Municipal (Regeneração e proteção ambiental).

2.2.1. Topos com Altitude Superior a 340 m

A proposta de Estrutura Ecológica Municipal salvaguarda na área urbana de Guimarães, todas as áreas de topo com altitude superior a 340 m, estando estas abrangidas pelo nível I ou nível II, correspondendo o nível II à área verde da Penha (Figura 58). Assim, nas áreas inseridas no nível I, a suscetibilidade a movimentos de massa (que, apesar de reduzida, pode ser agravada pela ocupação urbana), está acautelada, uma vez que, segundo o Regulamento do PDM de Guimarães (2012), para este nível são, por um lado, excluídas as ações de loteamentos, movimentos de terra e de alteração do coberto vegetal, e, por outro, privilegiadas as ações de controlo dos fatores de risco (n.º 1 e 2 do artigo 11.º), que no caso se aplica ao risco geomorfológico. Contudo, algumas áreas de topo com suscetibilidade geomorfológica, nomeadamente a Penha, onde os declives são muito acentuados (Figura 60), estão integradas no nível II, sendo que para este caso específico o Regulamento do PDM de Guimarães (2012) se revela contraditório (cf. n.º 3 e 4 do artigo 11.º): por um lado, exclui ações que provoquem alterações da topografia, situação que potenciaria a suscetibilidade a movimentos de massa; por outro, refere que, nestes locais, se privilegiam ações de ampliação de edifícios e de colmatação de núcleos residenciais, o que em áreas com declives acentuados, resultará num agravamento da suscetibilidade aos movimentos de massa.

A recarga dos aquíferos não freáticos ocorre nas áreas de topo, sendo fundamental para o cumprimento desta função a não impermeabilização do solo, dado que tal reduz drasticamente a taxa de infiltração e origina a poluição dos aquíferos, deste modo comprometendo todo o ciclo hidrológico, com custos acrescidos. Para além disto, toda esta água que não se infiltra passa a escorrer pelas vertentes, acarretando graves consequências como o aumento da erosão hídrica do solo, nas vertentes e da magnitude das cheias. Assim, com base no Regulamento do PDM de Guimarães (2012), o facto de algumas destas áreas estarem inseridas no nível II da Estrutura Ecológica Municipal pode resultar em duas situações opostas: o comprometimento do desempenho desta função ao se permitir a urbanização do solo (alínea a) e b)) do

n.º 3 do artigo 11.º); ou promover esta função se, através das áreas verdes, aumentar a vegetação existente (alínea c), n.º 3 do artigo 11.º).

Ao nível climático, a salvaguarda das áreas de topo relativamente à construção é também fundamental, uma vez que estas áreas são ilhas de frescura superficial (diurna e noturna), sendo responsáveis pela produção de ar fresco, que permite a substituição do ar fresco no fundo do vale, em particular na cidade de Guimarães (através da brisa descendente de vertente). Nestas áreas, é também essencial a conservação e incremento da arborização, tanto para a manutenção da ilha de frescura e como para evitar a formação de ar muito frio, que se acumularia na cidade de Guimarães (área mais deprimida), formando um “lago” de ar frio. Visto que a área inserida no nível II corresponde ao espaço verde da Penha, a Estrutura Ecológica pode constituir um contributo favorável, se este espaço não for edificado (como está previsto em algumas das ações privilegiadas para este nível) e se forem promovidas ações de arborização.

Sintetizando, em todas as áreas de topo com altitude superior a 340 m a edificação deve ser condicionada ao máximo possível, sendo igualmente imprescindível não alterar a topografia e manter (ou aumentar) o coberto vegetal, tal como se defende no nível I da Estrutura Ecológica Municipal. O nível II revela-se adequado a estas áreas desde que não ocorra a impermeabilização do solo, pois a existência de espaços verdes é favorável ao desempenho das funções de recarga de aquíferos e produção de ar fresco. Assim, nestas áreas (1) a proteção contra os riscos naturais, (2) a recarga de aquíferos (garantindo a disponibilidade de água para consumo humano em boas condições), (3) a produção de ar fresco, essencial na mitigação da ilha de calor urbano; (4) os espaços verdes de recreio e lazer, enquadramento paisagístico e áreas de miradouro natural, e, finalmente, (6) o habitat para a fauna e flora, conferem no seu conjunto uma multifuncionalidade à paisagem, cumprindo assim um dos princípios básicos em que assenta o conceito da Estrutura Ecológica.

2.2.2. Topos e Setor Inicial das Vertentes

Nas áreas de topo com altitude inferior a 300 m e setor inicial das vertentes encontramos, tal como a designação indica, funções comuns às áreas de topo e das

vertentes. Ao contrário do que acontece nos topos com altitude superior a 340 m, nem toda esta área se encontra salvaguardada pela Estrutura Ecológica Municipal, destacando-se particularmente a freguesia de Polvoreira e parte da vila de Pevidém. As áreas salvaguardadas inserem-se maioritariamente no nível I, evidenciando-se o setor inicial da vertente da Penha e da Senhora do Monte. As áreas do nível II são reduzidas e funcionam, essencialmente, como elemento de ligação entre as áreas de nível I, dando maior coerência à Estrutura Ecológica (Figura 58).

Nestas áreas, a suscetibilidade a movimentos de vertente assume as mesmas características descritas para as áreas anteriores, pelo que é fundamental - tal como efetivamente acontece -, que estas estejam integradas no nível I, particularmente os sectores com declive mais acentuado. Com efeito, de acordo com o regime de gestão aplicável a cada nível da Estrutura Ecológica, constante no Regulamento do PDM de Guimarães (2012), apenas o nível I acautela o agravamento da suscetibilidade geomorfológica. Nas áreas de nível II, com declives acentuados, as ações referidas no Regulamento do PDM de Guimarães (2012) como privilegiadas – a ampliação de edifícios ou a colmatação de núcleos residenciais (n.º 3 do artigo 11.º) - devem ser evitadas, caso envolvam alterações na topografia.

A regulação da escorrência nestas áreas é efetuada pela vegetação, sendo que, para evitar a erosão acentuada do solo, é indispensável a sua manutenção. Nas áreas abrangidas pelo nível I, o Regulamento do PDM de Guimarães (2012) assegura, em certa medida, a conservação do coberto vegetal, uma vez que é proibida a sua alteração (alínea c), n.º 2 do artigo 11.º).

