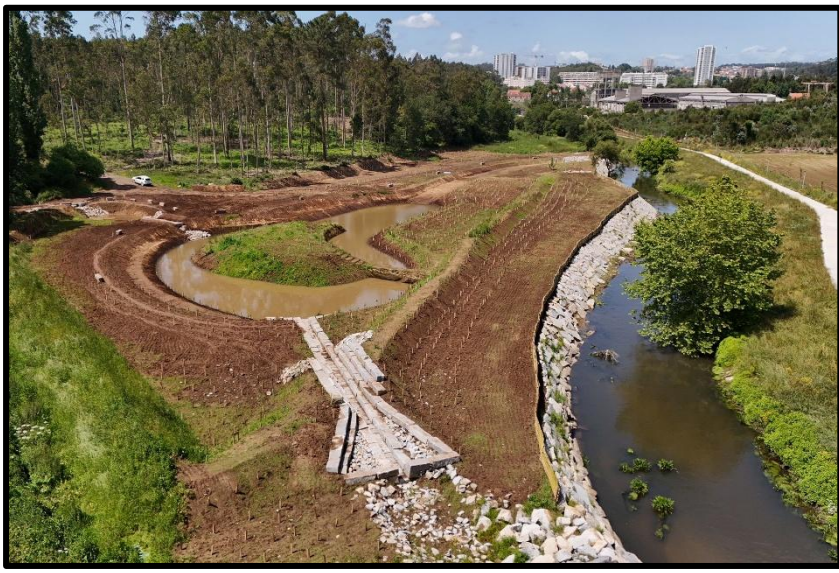
# Integração de SIG na Gestão e Valorização do Património Natural das margens do Rio Leça

José Pedro Rebelo Ferreira Maia
Mestrado em Engenharia Geoespacial
Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
2025



# Integração de SIG na Gestão e Valorização do Património Natural das margens do Rio Leça

José Pedro Rebelo Ferreira Maia

Relatório de Estágio realizado no Âmbito do Mestrado de Engenharia Geoespacial

Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território

2025

Orientador

Ana Cláudia Moreira Teodoro, Professora Catedrática, FCUP

Coorientador

Lia Bárbara Cunha Barata Duarte, Professora Auxiliar, FCUP

Supervisor externo na Entidade de Acolhimento

Artur Branco, Diretor Executivo, Corredor do Rio Leça

CORREDOR DO RIO LEÇA

# Agradecimentos

Seja qual for a sua magnitude, a execução de um projeto com sucesso torna-se impossível sem as pessoas certas, para quem o leva a cabo. Muitas vezes, são estas pessoas que nos providenciam a motivação e a inspiração para continuarmos. Pessoas como as da minha família, em particular, a minha mãe, por me ter sempre acompanhado e ter sempre querido saber como tudo ia, não só a nível académico, mas também a nível mental e por sempre ter acordado cedo comigo para me dar aquela força que só ela sabe e pessoas como a minha namorada, que foi a minha maior inspiração ao longo de todo este projeto e foi quem sempre me ouviu nos meus melhores e nos meus piores dias e quem mais força me deu para concluir esta etapa difícil. Gostava também de agradecer a todos os Membros do Corredor do Rio Leça, em particular, ao Artur, por todo o acompanhamento e aconselhamento, mas também pelos momentos de descontração e aprendizagem que me proporcionaram. Finalmente, gostaria de agradecer às minhas Orientadoras Lia Duarte e Ana Cláudia Teodoro pelo acompanhamento e pelo feedback que me permitiu tornar esse trabalho ainda melhor.

# Resumo

O Rio Leça, atravessando uma das zonas mais urbanizadas do Norte de Portugal, tem vindo a beneficiar de várias intervenções com impacto na qualidade da água, valorização ambiental e patrimonial das suas margens. Este relatório descreve o estágio curricular realizado na Associação Corredor do Rio Leça, focado no desenvolvimento de um projeto em SIG (Sistemas de Informação Geográfica) que visa apoiar a preservação ecológica e a promoção do património do rio. Foi criada uma base de dados vetorial em PostgreSQL, compilando dados georreferenciados dos Planos Diretores Municipais (PDM) dos quatro municípios abrangidos. Estes dados foram harmonizados, simplificados e utilizados para caracterizar a bacia hidrográfica ao nível hidrológico, geológico, morfológico e patrimonial. Foram ainda identificados pontos críticos, registadas descargas poluentes, inventariadas espécies de flora notáveis e propostos layouts de divulgação e medidas de intervenção. Este projeto contribui para a monitorização, planeamento e sensibilização ambiental das comunidades locais, podendo servir de exemplo replicável para outras bacias urbanas.

**Palavras-chave:** SIG, Rio Leça, PostgreSQL, património, ambiente, valorização fluvial

# Abstract

The Leça River, which flows through one of the most urbanized areas in Northern Portugal, has been the target of multiple interventions aimed at improving water quality and enhancing its environmental and heritage value. This report presents the curricular internship carried out at the Corredor do Rio Leça Association, focusing on the development of a GIS (Geographical Information Systems)-based project to support the ecological preservation and heritage promotion of the river. A PostgreSQL vector database was developed, compiling georeferenced data from the Municipal Master Plans (PDM) of the four municipalities crossed by the river. These datasets were harmonized, simplified, and used to characterize the watershed in terms of hydrology, geology, morphology, and heritage. Critical points were identified, pollutant discharges recorded, notable flora species inventoried, and informative layouts and intervention measures proposed. The project supports environmental monitoring, planning, and public awareness, and can be used as a replicable model for other urban river basins.