A recarga dos aquíferos não freáticos assume nestas áreas uma importância menor do que nos topos com altitude superior a 340 m, uma vez que já se encontra condicionada em alguns casos pela urbanização, sectores estes onde não existe qualquer delimitação da Estrutura Ecológica (Figura 58). Contudo, para não comprometer ainda mais o desempenho desta função é fundamental proteger as áreas que ainda não foram urbanizadas, através da não impermeabilização do solo. Na realidade, verifica-se que no limite inferior destas áreas a vertente já está a ser urbanizada. Sendo que estas áreas mais pressionadas pela expansão da urbana estão

inseridas no nível II da Estrutura Ecológica Municipal, cujo regime de gestão promove explicitamente a colmatação de núcleos residenciais já existentes e, paradoxalmente, compromete a não impermeabilização do solo.

Nestas áreas, apesar de menos importante que nos topos mais elevados e florestados, ainda ocorre a produção de ar fresco. Assim, como defendido anteriormente para esses sistemas, também aqui é fundamental a manutenção e a promoção da arborização, de modo a potenciar a produção de ar fresco. Para além disto, nestas áreas também já circulam as brisas de vertente (ascendente e descendente), que ocorre preferencialmente ao longo dos entalhes da rede hidrográfica (Figura 56). Dado que praticamente todas as linhas de água da área urbana de Guimarães se encontram inseridas no nível I da Estrutura Ecológica Municipal (Figura 58), esta função já se encontra salvaguardada pelo grau mais elevado de proteção assegurado por esta figura legal. Porém, é fundamental que o regime *non aedificandi*, seja escrupulosamente respeitado nas áreas adjacentes às linhas de água.

Em suma, nas áreas de topos com altitude inferior a 300 m e setor inicial das vertentes, a questão fundamental é a da salvaguarda das reduzidas áreas de nível II relativamente à urbanização, pois estas assumem grande importância para a coerência espacial e funcional da Estrutura Ecológica, embora o seu regime de gestão permita a construção.

2.2.3. Vertentes

Nas vertentes, que ocupam a parte significativa da área urbana de Guimarães, encontramos os três níveis da Estrutura Ecológica Municipal, todavia, em várias áreas densamente urbanizadas esta Estrutura não foi delimitada. Nas vertentes as funções/suscetibilidade existentes são determinadas pelos declives e tipo de solo, sendo analisadas à parte as vertentes densamente urbanizadas, devido às características singulares que possuem em resultado da urbanização. Nestas áreas encontramos os antrossolos cumúlicos dístricos, que devem as suas características à existência dos socalcos, sendo que nas áreas com declives moderados a acentuados predominam os Tc8.1, e nas áreas com declives mais reduzidos os Tc11.1.

Nas vertentes as áreas com declives superiores a 46,6% (25⁰) são pontuais, no entanto, estas apresentam uma suscetibilidade muito elevada a movimentos de vertente, resultado da conjugação do declive acentuado com a disponibilidade de material para ser transportado. Como tal, estas áreas devem ter um uso muito condicionado, devendo ser excluída qualquer ação que provoque a alteração da topografia. Neste sentido, todas estas áreas deveriam estar inseridas no nível I da Estrutura Ecológica Municipal, uma vez que este é o nível que prevê o máximo condicionamento à edificação e às alterações da topografia (n.º 1 e 2 do artigo 11.º do Regulamento do PDM de Guimarães, 2012). Na realidade verifica-se que tal acontece nas vertentes exteriores ao perímetro urbano, porém à medida que nos aproximamos do limite deste e no seu interior estas áreas já se inserem no nível II. Neste caso, a suscetibilidade a movimentos de vertente não está acautelada, uma vez que o Regulamento do PDM de Guimarães (2012) para este nível apenas exclui as ações que provoquem alterações significativas da topografia, para além de referir nas ações privilegiadas a construção de edifícios. Embora esta construção seja apenas para casos específicos (alínea a) e b) n.º 3 do artigo 11.º) nestas áreas tal não deve acontecer, uma vez que agrava a suscetibilidade, já elevada, a que estas áreas estão sujeitas.

Nestas áreas de vertentes a função de corredores de ventilação encontra-se na sua maioria salvaguardada pelo nível I da Estrutura Ecológica Municipal, uma vez que esta se desenvolve principalmente ao longo dos entalhes das linhas de água, e no âmbito da Estrutura Ecológica proposta no PDM todas as linhas de água, pelo menos na área exterior do perímetro urbano, se encontram inseridas no nível I.

As vertentes com declive entre 26,8 - 46,6% (15-25⁰) correspondem a muitas das áreas já urbanizadas, onde não existe uma demarcação da Estrutura Ecológica Municipal. Contudo, onde esta Estrutura foi delimitada estas áreas foram inseridas quer no nível I quer no nível II, em que o nível I destaca-se a vertente da Penha, e o nível II a área dentro do perímetro urbano e na área limítrofe exterior. Apesar de

muito reduzido, nesta área encontramos ainda o nível III, ao longo do via circular urbana (corredor de proteção), no setor norte da cidade.

A suscetibilidade a movimentos de vertentes nestas áreas é mais reduzida do que nas anteriores, devido ao menor declive existente (26,8 - 46,6% (15-25⁰)), no entanto a suscetibilidade ainda é significativa. Assim, à semelhança de todas as áreas anteriormente analisadas, é fundamental condicionar a ocupação urbana destas áreas, de modo, a não agravar esta suscetibilidade. Porém, muitas destas áreas de vertente, ao contrário do que acontecia anteriormente, não estão integradas na Estrutura Ecológica, o que contribui para potenciação desta suscetibilidade.

Em relação à função de regulação da escorrência e da erosão o facto de várias áreas não estarem integradas em nenhum nível da Estrutura Ecológica Municipal pode resultar num aumento da erosão hídrica do solo, uma vez que se os socalcos não forem salvaguardados esta função fica muito comprometida ou pode mesmo cessar. Resultando na perda de solo (erosão), e conseqüentemente de capacidade produtiva, para além de que estes sedimentos passam a acumular-se nas linhas de água potenciando a suscetibilidade de ocorrência de cheias nas áreas deprimidas. As áreas que estão inseridas no nível I ou II estão em certa medida protegidas, uma vez que o Regulamento do PDM de Guimarães (2012) para ambos os níveis prevê a exclusão de ações que alterem a topografia, embora esta medida seja mais restritiva no nível I do que II. Contudo, este Regulamento (2012) não prevê diretamente a salvaguarda dos socalcos, o que pode comprometer a sua manutenção e logicamente a proteção e benefícios que estes oferecem aos solos.