**Keywords:** GIS, Leça River, PostgreSQL, heritage, environment, river enhancement

# Índice

Índice de Tabelas ..... viii

Índice de Figuras ..... ix

Lista de Acrónimos ..... xii

1. Introdução ..... 1

2. Enquadramento ..... 2

3. Objetivos ..... 6

4. Metodologia ..... 7

4.1. Fontes de dados ..... 7

4.1.1. O *Masterplan* ..... 7

4.1.2. Planos Diretores Municipais ..... 9

4.1.3. Sistema Nacional de Informação de Ambiente (SNIAmb) ..... 10

4.1.4. Direção geral do território (DGT) ..... 12

4.1.5. Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG) ..... 13

4.1.6. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (CCDR Norte) ..... 14

4.2. Construção do projeto ..... 15

4.2.1. Linhas de água e hidrografia ..... 15

4.2.2. Valores patrimoniais ..... 20

4.2.3. Plantas de condicionantes ..... 23

4.2.4. Plantas de Ordenamento ..... 26

4.2.5. Águas residuais ..... 29

4.2.6. Águas pluviais ..... 30

4.2.7. Pontos críticos ..... 31

4.2.8. Árvores de grande porte ..... 31

4.2.9. Plantas invasoras ..... 36

5. Resultados ..... 37

5.1. Hidrografia ..... 38

5.1.1. Ribeira de Picoutos ..... 39

5.1.2. Ribeira do Arquinho ..... 40
5.1.3. Ribeira de Leandro ..... 40
5.1.4. Ribeira de Cabeda ..... 40
5.1.5. Ribeira de Tabãos ..... 40
5.1.6. Ribeira da Junqueira ..... 41
5.1.7. Ribeira do Pizão ..... 41
5.1.8. Ribeira da Balinha ..... 41
5.2. Caraterização geológica ..... 42
5.3. Caraterização biofísica ..... 44
5.4. Caraterização patrimonial ..... 49
5.5. Pontos críticos ..... 51
5.5.1. Descargas industriais ..... 52
5.5.2. Descargas de ETAR e EEAR ..... 57
5.5.3. Descargas ilegais ..... 67
5.6. Biodiversidade ..... 74
5.6.1. Árvores de grande porte ..... 75
5.6.2. Plantas invasoras ..... 79
6. Conclusão ..... 84
Referências Bibliográficas ..... 87

# Índice de Tabelas

Tabela 1: listagem de todas opções de preenchimento dos campos reativos ao tipo de áreas. Todas as categorias foram retiradas da simbologia das plantas de ordenamento disponibilizadas pelos próprios municípios. Apesar de terem um significado semelhante, a utilização dos termos “solo rural” e “solo rústico” varia de Município para Município. ..... 27
Tabela 2: valores obtidos para as áreas totais, em quilómetros quadrados, dos espaços sensíveis pertencentes à REN. ..... 49
Tabela 3: resumo dos valores quantitativos para o património existente dentro da bacia hidrográfica do Rio Leça. Como seria de esperar, os Moinhos dominam as margens do Leça. ..... 50
Tabela 4: sumarização dos pontos críticos encontrados ao longo do Leça. Foi registado apenas um no Município de Valongo, estando todos os restantes localizados nos Municípios da Maia e Matosinhos, os mais densamente urbanizados. ..... 51
Tabela 5: principais valores limite de emissão vigentes no Decreto-lei nº236/98, de 1 de agosto, para águas residuais. Adaptado de (Cerdeira, 2008) ..... 57
Tabela 6: contagem de elementos registados, elementos medidos e respetivos perímetros e diâmetros médios de tronco. ..... 76

# Índice de Figuras

Figura 1: Localização geográfica dos quatro municípios envolvidos no projeto e enquadramento com a bacia hidrográfica do Leça. ..... 9
Figura 2: visualizador de dados vetoriais disponibilizado pela Agência Portuguesa do Ambiente. No painel lateral direito, é possível adicionar diferentes camadas e fazer o descarregamento dos dados, quer em formato *shapefile*, quer em formato *Web Map Service* (WMS). ..... 12
Figura 3: enquadramento da bacia hidrográfica do Leça sobre os ortofotomapas de 2018 homologados e disponibilizados na plataforma online da Direção Geral do Território. 13
Figura 4: enquadramento da Bacia hidrográfica do Rio Leça sobre as quatro cartas geológicas requisitadas na plataforma online do LNEG (09-A, 09-B, 09-C, 09-D). As cartas foram georreferenciadas e recortadas para um correto alinhamento no projeto. ..... 14
Figura 5: código elaborado para localizar geograficamente cada um dos elementos desenhados, com base nos índices espaciais das linhas de água e das camadas do CAOP. O mesmo princípio foi aplicado com a camada das Freguesias. ..... 18
Figura 6: exemplo de simbologia construída para as plantas de ordenamento dos Municípios da Maia e de Matosinhos, com base em três tipologias básicas: solo, espaço e área, sendo que cada uma representa um nível hierárquico diferente. A planta de Matosinhos recorre apenas aos dois primeiros níveis hierárquicos devido ao seu formato simplificado. A simbologia utilizada para os restantes municípios é semelhante à da Maia, com diferenças nas nomenclaturas e no número de classes. ..... 28
Figura 7: layout representativo das quatro plantas de ordenamento dos municípios inseridos na bacia do Rio Leça. Embora a legenda só se refira aos Municípios da Maia e de Matosinhos, o sistema hierárquico dos símbolos dos restantes segue mais ou menos a mesma lógica, diferenciando-se apenas no nome e no número de classes. 29
Figura 8: localização geográfica da bacia hidrográfica do Rio Leça e respetivas sub-bacias. ..... 39
Figura 9: *layout* criado para representação das principais sub-bacias inseridas na bacia do Rio Leça. As mesmas encontram-se destacadas pelo sombreado verde, estando integradas com as curvas de nível obtidas através de um modelo digital de terreno de toda a área da bacia ..... 42
Figura 10: zonas paleogeográficas e tectónicas da Península Ibérica. Fonte: Fonseca (2019). ..... 43

Figura 11:Layout criado para enquadramento da Bacia do Rio Leça nas quatro cartas geológicas da região Norte de Portugal: Póvoa de Varzim (09-A), Guimarães (09-B), Porto (09-C) e Penafiel (09-D). ..... 44
Figura 12: perfis obtidos a partir do MDT do *Masterplan* e da Missão SRTM para cada uma das principais linhas de água da bacia hidrográfica do Leça: a – Leça; b – Arquinho; c – Balinha; d – Cabeda; e – Junqueira; f – Leandro; g – Picoutos, h – Pizão; i – Tabãos. ..... 46
Figura 13: unidades geomorfológicas da bacia do Rio Leça. Retirado de (E. Rio, Unipessoal Lda., 2021). ..... 47
Figura 14:distribuição das principais áreas sensíveis pertencentes à Reserva Ecológica Nacional pelos quatro municípios integrados na área de estudo. ..... 48
Figura 15: exemplo de património ameaçado pelo risco de cheias e de erosão hídrica dos solos. Neste caso, observa-se a área protegida da Quinta de Sta. Cruz do Bispo, assim como duas capelas, uma ponte e três moinhos. ..... 50
Figura 16: localização e enquadramento do ponto crítico PC0003, um ponto de nível crítico alto devido às frequentes descargas efetuadas pela fábrica de tintas e vernizes CIN. ..... 52
Figura 17: localização do ponto cítico PC0004, de nível moderado. Os efluentes são provenientes da linha de águas pluviais da SONAE. ..... 53
Figura 18: localização e enquadramento do ponto crítico PC0012. Neste caso, a responsável pela rejeição das águas residuais é a Casa dos Profiteroles, segundo os relatos dos guarda-rios, existindo também drenagem de culturas agrícolas. ..... 54
Figura 19: localização e enquadramento do ponto crítico PC0014, resultante de descargas efetuadas pelas instalações da CIMPOR, em S. Pedro de Fins, Município da Maia..... 56
Figura 20: localização e enquadramento do ponto crítico PC0005, derivado das descargas frequentes de uma estação elevatória. ..... 59
Figura 21: localização e enquadramento do ponto cítico PC0006, possivelmente proveniente de uma descarga de uma estação elevatória de águas residuais..... 60
Figura 22: localização e enquadramento do ponto crítico PC0009, assinalado pela presença de uma central de incineração de resíduos, um aterro para os subprodutos da mesma e uma estação de tratamento de águas. A presença de grandes terrenos agrícolas também contribui para o decréscimo da qualidade da água da zona, que já se encontra sob monitorização por meio de uma sonda móvel (SM53). ..... 61