A função de corredores de ventilação nestas áreas encontra-se condicionada: quer pela existência dos socalcos (mas que são fundamentais para a proteção do solo); quer pela ocupação urbana, que por simultaneidade se localiza junto às linhas de água, cujos entalhes são os corredores primordiais de ventilação das brisas. Ao mesmo tempo, nestas áreas que deveriam ser salvaguardadas do aumento da construção, não existe a delimitação da Estrutura Ecológica Municipal, comprometendo ainda mais o desempenho desta função. Neste caso, estes entalhes deveriam ser analisados numa escala de maior pormenor, e delimitados corredores

verdes que salvaguardassem o cumprimento desta função, determinante para escoar o ar quente (brisa ascendente de vertente) que se forma na cidade.

As vertentes com declive inferior a 26,8% (15⁰) correspondem, genericamente, aos antrossolos cumúlicos dístricos (Tc11.1). Sendo nestas áreas que encontramos a maior mancha na área urbana de Guimarães sem qualquer delimitação da Estrutura Ecológica Municipal, designadamente a freguesia de Silvares, um dos locais de expansão da cidade. Esta situação demonstra que na expansão da cidade não está previsto a salvaguarda das áreas de elevado valor ecológico aí localizadas, nomeadamente a existência dos socalcos e a capacidade (moderada) para uso agrícola destes solos. Esta situação não só destrói as funções ecológicas do solo como promove o aumento da área impermeabilizada.

A função dos corredores de ventilação está salvaguardada uma vez que a reduzida parte desta área que se encontra inserida na Estrutura Ecológica Municipal corresponde às linhas de água, cujos entalhes, como já referimos, correspondem aos corredores primordiais de ventilação.

Nas vertentes densamente urbanizadas (solo urbano) encontramos presentes o nível II e o III, no primeiro corresponde aos espaços verdes urbanos, e no segundo à faixa de proteção da circular urbana e algumas áreas que necessitam de requalificação ambiental. Sendo que, nesta área densamente urbanizada encontramos muitas áreas sem qualquer delimitação de Estrutura Ecológica Municipal, particularmente em Pevidém. Das áreas urbanizadas o único local onde aparece demarcada a Estrutura Ecológica é na cidade de Guimarães, demonstrando que ao nível da demarcação desta Estrutura as outras áreas urbanas não foram alvo da mesma atenção, ou não possuem áreas verdes, ou ainda que apesar de existirem estas não se encontram cartografadas e como tal não foram incluídas. As outras áreas urbanas do concelho, mesmo apesar de possuírem uma dimensão muito mais reduzida, deveriam também possuir uma delimitação da Estrutura Ecológica, que pode ir desde rua arborizada, jardins, entre

outras, minimizando assim as consequências da impermeabilização do solo. De modo a que estas áreas possam pelo menos desempenhar as funções decorrentes da sua posição topográfica, como a regulação da escorrência, através da infiltração das águas, e a circulação das brisas.

Nas áreas inseridas no nível III o Regulamento do PDM de Guimarães (alínea c) do n.º 5 do artigo 11.º) refere que nestas áreas, essencialmente industriais em áreas sensíveis, as ações futuras devem privilegiar um uso compatível com a sensibilidade ecológica do local.

Em suma, nas vertentes encontramos muitas áreas que não foram alvo de delimitação da Estrutura Ecológica Municipal, independentemente no declive e do tipo de solo. Nas vertentes com declive superior a 46,6% (25⁰) a principal preocupação é o facto de áreas com elevada suscetibilidade a movimentos de vertente estarem integradas no nível II, que não acautela corretamente esta suscetibilidade. Nas áreas com antrossolos cumúlicos dístricos – Tc8.1 e Tc11.1 os socialcos não se encontram devidamente salvaguardadas, o que coloca em causa todas as funções que estes oferecem. Nas vertentes declive inferior 26,8 (15⁰) as áreas delimitadas para a expansão da cidade não salvaguardam a Estrutura Ecológica.

2.2.4. Setor Basal das Vertentes e Fundo de Vale

Na área urbana de Guimarães encontra-se integrado na Estrutura Ecológica Municipal toda a área do setor basal das vertentes e do fundo de vale, repartindo-se esta proteção pelos três níveis (I, II e III). Nestas áreas formadas pelos leitos de cheia, áreas não inundáveis e áreas urbanas, encontramos vários tipos de solo, nomeadamente os antrossolos cumúlicos dístricos – os Tc8.1 e Tc11.1, os regossolos dístricos (Rd2.1) e, ainda, o solo urbano.

Nos leitos de cheia da área urbana de Guimarães podemos encontrar três tipos de solo: antrossolos cumúlicos dístricos – os Tc8.1 e Tc11.1, e os regossolos dístricos (Rd2.1), que apesar de possuírem diferentes características apresentam as mesmas

funções/suscetibilidade. Particularmente, aquelas que decorrem da posição topográfica, como a infiltração das águas em áreas de convergência e a suscetibilidade a inundações, que nesta área assume máxima importância. Assim como as funções climáticas de renovação do ar fresco e corredores de ventilação. A única exceção a esta situação é a capacidade produtiva, que ao contrário das anteriores, resulta não da posição topográfica mas sim das características e limitações do solo. Assim, apesar destas áreas apresentarem as mesmas funções/suscetibilidade nem sempre estão inseridas no mesmo nível da Estrutura Ecológica Municipal, predominando o nível I, que nos regossolos dísticos corresponde mesmo à totalidade da área.

As áreas que estão inseridas no nível I, que como já referimos várias vezes é o nível de proteção mais elevado no âmbito da Estrutura Ecológica Municipal proposta, encontram-se protegidas, assim como todas as funções aí desempenhadas. Visto que, o Regulamento do PDM de Guimarães (2012) privilegia para estas áreas ações proteção, de promoção da infiltração da água (salvaguardando a função de infiltração das águas nestas áreas de convergência), e de controlo dos fatores de risco, no caso o risco hidrológico (n.º 1 do artigo 11.º). Para além disto, o regime de gestão destas áreas exclui quaisquer ações de construção (loteamentos), bem como de alteração das camadas superficiais dos solos, protegendo assim os solos com capacidade de uso agrícola (os antrossolos cumúlicos dísticos – Tc11.1 - e os regossolos dísticos), e do coberto vegetal existente (n.º2 do artigo 11.º).

As outras áreas de leito de cheia incluem-se no nível II, nos antrossolos cumúlicos dísticos – Tc11.1, e no III, nos antrossolos cumúlicos dísticos – Tc8.1, sendo em ambos os casos a área muito reduzida. Assim, o nível III corresponde ao troço da Ribeira de Costa/Couros à jusante do Parque da Cidade, onde já apresenta indícios de degradação. Neste nível o Regulamento do PDM de Guimarães (2012) não refere nenhuma ação diretamente relacionada com a recuperação das linhas de água, como refere para as indústrias em áreas sensíveis, a não ser a exclusão de ações que alterem a estrutura natural das linhas de água (n.º 5 e 6 do artigo 11.º). Curiosamente, no nível II a reabilitação das linhas de água está prevista nas ações privilegiadas (alínea d) do n.º 3 do artigo 11.º), medida que deveria ser adotada nesta

área, bem como a criação de áreas verdes que promoveria a infiltração, contribuindo deste modo para a minimização da suscetibilidade a inundações, a promoção da circulação das brisas e a renovação do ar fresco. Nas áreas inseridas no nível II deve ser assegurada acima de tudo a não impermeabilização do solo, uma vez que impediria a infiltração das águas que para ali convergem, agravando a suscetibilidade à ocorrência de inundações, e destruindo a capacidade produtiva destes solos. Ao nível climático a não impermeabilização do solo é do mesmo modo imprescindível.

Nas áreas não inundáveis correspondem às restantes áreas do fundo do vale, para além dos leitos de cheias e das áreas densamente urbanizadas (cidade de Guimarães e vila de Pevidém), correspondendo na sua grande maioria aos regossolos dístricos (na veiga de Creixomil), e numa pequena parte a antrossolos cumúlicos dístricos – Tc8.1. Estas áreas diferem dos leitos de cheia por não apresentarem suscetibilidade à ocorrência de inundações, no entanto as funções desempenhadas são as mesmas: infiltração das águas em áreas de convergência; renovação do ar fresco e corredores de ventilação. Todavia, o grau de importância destas áreas para o desempenho das referidas funções é inferior aos das anteriores, exceção feita à capacidade produtiva que é igual, uma vez que como referimos anteriormente, esta função depende não da posição topográfica mas sim do tipo de solo.

A área dos regossolos dístricos encontra-se inserida no nível I da Estrutura Ecológica Municipal, particularmente nas áreas mais próximas do leito de cheia. Todavia, com o afastar desta área estes solos passam para o nível II, e ainda mais afastado onde começa a aparecer a urbanização já não encontramos qualquer delimitação da Estrutura Ecológica. Nestes solos encontramos, ainda, o nível III na faixa de proteção na via de acesso à autoestrada, que atravessa a veiga de Creixomil. A reduzida área que os antrossolos cumúlicos dístricos – Tc8.1 ocupam nas áreas não inundáveis encontra-se dividida pelo nível I e III, aplicando a mesma situação destes solos em leito de cheia.

Nas áreas urbanas localizadas no fundo do vale, assim como acontecia nas urbanas localizadas nas vertentes, apenas permanecem as funções/suscetibilidade decorrente da posição topográfica, nomeadamente a suscetibilidade à ocorrência de inundações, a infiltração das águas em áreas de convergência, e as funções climáticas: renovação do ar fresco e corredores de ventilação. Contudo, estas funções se encontram muito condicionadas pela ocupação urbana, pelo que nestas áreas à Estrutura Ecológica Municipal não cabe proteger estas funções mas sim restaurá-las. A área urbana correspondente à cidade de Guimarães (ribeira de Costa/ Couros) encontra-se inserida no nível III e à da vila de Pevidém (rio Selho) no nível II da Estrutura Ecológica Municipal.

A ribeira de Costa/Couros que atravessa a cidade de Guimarães encontra-se muito alterada, como resultado de séculos de urbanização, e também muito deteriorada, devido às antigas fábricas de curtumes, atualmente degradadas e abandonadas, e aos efluentes domésticos que continuam a poluir esta ribeira. Além disto, a suscetibilidade a inundações é acentuada devido à elevada impermeabilização do solo nesta área, bem como a montante, o que impede a infiltração das águas, que se acumulam nestas áreas deprimidas, aumentando o caudal da ribeira cujo canal artificial subdimensionado não dá vazão. A densa urbanização desta área condiciona também o desempenho das funções climáticas, interrompendo-as mesmo em alguns casos. Assim, nesta área inserida no nível III da Estrutura Ecológica Municipal é fundamental a adoção de medidas de proteção e regeneração específicas, cujo Regulamento do PDM de Guimarães (2012) não prevê (n.º 5 e 6 do artigo 11.º), aliás das ações privilegiadas para este nível a esta área apenas se aplica a não impermeabilização do solo (alínea d) do n.º 5 do artigo 11.º). Nestas áreas é, ainda, imprescindível a adoção de outras medidas como a recuperação da qualidade da água, bem como das margens, através da recuperação da galeria ripícola, da arborização e outra vegetação, que promovam as funções naturais destas áreas.

Em Pevidém o rio Selho encontra-se inserido no nível II, uma vez que não necessita de ações específicas como a Ribeira de Costa/Couros. Esta já se encontra bastante edificada, pelo que as margens, ainda que numa largura muito reduzida, deveriam ser reconvertidas em espaços de lazer. Tal, permitiria ao mesmo tempo oferecer um espaço de recreio e salvaguardar as funções naturais, uma vez que o Regulamento do PDM de Guimarães (2012) para este nível privilegia ações de complemento a espaços verdes (alínea c) doº 3 e 4 do artigo 11.º).

Em suma, nas áreas de base de vertente e de fundo do vale a suscetibilidade/funções encontra-se salvaguardada, dado que a totalidade da área de leito de cheia está inserida na Estrutura Ecológica Municipal. Nas áreas não inundáveis, tal situação não acontece, uma vez na mancha dos regossolos dístricos com o afastar dos leitos de cheia e o aproximar da urbanização deixa de haver delimitação da Estrutura Ecológica Municipal. Na área urbana cabe à Estrutura Ecológica, através da recriação de espaços verdes, restaurar, melhorar e promover as funções naturais decorrentes da topografia, que são as únicas que permanecem. Criando-se, assim, áreas multifuncionais – de salvaguarda das funções naturais e de lazer.