Figura 23: localização e enquadramento do ponto crítico PC0011, do qual se destacam duas estações elevatórias que procedem a descargas frequentes de águas residuais. ..... 63
Figura 24: localização e enquadramento do ponto crítico PC0013, provocado por uma descarga da ETAR de Ermesinde. ..... 65
Figura 25: localização e enquadramento do ponto crítico PC0017, resultante das descargas de efluentes da ETAR de Moreira. Esta zona é demarcada pela existência de dois pontos críticos relacionados com descargas, o que a torna relativamente sensível. ..... 66
Figura 26: localização e enquadramento do ponto crítico PC001. O enquadramento no meio urbano sugere que a origem da descarga são os núcleos residenciais adjacentes. ..... 67
Figura 27: localização e enquadramento do ponto crítico PC0007, de nível alto. Apesar da presença de uma instalação industrial, os resíduos observados são maioritariamente urbanos e de origem desconhecida. ..... 68
Figura 28: localização e enquadramento do ponto crítico PC0008, resultante de descargas ilegais efetuadas pelo estabelecimento prisional de Custóias..... 70
Figura 29: localização e enquadramento do ponto crítico PC0010, provocado por uma descarga num Vacaria no percurso fluvial do Leça. ..... 71
Figura 30: localização e enquadramento do ponto crítico PC0018, registado no âmbito de um alegado *bypass* no saneamento. Apesar das alegações, os dados recolhidos sugerem que se trata de uma descarga de emergência de uma EEAR. ..... 72
Figura 31: localização e enquadramento do ponto crítico PC0015, despoletado pelo entupimento de uma caixa de visita de um emissário de elevada carga residual urbana e industrial. ..... 73
Figura 32: área de amostragem selecionada para registo de gigantes verdes e espécies invasoras, junto ao Rio Leça. ..... 75
Figura 33: exemplos de espécimes com mais do que um tronco cuja medição teve de ser realizada à volta de todo o conjunto, inflacionando assim o valor do perímetro e do diâmetro. À esquerda, o exemplar de plátano com 7,20 m de perímetro e à direita, um choupo-negro com 4,40 m. ..... 78
Figura 34: exemplo de plátano com sinais de apodrecimento da casca, possivelmente provocados por uma infeção fúngica. ..... 79
Figura 35: local da área de amostragem destacado pela presença de um maior número de árvores com sinais de doença, possivelmente provocados pelas descargas frequentes de dois locais assinalados pela camada de pontos críticos. ..... 79

Figura 36: núcleo de *Fallopia japonica* encontrado nas margens do Leça, com mais de 2 m de altura. Nesta imagem é possível observar a elevada desidade que estes núcelos podem atingir. ..... 81
Figura 37: pequeno núcleo de *Myriophyllum aquaticum* nas margens do Leça. Na área observada, esta espécie encontra-se ainda pouco propagada, contudo, deve ser observada com atenção, dados os rsiscos que representa para as espécies de fauna e flora aquáticas locais. ..... 82
Figura 38: foco de crescimento de *Arundo donax L.* junto ao Leça. É nesta fase de crescimento que a remoção dos rizomas desta espécie é mais importante para evitar o crescimento descontrolado. ..... 83

# Lista de Acrónimos

| | |
|---|---|
| **CAOP** | Carta Administrativa Oficial de Portugal |
| **E** | Este |
| **ETAR** | Estação de Tratamento de Águas Residuais |
| **DGT** | Direção Geral do Território |
| **IGT** | Instrumento de Gestão Territorial |
| **ICNF** | Instituto da Conservação da Natureza e das Florestas |
| **LNEG** | Laboratório Nacional de Energia e Geologia |
| **MDT** | Modelo Digital de Terreno |
| **N** | Norte |
| **NW** | Noroeste |
| **PAP** | Perímetro à altura do peito |
| **PDM** | Plano Diretor Municipal |
| **PEOT** | Planos Especiais de Ordenamento do Território |
| **PNPOT** | Plano Nacional da Política de Ordenamento do Território |
| **PROT** | Plano Regional de Ordenamento do Território |
| **PP** | Plano de pormenor |
| **PU** | Plano de urbanização |
| **RAN** | Reserva Agrícola Nacional |
| **REN** | Rede Ecológica Nacional |
| **S** | Sul |
| **SEIS** | Shared Environmental Information System |
| **SGBD** | Sistemas de Gestão de Bancos de Dados |
| **SIG** | Sistemas de Informação Geográfica |
| **SNIAmb** | Sistema Nacional de Informação do Ambiente |
| **SQL** | Structered Query Language |
| **SRTM** | Shuttle Radar Topography Mission |
| **W** | Oeste |
| **WMS** | Web Map Service |
| **ZAOL** | Zona Asturocidental Leonesa |
| **ZC** | Zona Cantábrica |
| **ZCI** | Zona Centro Ibérica |
| **ZGT** | Zona de Galiza e Trás-os-Montes |
| **ZOM** | Zona de Ossa Morena |
| **ZSP** | Zona Sul-Portuguesa |

# 1. Introdução

Numa sociedade em constante desenvolvimento, os processos de urbanização crescente são, cada vez mais, um fator importante a considerar no que toca à valorização de espaços naturais. Espaços esses que devem ser conservados com a máxima atenção e respeito pela natureza. Essa mesma conservação pode ser feita através de uma série de metodologias que, quando aplicadas, pretendem valorizar aspetos relevantes de áreas importantes, como zonas costeiras, áreas verdes em meios urbanos e percursos fluviais. Relativamente aos aspetos a conservar, estes podem variar entre a biodiversidade e a estrutura natural dos próprios locais (dunas, margens, morfologia, etc.).