Considerações Finais

“Cities are the important, unsolved issue of our society, the cross point of all contradictions of the modern world. They are the areas where the interdependences among different components are maximized, where each part is linked to the whole through a systemic organization. In cities change is faster and diversity achieves its pinnacle, and, therefore, the pluralistic composition of our society is highlighted”

Girard (1997, p. 82)

A sustentabilidade ambiental dos espaços urbanos é hoje um dos maiores desafios que o ordenamento do território enfrenta. Esta necessidade foi reconhecida pelo Decreto-Lei 380/99, de 22 de setembro, que introduziu uma nova categoria aos solos classificados de urbanos, designadamente os “solos afetos à estrutura ecológica necessários ao equilíbrio do sistema urbano” (n.º 4 do artigo 73.º). Com esta nova categoria torna-se possível salvaguardar os sistemas naturais fundamentais localizados no perímetro urbano, tanto mais que, paradoxalmente, aí não existe a obrigação de delimitação da RAN. E, por vezes, também a REN não é ou não era delimitada. Todavia, a definição simultaneamente vaga e complexa de Estrutura Ecológica constante no Decreto-Lei levou ao aparecimento de diversas metodologias de delimitação, o que colocou em causa um dos princípios básicos em que este conceito assenta - o princípio da continuidade espacial. Além disto, a referência explícita feita às “áreas de reserva ecológica” pode induzir –e, em muitos casos, induz – a uma abordagem redutora a esta figura legal, tornando-a redundante com a da REN.

A salvaguarda do correto funcionamento ecológico do território considerado como um todo, só é possível através da manutenção das áreas que são imprescindíveis à realização de cada dinâmica natural – ou seja, as áreas que devem constituir a Estrutura Ecológica Fundamental (rever Figura 7). Para tal, é necessário determinar

quais as funções ecológicas estas áreas desempenham e, por conseguinte, qual a relevância que assumem no âmbito da Estrutura Ecológica, por forma a definir o nível de protecção que lhes deve estar associado.

Nesta dissertação procedemos, para a área urbana de Guimarães, à caracterização das dinâmicas biofísicas e ecológicas, nomeadamente a dinâmica geomorfológica, pedológica, hidrológica e climática (como sintetizado na Figura 60), tendo como objetivo desta análise, a identificação das áreas fundamentais a ser preservadas, de modo a assegurar o correto funcionamento ecológico do território estudado (rever Tabela 23). Estas áreas foram identificadas tendo por base dois critérios: o grau de suscetibilidade aos movimentos de vertente e à ocorrência de inundações, no caso das dinâmicas geomorfológica e da hidrológica, respetivamente ; e, o grau de importância das funções ecológicas desempenhadas, no caso das dinâmicas pedológica e da climática.

A confrontação da delimitação da Estrutura Ecológica Municipal, tal como proposta no âmbito da revisão do PDM de Guimarães, com os sistemas ecológicos fundamentais a serem salvaguardados (rever Tabela 24) permitiu-nos avaliar a protecção dada às áreas abrangidas por esta figura legal, nomeadamente em função do regime respetivo de gestão, consubstanciado num conjunto de ações privilegiadas e de ações excluídas (artigo 11.º do Regulamento do PDM de Guimarães, 2012). Assim, de um modo geral, verificam-se que as áreas de topo e de fundo vale (leitões de cheia) encontram-se salvaguardadas pela Estrutura Ecológica Municipal (nível I), e apresentam um carácter multifuncional, designadamente de protecção dos sistemas naturais, de lazer, produção agrícola, entre outros. Contudo, não se verifica a mesma protecção nas vertentes, sendo frequente a existência de vastas áreas sem qualquer delimitação da Estrutura Ecológica Municipal, particularmente nos setores onde a urbanização é mais densa, ou para onde está prevista a expansão urbana, como no caso de Silves. Consequentemente, colocam-se em causa áreas de acentuada importância ecológica, particularmente ao nível pedológico, ao se comprometer a permeabilidade dos solos e a conservação dos socos e as mais-valias que estes oferecem, como a regulação da escorrência e da erosão hídrica, bem como a capacidade produtiva (aptidão agrícola), pouco frequente nas áreas de vertente.

As áreas de nível II dão coerência espacial e funcional à Estrutura Ecológica Municipal, uma vez que interligam as áreas de nível I. Todavia, as áreas inseridas no nível II, cujo regime de gestão permite a construção, e que correspondem essencialmente a espaços verdes urbanos, são muito reduzidas em número e dimensão, pelo que é fundamental assegurar a sua proteção em relação à expansão urbana, dado que tal originaria a perda de coerência e continuidade da Estrutura Ecológica. Além disto, verificam-se diferentes graus de pormenor na delimitação da Estrutura Ecológica Municipal, sendo esta diferença mais notória ao nível dos espaços verdes (nível II), que no centro urbano de Guimarães evidencia claramente uma informação de base mais pormenorizada, como ruas arborizadas ou enquadramento de vias rodoviárias, do que no restante território incluído no perímetro urbano.

Na avaliação da Estrutura Ecológica Municipal sobressai o carácter sistémico do território, demonstrando que uma determinada área não deve ser só protegida pelas funções que desempenha *in situ* mas também pela influência que pode exercer sobre outras áreas. Assim, se as áreas de topo não forem salvaguardadas da urbanização e o solo for impermeabilizado, tal pode implicar graves consequências para o correto funcionamento ecológico do território. Por um lado, ocorre uma drástica redução da recarga dos aquíferos, resultando numa maior escorrência e da erosão hídrica do solo ao longo das vertentes, que no fundo vale provoca o aumento do caudal fluvial e a ocorrência de inundações. Por outro lado, sem a produção de ar fresco nas áreas de topo, não ocorre a substituição do ar quente na cidade, através da brisa descendente de vertente, o que contribui para o aumento da ilha de calor urbano e para a degradação da qualidade do ar.

A Estrutura Ecológica, ao integrar os princípios de *continuum naturale* e de aptidão ecológica, largamente difundidos no âmbito do ordenamento do território mas, na prática, muito pouco concretizados de um modo sistémico e holístico, assume-se como uma alternativa ao atual modelo de planeamento dominante em Portugal. Em vez da definição prévia da localização das atividades humanas, o ordenamento do território assentar na preservação das estruturas fundamentais da paisagem,

assegurando assim o seu correto funcionamento ecológico. Neste sentido, é fundamental que a Estrutura Ecológica não seja encarada, tal como apresentado na legislação, como mais um conjunto de áreas protegidas (Rede Natura 2000 ou REN), mas sim como um modelo alternativo ao planeamento e ordenamento do território em Portugal.

Bibliografia

Alcoforado, Maria; Lopes, António; Andrade, Henrique; Vasconcelos, João (2005) - *Orientações climáticas para o ordenamento em Lisboa*. 1ª edição, Lisboa: Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa.

Andrade, Henrique (2005) – *O Clima Urbano – Natureza, Escalas de Análise e Aplicabilidade*, Finisterra, XL, 80, pp. 67-91

Armas, Ricardo e Caetano, Mário (2005) - *Revisão bibliográfica sobre a utilização de imagens de satélite para detecção de áreas ardidas e de cortes e novas plantações florestais – Relatório Técnico*, acedido em www.igeo.pt/gdr/pdf/Relatorio_tecnico_AGRO130_n1.pdf, consultado a 1 de Julho de 2012

Autoridade Nacional de Protecção Civil (2009) - *GUIA METODOLÓGICO PARA A PRODUÇÃO DE CARTOGRAFIA MUNICIPAL DE RISCO E PARA A CRIAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) DE BASE MUNICIPAL*, acedido em http://www.rcc.gov.pt/SiteCollectionDocuments/guia_metodologico_SIG-09.pdf, consultado a 10 de janeiro de 2012

Barry, Roger G. (1985) – *Atmosfera, Tiempo y Clima*, Edições Omega, Barcelona, 4ª Edição

Bastian, Olaf; Krönert, Rudolf; Lipský, Zdenek - *Landscape diagnosis on different space and time scales – a challenge for landscape planning*, acedido em <http://eco.mdp.edu.ar/eit/phocadownload/bastianetal%20diagnostico%20del%20paisaje.pdf>, consultado a 12 de agosto de 2012

Bateira, Carlos (2001) – *Movimentos de Vertente no NW de Portugal, Susceptibilidade Geomorfológica e Sistemas de Informação Geográfica*, Dissertação de Doutoramento em Geografia Física, Faculdades de Letras da Universidade do Porto, Porto

Bateira, Carlos e Abreu, João (2003) – *Os problemas da cartografia de riscos naturais. Contributos para a definição de susceptibilidade geomorfológica a partir da*

observação de vários movimentos de vertente ocorridos no Norte de Portugal, *Territorium*, 10, pp. 1 - 19

Bateira, Carlos e Soares, Laura (1997) – *Movimentos em massa no norte de Portugal. Fatores da sua ocorrência*, *Territorium*, 4, pp. 63 - 77

Benedict, Mark e McMahon, Edward (2002) – *Green Infrastructure Smart Conservation for the 21st Century*, Sprawl Watch Clearinghouse Monograph Series
acedido em <http://www.sactree.org/assets/files/greenprint/toolkit/b/greenInfrastructure.pdf>,
consultado a 20 de setembro de 2012

Benevol, L. (1993) – *A Cidade a História da Europa*, Editorial Presença, Lisboa

Brito, Raquel (direção) – *Portugal Perfil Geográfico*, Editorial Estampa, Lisboa

Brum Ferreira, António (1979) – Os mantos de alteração e o modelado das regiões graníticas: ideias recentes e orientações de pesquisa, *Finisterra*, Volume XIV, 28, Lisboa, pp. 218-243

Brum Ferreira, António (2005) – Geomorfologia do Maciço Antigo, *in* Geografia de Portugal, O Ambiente de Portugal, Volume 1, Círculo de Leitores

Cabral, Caldeira (1980) – *O Continuum Naturale e a Conservação da Natureza*, *in* Conservação da Natureza, Serviço de Estudos do Ambiente, Lisboa

Câmara Municipal de Guimarães (2008) – *Ribeira de Costa/Couros – Situação de Referência*,
acedido em http://www.cm-guimaraes.pt/PageGen.aspx?WMCM_Paginald=22350, consultado a 19 de fevereiro de 2012

Câmara Municipal de Guimarães (2009) – *Espaços Verdes*,
acedido em http://www.cm-guimaraes.pt/PageGen.aspx?WMCM_Paginald=18584, consultado a 21 de junho de 2012

Câmara Municipal de Guimarães (s.d.1) –, *ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO*, acessido em http://www.cm-guimaraes.pt/PageGen.aspx?WMCM_PaginaId=22374, consultado a 21 de setembro de 2012

Câmara Municipal de Guimarães (s.d.2) – *Clima*, acessido em http://www.cm-guimaraes.pt/PageGen.aspx?WMCM_PaginaId=878, consultado a 21 de junho de 2012

Câmara Municipal de Guimarães (s.d.3) – *Revisão do PDM*, acessido em http://www.cm-guimaraes.pt/PageGen.aspx?WMCM_PaginaId=38153, consultado a 22 de setembro de 2012

Câmara Municipal de Guimarães (s.d.4) – *Estrutura Ecológica de Guimarães*, (informação cedida pela Câmara Municipal de Guimarães)

Cangueiro, J. (2006). *A Estrutura Ecológica e os instrumentos de gestão do território - conceito, ferramenta, operacionalidade*. CCDRN

Cardoso, Sónia; Vasconcelos, Lia; Ferreira, José Carlos (2004) - *Identificação de Áreas Ambientalmente Sensíveis, Contributo para a Estrutura Ecológica do Concelho de Setúbal*, Lisboa, Portugal, in Proceedings USIG

Chaves; Duarte (2001) – *Características da Bacia Hidrográfica do Rio Selho (Guimarães), Fatores Condicionantes da Ocorrência de Cheias e Inundações Fluviais*, Relatório de Investigação do Seminário em “Riscos Naturais e Reabilitação Ambiental”, Universidade do Minho

Correia, António (2004) – *A Bacia Hidrográfica do Rio Selho, Análise dos Fatores Condicionantes à Ocorrência de Cheias – Uma Visão de Planeamento Estratégico*, Relatório Final do Seminário de Investigação, Universidade do Minho

Costa, Douglas; Silva, Hélio; Peres, Leonardo (2010) - *Identificação de ilhas de calor na área urbana de Ilha Solteira (Sp) através da utilização de geotecnologias*, Engenharia Agrícola, Setembro/Outubro 2010, volume 30, n.º 5, p. 974-985.