Em Portugal, são vários os locais sujeitos a estatutos especiais de proteção, como parques naturais e locais de relevância patrimonial. Contudo, particularmente em meios urbanos, as áreas verdes são, muitas vezes, negligenciadas e desvalorizadas. Assim, por vezes, surgem projetos com o sentido de recuperar e valorizar este tipo de espaços, sendo a Associação Corredor do Rio Leça um exemplo. Fundada pelos quatro municípios que o Rio Leça atravessa em 2021, como parte de um plano intermunicipal para a sua recuperação e valorização do corredor (CM Porto, 2018), esta já implementou uma série de medidas que comprovaram uma melhoria na qualidade de vida dos habitantes de quatro grandes municípios do Distrito do Porto – Matosinhos, Maia, Valongo e Santo Tirso – todos eles atravessados por uma grande linha de água: o Rio Leça, através de metodologias de reestruturação e monitorização das suas margens.

Ao longo deste trabalho foram compilados, editados e criados dados vetoriais, através de informação fornecida pelos quatro municípios envolvidos, sendo a sua gestão feita a partir de uma base de dados PostGresSQL (Milani, 2008), que permitiu, não só a partilha de informação de forma facilitada, mas também a possibilidade da realização de trabalho de campo, por parte de uma equipa especializada, no qual as alterações efetuadas são sincronizadas em tempo real. Desta forma, foi possível construir um projeto com informações presentes nos PDM's (Plano Diretor Municipal) disponíveis mais atuais, que nos forneceu uma visão clara e detalhada de vários aspetos afetos às áreas circundantes do Rio Leça, quer naturais, quer estruturais, quer patrimoniais.

# 2. Enquadramento

Desde os primórdios da civilização moderna que o Homem se ergue com a ajuda de grandes linhas de água. Exemplos como os dos antigos egípcios com o Nilo, dos nativos sul-americanos com o Amazonas e dos norte-americanos com o colorado demonstram que durante toda a sua breve existência, o ser humano dependeu de acidentes hidromorfológicos para subsistir, quer em termos agrícolas e piscatórios, quer em termos de lazer.

Contudo, apesar de ainda dependentes destes grandes mecanismos naturais, denota-se cada vez mais uma desvalorização dos mesmos. Estes que alimentam as nossas centrais elétricas e fornecem água potável a grandes metrópoles parecem ter tornado simples necessidades num bem dado como garantido. Neste sentido, tem vindo a surgir, nos últimos anos, uma preocupação global crescente com o património natural inserido em meios urbanizados, sendo que muitas vezes, a maioria desse património se insere em zonas ribeirinhas e fluviais. De uma forma generalizada, o padrão observado revela influências mais negativas na qualidade das águas deste tipo de ambientes quanto mais para jusante um se desloca, influências essas que provêm de atividades humanas tais como a indústria e o escoamento de resíduos domésticos. Para além destes dois fatores, as elevadas taxas de impermeabilização dos solos e o desvio e artificialização de linhas de água aumentam as taxas de lixiviação de gorduras provenientes do tráfego automóvel, químicos nocivos e até mesmo resíduos sólidos, enquanto reduzem significativamente os níveis de biodiversidade. A agricultura intensiva tem esse mesmo impacto na medida em que, para além das lixiviações de químicos agrícolas provocados pelas chuvas, afetam negativamente a biodiversidade dos ecossistemas (Everard & Moggridge, 2012).

Tendo já sido classificado como um dos rios mais poluídos da região europeia, o Leça representa o caso de estudo perfeito, no que toca a linhas de água afetadas pela urbanização. Atravessando quatro municípios com níveis crescentes de urbanização de montante para jusante, as suas caraterísticas, quer morfológicas, quer ecológicas, vão sofrendo alteração à medida que este se desloca em direção ao Porto de Leixões, onde desagua.

Com o intuito de fazer renascer esta pequena linha de água, os quatro municípios que esta atravessa reuniram-se no sentido de fundar uma associação capaz de fazer a gestão, manutenção e recuperação dos recursos naturais e patrimoniais que são encontrados ao longo das suas margens. Essa associação é designada de Corredor

do Rio Leça e é composta por elementos especializados no panorama ambiental e ecológico, elementos versados nas temáticas do ordenamento do território e técnicos especializados em SIG, assim como especialistas na divulgação de informação sobre a associação e na sua promoção. Para além da equipa de escritório, a associação possui ainda uma equipa de campo destinada a realizar ações de monitorização e intervenção: os guarda-rios.

As ações de intervenção e monitorização, por sua vez, estão integradas num projeto de reabilitação e valorização intermunicipal com foco na bacia hidrográfica do Leça e que assenta em três iniciativas distintas e complementares (CM Porto, 2018):

- Estudo prévio para a qualificação e valorização do corredor do Rio Leça – ***Masterplan*** – composto essencialmente por elementos escritos e desenhados que oferecem uma contextualização visual da área de estudo e facilitam a atuação e a instrução de iniciativas;
- Plano de comunicação que inclui a criação da marca Rio Leça e a divulgação pública do projeto através da criação de um website e de iniciativas como workshops e sessões públicas de divulgação;
- Caderno de boas práticas e participação pública, que tem como objetivo não só enquadrar as boas práticas já registadas, como também estabelecer orientações técnicas para limpeza e manutenção dos espaços verdes da bacia e dos respetivos leitos, enquanto deve programar e executar campanhas de sensibilização destinadas a diferentes públicos-alvo.

Para que as metodologias de recuperação dos espaços verdes do Leça sejam devidamente aplicadas, é importante que exista um certo de nível de planeamento, estruturação e organização antes, durante e após a sua incrementação. Dito isto, sabe-se que existem várias formas de compilar e estruturar informação relativa a um projeto, sendo uma delas a criação de bases de dados. Segundo Beaulieu (2009), uma base de dados é um conjunto de informação correlacionada, seja esta de números de telefone, moradas ou outras informações importantes e, tendo evoluído de volumes em papel para fitas magnéticas, disquetes e, atualmente, servidores partilhados. Esta evolução levou à criação de uma nova linguagem que reúne informação através de tabelas relacionais: o SQL (*Structed Query Language*).