Costa, Joaquim (1985) – *Caracterização e Constituição do Solo*, Fundação Calouste Gulbenkian, 3.ª Edição, Lisboa

Daveau, Suzanne (1977) - *O interesse das imagens dos satélites Erts para o estudo do clima às escalas regional e local em Portugal*, Finisterra, Volume XII, Número 23, Lisboa, acessido em <http://www.ceg.ul.pt/finisterra/>, consultado a 2 de Julho de 2012

Daveau, Suzanne (e colaboradores) (1985) – *Mapas Climáticos de Portugal Nevoeiros e Nebulosidade Contrastes Térmicos*, Memórias do Centro de Estudo Geográficos, nº 7, Lisboa

Daveau, Suzanne (1999) – *Comentários e Actualizações*, in *Geografia de Portugal*, II. O Ritmo Climático e a Paisagem, Edições João Sá da Costa, Lisboa, 4.ª Edição, pp. 387-464

Decreto-Lei n.º 69/90, de 2 de março (1990), acessido em http://www.igf.min-financas.pt/inflegal/bd_igf/bd_legis_geral/Leg_geral_docs/DL_069_90.htm, consultado a 20 de setembro de 2012

Dercourt, Jean e Paquet, Jacques (1986) – *Geologia, Objectos e Métodos*, Livraria Almedina, Coimbra

Diário da República (1983) – Reserva Ecológica Nacional, Decreto-Lei n.º 321/83, de 5 de Julho, 1.ª Série, n.º 152, pp. 2425-2427

Diário da República (1987) – Lei de Bases do Ambiente, Lei n.º 11/87, de 7 de abril, 1.ª Série

Diário da República (1990) – Reserva Ecológica Nacional, Decreto-Lei n.º 93/90, de 9 de março, 1.ª Série, n.º 65, pp. 4692-4694

Diário da República (1992) – Decreto-Lei n.º 211/92, de 8 de Outubro, 1.ª Série - A, n.º 232, pp. 1350-1354

Diário da República (1994) – Resolução do Conselho de Ministro n.º 101/94 - Regulamento do Plano Director Municipal de Guimarães, 1.ª Série B, n.º 237, pp. 6200-6223

Diário da República (2007) – Lei de Bases da Política de Ordenamento do Território e Urbanismo, Republicação do Decreto-Lei 380/99, de 22 de setembro, 1.ª Série, n.º 143, pp. 6636-6670

Diário da República (2008) – Regime Jurídico da Conservação da Natureza e da Biodiversidade, Decreto-Lei 142/08 de 24 de Julho, 1.ª Série, n.º 142, pp. 4596-4611

Diário da República (2008) – Reserva Ecológica Nacional, Decreto-Lei 166/08 de 22 de agosto, 1.ª Série, n.º 162, pp. 5865-5884

Diário da República (2009) – Reserva Agrícola Nacional, Decreto-Lei 73/09 de 31 de março, 1.ª Série, n.º 63, pp. 1988-2000

Diário da República (2009) – Procedimento de classificação dos bens imóveis de interesse cultural, bem como o regime jurídico das zonas de protecção e do plano de pormenor de salvaguarda, Decreto-Lei n.º 309/09, de 23 de outubro, 1.ª Série, n.º 206, pp. 7975- 7987

Direção-Geral do Ordenamento do Território (1992) – *Espaços Verdes Urbanos*, Ministério do Planeamento e da Administração do Território

Direção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho (1995) – *Carta dos Solos e Carta de Aptidão da Terra de Entre-Douro e Minho – Memórias* (cedido pelo Ministério da Agricultura)

EC – environmental (2010) - *Green Infrastructure*, Nature, June 2010 acedido em <http://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/greeninfrastructure.pdf>, consultado a 4 de agosto de 2012

EC – environmental (2012) - *Illustrations of the Green Infrastructure concept*, acedido em <http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/illustrations.htm>, consultado a 2 de outubro de 2012

Fadigas, Leonel (2007) - *Fundamentos ambientais do ordenamento do território e da paisagem*, Edições Sílabo, Lisboa

Farias, Ignacio (coordenador) (1984) – GUIA PARA LA ELBORACION DE ESTUDOS DEL MEDIO FISICO: CONTENIDO Y METODOLOGIA, 2.ª Edição, Ministerio de Obras Publicas y Urbanismo: Centro de Estudios de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Madrid

Ferreira, José Carlos (2010) – *Estrutura Ecológica e Corredores Verdes, Estratégias Territoriais para um Futuro Urbano Sustentável*, Pluris 2010

Fonseca, Ana e Fernandes, João (2004) – *Detecção Remota*, Edições Lidel – Edições Técnicas, Lisboa

Geiger, Rudolf (1990) – Manual de Microclimatologia. O Clima da Camada do Ar Junto ao Solo, 2.ª Edição, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa

Girard, L. Fusco (1997) – *Self-sustainable urban development*, in Brandon, P., Lombardi, P., Bentivegna, V. (editores) (1997) – *Evaluation of the Built Environment for Sustainability*, Editado por Taylor and Francis, New York

Godard, A. (1977) - *Pays et Paysages du Granite*, Colec. Le Geographe, P.U.F, Paris, pp. 232

Gomes, Isaura (2006) - *Fundamentos da Estrutura Ecológica A Estrutura Ecológica Municipal de Santo Tirso*, Dissertação de Mestrado em Planeamento e Projecto do Ambiente Urbano, FEUP/FAUP

Green Infrastructure Guidance (2009) - *Natural England's Green Infrastructure Guidance*, Natural England, acessado em <http://publications.naturalengland.org.uk/publication/35033?category=49002>, consultado a 13 de setembro de 2012

Greenland, D. (1994) – *Use of satellite-based sensing in land surface climatology*, Progress in Physical Geography, n.º 18, pp. 1 - 15

Higueras, Ester (2010) – *Urbanismo Bioclimático*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona

Hough, Michael (1995) – *Naturaleza y Ciudad – Planificación Urbana y Procesos Ecológicos*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona (versão Castelhana)

I.N.M.G. (1991) - *O clima de Portugal, 1ª região : normais climatológicas da região de «Entre Douro e Minho» e «Beira Litoral» correspondentes a 1951-1980*, Fascículo XLIX, volume 1, Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Lisboa

Lautensach, Herman (1996) – *As Características Climáticas*, in *Geografia de Portugal*, II. *O Ritmo Climático e a Paisagens*, 4.ª Edição, Edições João Sá da Costa, Lisboa, pp. 337-369

Landsat Project Science Office (2001) - *Landsat 7 Science Data Users Handbook*, *acedido em <http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/pdfs/Landsat7Handbook.pdf>*, consultado a 29 de outubro de 2012

Leal, Cátia; Ganho, Nuno; Cordeiro, A. (2008) – *O contributo dos espaços verdes da cidade de Coimbra (Portugal) no topoclima, microclima e no conforto bioclimático*, *Cadernos de Geografia*, Nº 26/27, Coimbra, pp. 331 – 341

Lema, Paula e Rebelo, Fernando (1996) – *Geografia de Portugal, Meio Físico e Recursos Naturais*, Universidade Aberta

Lourenço, Luciano (1984) – *As Cheias do Rio Alva – Contribuição para o seu conhecimento através dos seus registos na Ponte Coja*, in *Biblios*, volume LX, Coimbra, pp. 37-70

Lourenço, Luciano (1989) – *O rio Alva. Estudos de Hidrologia, Geomorfologia, Climatologia*. Instituto de Estudos Geográficos da Faculdade de Letras, Coimbra

Lopes, António (2003) – *Modificações no Clima de Lisboa Como Consequência do Crescimento Urbano. Vento, Ilha de Calor de Superfície e Balanço Energético*, Dissertação de Doutoramento em Geografia Física, Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa

Lopes, António (2008) - *O sobreaquecimento das cidades: causas e medidas para a mitigação da ilha de calor de Lisboa*, *Territorium*, n.º 15, p. 39-52.