Atualmente, a linguagem SQL representa uma linguagem de programação formal na qual se criam programas para criar, manipular e inquirir bases de dados (Fehily, 2008). Bases de dados essas que são muitas vezes utilizadas em SIG, mais

propriamente através de softwares como o ArcGIS e o QGIS, este último sendo o utilizado no decorrer deste projeto. Estes softwares podem assim ser vistos como uma ferramenta útil para a gestão de bases de dados em SQL, embora a sua interface não a utilize diretamente, proporcionando ferramentas capazes de produzir e gerir informação vetorial de forma acessível a qualquer utilizador (Sosa-Franco et al., 2023). A linguagem SQL permite ainda a realização de *queries,* filtragens e a manipulação das tabelas associadas aos dados vetoriais, possibilitando a gestão de bases de dados de grandes dimensões, como redes elétricas, de telecomunicações, de saneamento, etc. Para além do SQL, este tipo de ferramentas recorre também a Python no sentido de o utilizador poder criar *scripts* para novas ferramentas de manipulação de dados. A construção de bases de dados evoluiu de tal forma que, atualmente, é possível conter grandes quantidades de informação num servidor central de forma segura e confiável. Este avanço permitiu, não só o armazenamento em maior quantidade, como também o acesso simultâneo de vários utilizadores. Por esse motivo, a ferramenta utilizada ao longo deste trabalho foi um sistema PostgresSQL (POSTGIS 3.4.0 e pgAdmin 4 V. 7.7.0)

O PostgresSQL é um SGBD (Sistema de Gestão de Banco de Dados) relacional utilizado para armazenar informações de soluções de informática em vários ramos de negócio, sendo capaz de suportar as necessidades de pequenas, médias e grandes aplicações. Este destaca-se pela sua licença BSD (*Berkeley Software Distribution*), que lhe confere maior liberdade e, consequentemente, a sua utilização em fins comerciais. Para além de ser em código aberto, é compatível com vários sistemas operativos, tais como Linux, Unix e Windows, e várias linguagens de programação, como C/C++, Java/JSP, PHP, ASP, Python, etc. No que toca a segurança, um servidor assente neste sistema pode ser equipado com um protocolo de segurança SSL (*Secure Sockets Layer*) e toda a informação disponibilizada pode ser criptografada. Finalmente, a sua versatilidade permite a sua fácil integração em aplicações, como é o caso do QGIS (Milani, 2008).

A equipa de SIG da associação tem como função gerir uma base de dados vetoriais que constitui o *Masterplan* e que está assente num servidor PostGresSQL que compila todo o tipo de informação relativa a vários aspetos importantes dos municípios cujo Rio Leça atravessa, podendo ser utilizada, não só na caraterização da área de estudo, mas também na monitorização de vários parâmetros naturais e humanos que afetam diretamente os cursos de água. Esta base de dados encontra-se integrada num plano de intervenções definido aquando da criação e que está descrito num projeto base

apresentado por esses mesmos municípios, projeto esse que servirá de referência para alguns temas apresentados ao longo deste trabalho.

# 3. Objetivos

O objetivo geral deste projeto é desenvolver um SIG que contribua para a preservação do Rio Leça e promova a consciencialização da população sobre a importância do seu património natural e cultural. Este objetivo geral pode ser alcançado através de uma série de objetivos específicos, que detalham as ações a serem realizadas ao longo do estágio.

O primeiro e principal objetivo é a construção de uma base de dados utilizando informações vetoriais e analíticas provenientes dos PDM's dos quatro municípios atravessados pelo Rio Leça. Esta base de dados servirá assim como a espinha dorsal do projeto SIG, permitindo a organização, análise e partilha de informação relevante sobre o Rio Leça e as suas margens. A base de dados permitirá a partilha facilitada de informação e a sincronização em tempo real de alterações efetuadas no trabalho de campo. Para facilitar a utilização da base de dados, os dados dos PDM's serão simplificados e categorizados, tornando-os mais acessíveis e compreensíveis.

O segundo objetivo é, através da compilação dos dados recolhidos, quer vetoriais, quer bibliográficos, proceder à caraterização da bacia hidrográfica do Rio Leça e das sub-bacias das principais ribeiras afluentes, nomeadamente à caraterização hidrográfica, morfológica, geológica e biofísica de toda a região envolvente. Para além dos aspetos físicos, pretendeu-se ainda a caraterização socioeconómica de cada um dos quatro municípios envolvidos.

O terceiro objetivo, não menos relevante, é a proposta de medidas de intervenção nas margens do rio, com base nos dados recolhidos e analisados. Estas medidas podem incluir ações de recuperação ambiental, requalificação paisagística e valorização do património cultural. O estudo dos dados recolhidos por sondas dispersas ao longo do rio e a catalogação de novos fatores relativos à rede fluvial são passos importantes para a definição de medidas de intervenção eficazes e adequadas às características específicas de cada troço do rio.

A divulgação de informação relevante sobre o Rio Leça para a população em geral é um objetivo crucial para promover a consciencialização e o envolvimento da comunidade na preservação do rio. Neste sentido, pretendeu-se a construção de vários *layouts* informativos dos vários parâmetros de destaque da bacia do Rio Leça, tais como a sua hidrografia, a sua morfologia e o património natural e histórico.

Por fim, o projeto visa sugerir e aplicar medidas de cadastro e monitorização de novos parâmetros importantes ao longo das margens do rio. Estas medidas permitirão

acompanhar a evolução do estado do rio e das suas margens, bem como avaliar a eficácia das intervenções realizadas. O objetivo é criar um projeto QGIS que seja capaz de manter toda a informação útil à intervenção no Leça atualizada e de fácil consulta, quer num registo mais privado limitado á Associação Corredor do Rio Leça, quer nos *websites* de cada município.

# 4. Metodologia

As metodologias aplicadas ao longo deste trabalho centram-se essencialmente na gestão da base de dados mencionada nos capítulos introdutórios e que representa uma das componentes mais importantes daquilo que que é o plano de intervenções delineado conjuntamente pelos municípios da Maia, Matosinhos, Valongo e Santo Tirso. Essa base de dados reúne um conjunto de dados vetoriais e gráficos que têm como principal objetivo o apoio visual e a contextualização aquando da aplicação de medidas de intervenção e reabilitação das margens e dos leitos do Leça e dos seus principais afluentes, sendo oficialmente designada por *Masterplan*.

Apesar do *Masterplan* ser a principal fonte de informação utilizada ao longo da elaboração de um projeto QGIS consultável, existem outras fontes de dados capazes de fornecer dados georreferenciados precisos e atualizados. Nesse sentido, foram explorados repositórios de informação alternativos que serão descritos ao longo deste capítulo, para além da descrição das metodologias utilizadas na “montagem” do projeto e das técnicas informáticas que permitiram a caraterização da bacia hidrográfica a vários níveis.

## 4.1. Fontes de dados

### 4.1.1. O *Masterplan*

Anteriormente ao nascimento da Associação de Municípios do Corredor do Rio Leça, foram realizadas várias ações de participação pública no âmbito do Estudo Prévio para a Qualificação e Valorização do Rio Leça, ao qual se deu o nome de *Masterplan*, cujas sessões decorreram no Centro Cultural de Alfena a 30 de Janeiro de 2020, envolvendo alunos da Escola Secundária de Alfena e vários técnicos municipais e de outras entidades ligadas ao projeto. Neste sentido e de forma a se obter uma boa referência visual das caraterísticas físicas que compõe o Leça e os seus afluentes, assim como das estruturas humanas que os rodeiam, foi reunido um conjunto de dados georreferenciados obtidos através de campanhas de cadastro de infraestruturas e dos

PDM´s de cada município (Figura 1). Esta base de dados assenta num servidor PostGres localizado na Câmara Municipal da Maia. Entre os dados reunidos, destacam-se:

- Águas pluviais – cadastro das redes de águas pluviais realizado pelo Grupo INDAQUA no Município da Maia, incluindo infraestruturas com aquedutos, caixas, coletores, passagens hídricas e valetas;
- Saneamento – cadastro das redes de águas residuais realizado através de campanhas executadas nos municípios da Maia e de Matosinhos, incluindo infraestruturas como caixas de saneamento, coletores, ramais, emissários, condutas, estações elevatórias e ETAR´s (Estação de tratamento de águas residuais);
- Mapas de condicionantes – informação vetorial presente nas plantas de condicionantes dos PDM's dos quatro municípios relativa a condicionantes como zonas de infiltração máxima, zonas de cheia, cabeceiras, escarpas, zonas de erosão, entre outras;
- Qualificação do solo – informação vetorial presente nas plantas de ordenamento dos PDM´s dos quatro municípios relativa a aspetos como espaços verdes, áreas florestais, espaços agrícolas, zonas urbanas e rurais, entre outros;
- Património – património classificado e não classificado, incluindo sítios específicos como:
    - Estruturas religiosas (igrejas e capelas);
    - Moinhos;
    - Pontes;
    - Quintas;
    - Sítios arqueológicos;
    - Árvores classificadas;
    - Monumentos históricos;
    - Património arquitetónico;
    - Equipamentos (quarteis das forças armadas, instituições de correção, etc.);
    - Outras infraestruturas.
- Tecnologias de motorização – registo georreferenciado do posicionamento das sondas móveis de monitorização da qualidade da água;
- Topografia – conjunto de MDT´s (Modelos Digitais de Terreno) e curvas de nível respeitantes à área total da bacia hidrográfica;

- Tubos – conjunto de pontos que assinalam a localização de caixas motor, tubos de captação e tubos de descarga;
- Uso do solo – informação vetorial relativa à delimitação das áreas de solo agrícola, espaços verdes, solo florestal de produção e proteção, matas ripícolas e sebes agrícolas.

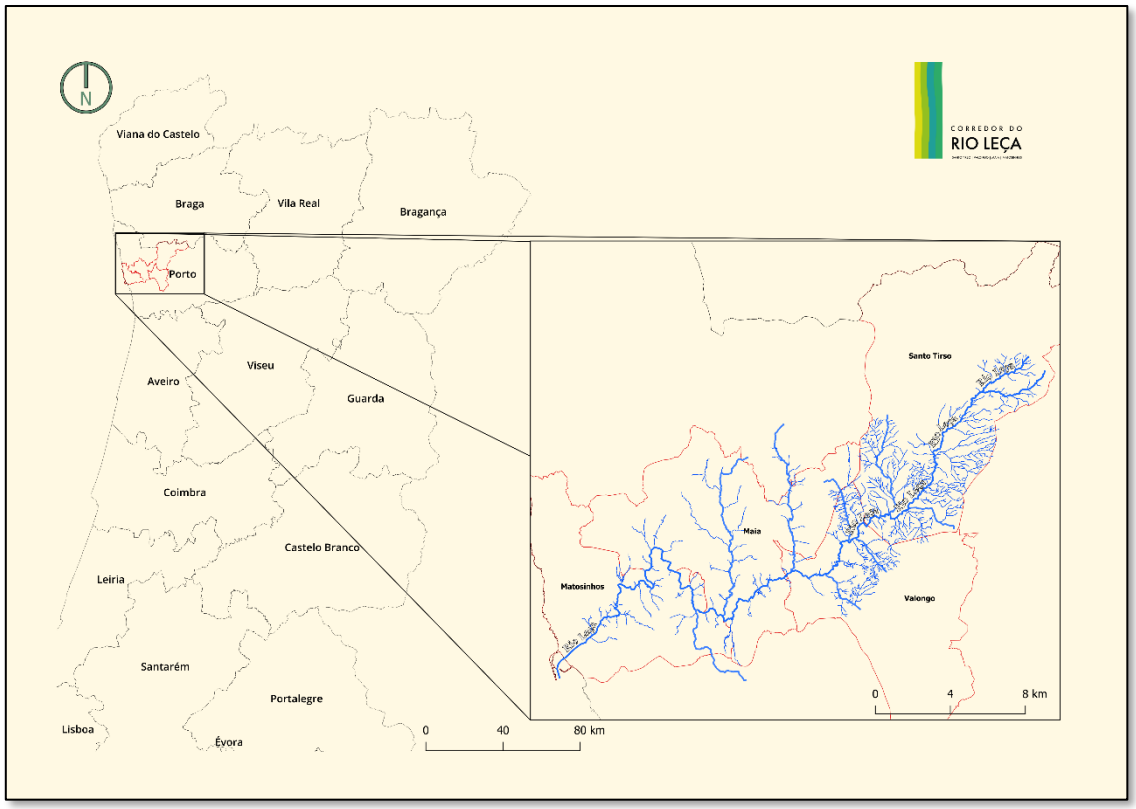



Figura 1: Localização geográfica dos quatro municípios envolvidos no projeto e enquadramento com a bacia hidrográfica do Leça.

Ao longo do trabalho desenvolvido na associação, foram sendo criadas e adicionadas *layers* adicionais, sendo que algumas foram construídas no âmbito de uma remodelação de *layers* já existentes, enquanto outras foram criadas com o intuito de representar outros parâmetros importantes das áreas circundantes do Leça. A construção destas *layers* será retratada num capítulo posterior das metodologias.