Madeira, Cristina (2005) – *Cheias e Inundações do Rio Tejo em Abrantes*, *Territorium*, n.º 12, *acedido em*

<http://www1.ci.uc.pt/nicif/riscos/downloads/t12/cheias%20e%20inundacoes%20do%20rio%20tejo%20em%20Abrantes.pdf>, consultado a 18 de janeiro de 2012

Magalhães, Maria (2001) – *Arquitectura Paisagista, Morfologia e Complexidade*, Editorial Estampa, Lisboa

Magalhães, Maria (coord.) (2007) – *Estrutura Ecológica da Paisagem, Conceitos e Delimitação – escala Regional e Municipal*, Centro de Estudo de Arquitectura Paisagista – “Prof. Caldeira Cabral”, ISAPress

Magalhães, Maria; Silva, A; Cunha, Natália; Campo, Sofia (2002) – *Delimitação da Estrutura Ecológica Municipal de Loures – Métodos de Análise Espacial para a Interpretação da Paisagem*

Martins, Luís (2006) – *Prevenção do Risco de Cheias na Ribeira de Couros/Costa*, Relatório Final do Seminário de Investigação, Universidade do Minho

Marques, David; Ganho, Nuno; Cordeiro, A. (2009) – *O contributo de estudos climáticos à escala local para o ordenamento urbano. O exemplo de Coimbra (Portugal)*, 1.º Congresso de Desenvolvimento Regional de Cabo Verde, 15.º Congresso da APDR, 2.º Congresso Lusófono de ciência Regional, 3.º Congresso de Gestão e Conservação da Natureza

Marsh, W. (1998) – *Landscape Planning*, Environmental Applications, Jonh Wiley e Sons, New York

Mendes, Maria (2010) – *Estruturas Ecológicas Municipais no Quadro do Ordenamento do Território, Uma Visão Estratégica para o Município de Cantanhede*, Mestrado em Ordenamento do Território e Planeamento Ambiental, Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Moita, Francisco (2010) – *Energia Solar Passiva*, Argumentum, Lisboa, 2.ª Edição

Montgomery, Carla (1997) – *Environmental Geology*, WCB/Mc Graw-Hill, 5.ª Edição

Neto, Alexandre (2010) - *C&SIG NA DELIMITAÇÃO DA ESTRUTURA ECOLÓGICA MUNICIPAL, Aplicação ao município de Cascais*, Mestrado em Sistema de Informação

Geográfica, Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa

Ortiz, Gislene e Amorim, Margarete (2011) - *Temperatura da Superfície da Cidade de Cândido Mota/Sp a partir da Imagem de Satélite Landsat 7*, Revista Geográfica de América Central Número, Especial EGAL, Costa Rica II Semestre 2011, pp. 1-16, acessado em www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/2481, consultado a junho de 2012

Plano Municipal de Emergência de Guimarães (2002), acessado em http://www.cm-guimaraes.pt/PageGen.aspx?WMCM_Paginald=7314, consultado a 20 de junho de 2012

Pontes, Saudade (1998) – *Delimitação de Redes de Corredores Verdes por Integração Detacção Remota-SIG*

Regulamento do PDM de Guimarães (2012), acessado em http://www.cm-guimaraes.pt/PageGen.aspx?WMCM_Paginald=40456, consultado a 22 de setembro de 2012

Relatório do PDM de Guimarães (1993), acessado em http://www.cm-guimaraes.pt/PageGen.aspx?WMCM_Paginald=8361, consultado a 22 de setembro de 2012

Relatório do PDM de Guimarães (2012), acessado em http://www.cm-guimaraes.pt/PageGen.aspx?WMCM_Paginald=40456, consultado a 22 de setembro de 2012

Ribeiro Telles, Gonçalo (1994) – *Paisagem Global. Um Conceito para o Futuro*, in Iniciativa, abril de 1994, n.º especial

Rodriguez, José e Silva, Edson (2002) – *A CLASSIFICAÇÃO DAS PAISAGENS A PARTIR DE UMA VISÃO GEOSSISTÊMICA*, Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 01, n.º 01, acessado em http://www.geografia.ffe.ch.usp.br/inferior/laboratorios/lcb/sf/pdf/A_Classificacao_das_paisagens.pdf, consultado a 4 de agosto de 2012

Santamouris, M. (2001) – *The role of green spaces*, in Santamouris, M. (editor) - Energy and Climate in the Built Environment, James & James Ltd, Londres, pp. 97-109.

Scherer, D.; Fehrenbach, U.; Beha, H.; Parlow, E. (1999) – *Improved concepts and methods in analysis and evaluation of the urban climate for optimizing urban planning processes*, *Atmospheric Environment*, 33, pp. 4185 – 4193

Soares, L. (1992) - *As serras de Campelos Maragotos. Contributo para um Estudo de morfologia granítica*. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade de Coimbra, Coimbra, pp. 149

Strahler, Arthur e Strahler, Alan (2000) – *Geografia Física*, Ediciones Omega, Barcelona, 3.ª Edição

Vasconcelos, J. e Vieira, R. (2010) – *Contributo dos Espaços Verdes para o Conforto Bioclimático nas Cidade, Pluris 2010*, acedido em http://pluris2010.civil.uminho.pt/congresso_actas_ID.html, consultado a 13 de junho de 2012

Vieira, J.; Ramísio, Paulo; Duarte, António; Pinho, José; Fernandes, Victor; Salgado, Rita; Alves, Raquel (2008) - *Reabilitação de Meios Hídricos em Ambiente Urbano. O caso da Ribeira de Costa/Couros, em Guimarães*, REC Número 33, acedido em <http://www.civil.uminho.pt/revista/num33.htm>, consultado a 3 de fevereiro de 2012