### 4.1.2. Planos Diretores Municipais

O ordenamento do território em Portugal baseia-se numa hierarquia de Instrumentos de Gestão Territorial (IGT), definidos por leis de base que estabelecem os princípios gerais para a organização do espaço e o desenvolvimento sustentável. A principal legislação é a Lei de Bases da Política Pública de Solos, de Ordenamento do Território e de Urbanismo (Lei nº 31/2014, 2014) que define os princípios fundamentais

para a ocupação do solo, a gestão territorial e o planeamento urbano, e que se resumem a:

- melhorar as condições de vida e de trabalho das populações;
- distribuir corretamente cada um dos setores urbanos, impedindo desequilíbrios de expansão e mitigando carências existentes;
- proteger e incentivar o correto aproveitamento dos solos agrícolas e florestais:
- reabilitar e promover a valorização de património histórico e cultural;
- recuperar e regenerar áreas degradadas.

Um IGT materializa-se essencialmente em duas subcategorias: programas, que definem um quadro geral de estratégias de desenvolvimento territorial, e planos, que definem opções e ações concretas de planeamento territorial e uso do solo. A sua aplicação pode dividir-se em três níveis de amplitude, nomeadamente, nacional, regional, intermunicipal e municipal, dependendo da sua natureza e da área de incidência.

Os planos municipais são compostos por um plano diretor, um plano de urbanização e um plano de pormenor. Este é de elaboração obrigatória, salvo se houver a aprovação de um plano intermunicipal, e tem como principais objetivos o desenvolvimento e a gestão territorial municipais, assim como das relações de interdependência com municípios vizinhos. Assim, o seu principal instrumento é o PDM, que estabelece o modelo de desenvolvimento territorial de cada concelho, classificando o solo e definindo regras para o seu uso e ocupação. Além disso, existem os Planos de Urbanização (PU), que regulam áreas específicas dentro dos municípios, e os Planos de Pormenor (PP), que detalham regras precisas para a construção e organização do espaço em áreas delimitadas. A sua elaboração é levada a cabo pela câmara municipal em questão e a aprovação em assembleia municipal.

Para este trabalho foram tidos em conta os PDM´s mais recentes disponibilizados pelos quatro municípios integrados no plano de intervenções do corredor verde do Leça, juntamente com as respetivas plantas de ordenamento e condicionantes anexadas.

### 4.1.3. Sistema Nacional de Informação de Ambiente (SNIAmb)

O Sistema Nacional de Informação de Ambiente (SNIAmb) consiste num projeto da Agência Portuguesa do Ambiente (APA) que compila todo o tipo de informação georreferenciada que possa ser útil a fins relacionados com aspetos ambientais (Agência Portuguesa do Ambiente, 2017). Quer seja para uma simples consulta quer

seja para um processo de tomada de decisões, o seu principal objetivo é fornecer informação fiável e pertinente, com foco na otimização e a racionalização dos procedimentos de recolha, avaliação e comunicação, o que lhe permite ser uma referência sólida no apoio ao desenvolvimento, avaliação e aplicação de políticas ambientais, quer a nível nacional, quer a nível setorial (Agência Portuguesa do Ambiente, 2017). Toda a informação disponibilizada na base de dados deverá seguir os princípios do Sistema de Informação Ambiental Partilhada (SEIS), uma iniciativa criada pela Agência Europeia do Ambiente com o intuito de facilitar a consulta pública de dados ligados ao ambiente através das novas tecnologias. De acordo com esta iniciativa, a disponibilização de dados deve seguir vários princípios fundamentais (União Europeia, 2011):

- **Disponibilidade na fonte** – a informação deve ser recolhida, gerida e mantida o mais próximo possível da fonte original, evitando duplicações;
- **Partilha multinível** – os dados devem ser facilmente partilháveis a vários níveis organizacionais, desde entre órgãos europeus a pessoas individuais;
- **Interoperabilidade** – os sistemas devem ser compatíveis, permitindo a troca eficiente de dados entre diferentes plataformas, incluindo *softwares* de código aberto;
- **Facilidade de acesso** – o acesso à informação deve ser facilitado ao nível público, quer para cidadãos, quer para decisores políticos, mas sempre com respeito pelas restrições de confidencialidade, quando aplicável;
- **Utilização única** – sempre que possível, os dados recolhidos devem ser reutilizados para múltiplas finalidades, a fim de evitar redundâncias e reduzir custos;
- **Disponibilização aberta e livre** – a informação deve estar disponível de forma gratuita ou a baixo custo, e transparente;
- **Suporte a relatórios e políticas** – os dados devem estar organizados de forma a facilitar a monitorização ambiental, o cumprimento de normas e o desenvolvimento de políticas baseadas em evidências.

É importante referir que estes princípios estão alinhados com outras iniciativas da União Europeia, tal como a Diretiva Inspire, garantindo que os dados ambientais sejam utilizados de forma eficiente e eficaz (União Europeia, 2011). Esta última estabelece a criação da Infraestrutura Europeia de Informação Geográfica e incide sobre a informação espacial de diferentes setores do ambiente e que seja da responsabilidade

das instituições públicas dos diferentes estados-membros, funcionado de forma semelhante ao SEIS (União Europeia, 2011).

Para este trabalho o SNIAmb foi essencialmente utilizado na recolha de dados relativos à hidrografia do Leça, mais especificamente, dados vetoriais referentes às linhas de água e aos limites da bacia e das sub-bacias das principais ribeiras afluentes. Estes dados podem ser consultados através de um visualizador WebSIG online (Figura 2) e os dados podem, inclusivamente, ser descarregados, sem que seja necessário qualquer tipo de registo no *website*, o que comprova a facilidade de acesso por qualquer parte individual ou organizacional.

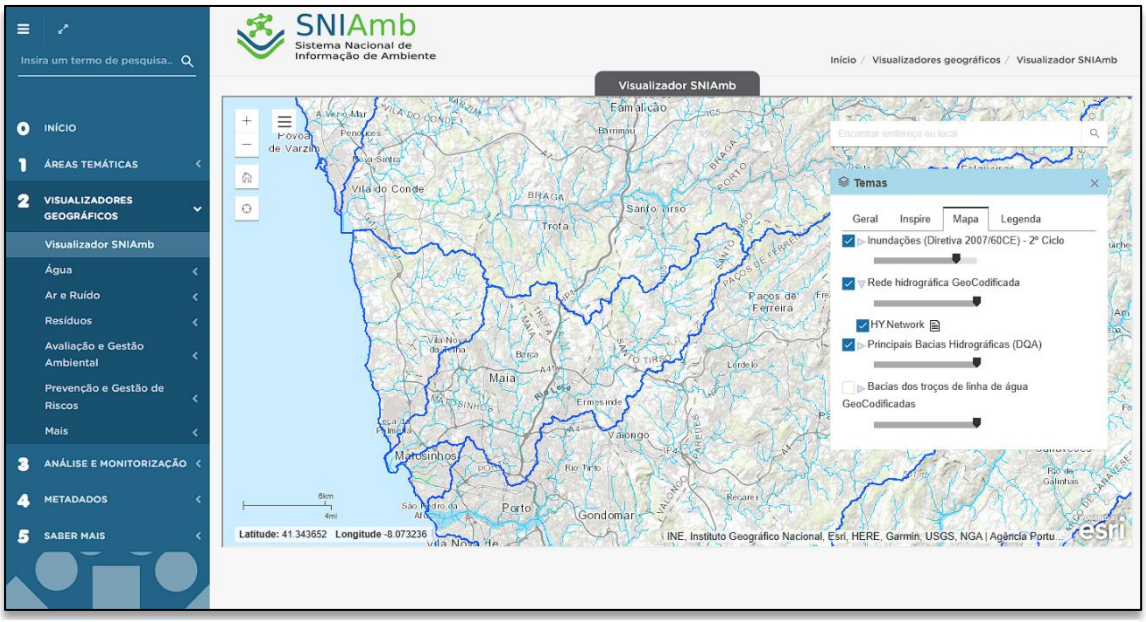



Figura 2: visualizador de dados vetoriais disponibilizado pela Agência Portuguesa do Ambiente. No painel lateral direito, é possível adicionar diferentes camadas e fazer o descarregamento dos dados, quer em formato *shapefile*, quer em formato *Web Map Service* (WMS).

### 4.1.4. Direção geral do território (DGT)

A DGT tem como principal função a disponibilização de um vasto espólio de informação geográfica e territorial na forma de recursos patrimoniais ligados à geodesia, à cartografia, ao cadastro e ao ordenamento território, informação essa que pode ser encontrada, não só no seu núcleo museológico, com milhares de peças originais, mas também através de uma plataforma online que é capaz de fazer a distribuição de dados abertos da mesma tipologia. Esta distribuição, por sua vez, pode vir na forma de ficheiros vetoriais *shapefile* ou em WMS (*Web Map Service*). Para este trabalho, a biblioteca disponibilizada foi fundamental na obtenção de ortofotomapas (Figura 3) da região de estudo e de modelos cartográficos, assim como a Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP) de 2024, disponibilizada através de um link WMS e um ficheiro

*shapefile*. Relativamente a esta última peça de informação, é importante referir que, apesar de a versão utilizada neste projeto ser a mais recente, as recentes alterações efetuadas às Freguesias agregadas (uniões de freguesias) ainda não se encontram

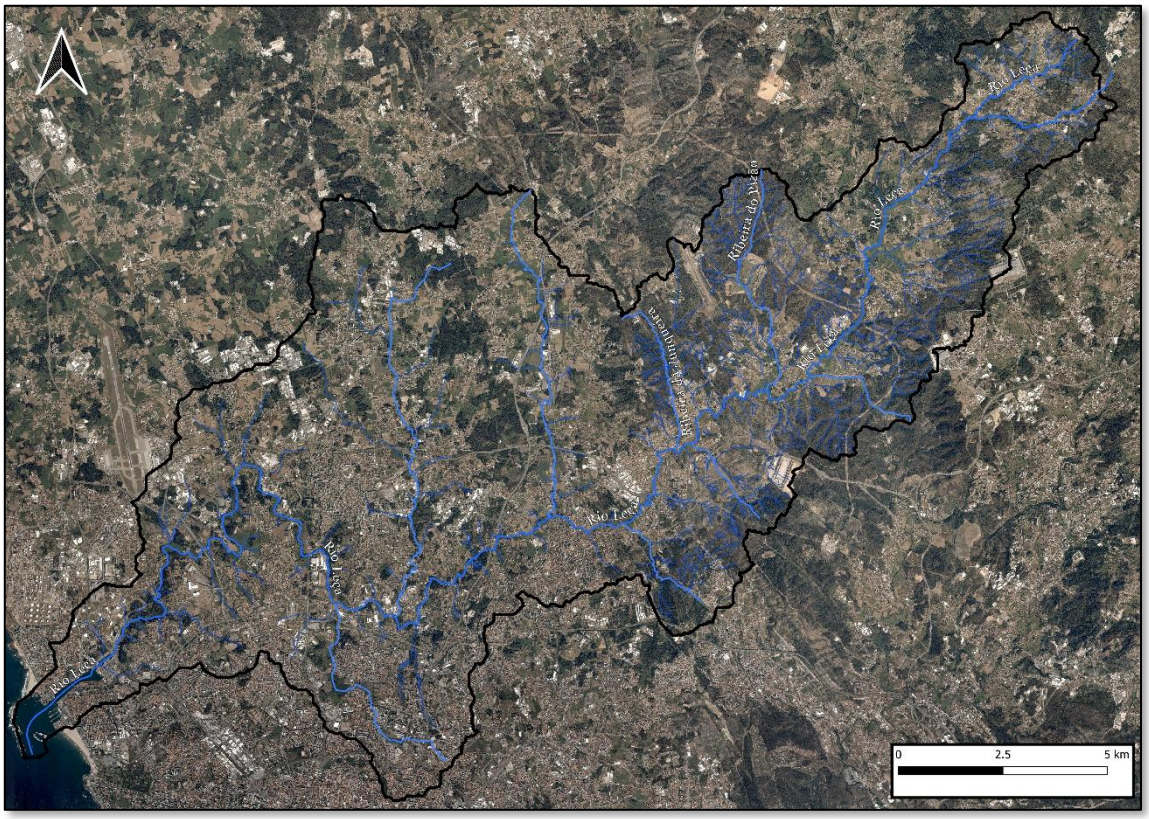



Figura 3: enquadramento da bacia hidrográfica do Leça sobre os ortofotomapas de 2018 homologados e disponibilizados na plataforma online da Direção Geral do Território.

aplicadas às camadas, pelo que os limites administrativos utilizados no projeto podem não ser os mais corretos.

### 4.1.5. Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG)

O LNEG é um laboratório do estado português que atua nas áreas da energia e da geologia, com o intuito de promover a investigação, a transferência de conhecimento e apoio técnico e laboratorial a empresas e políticas públicas. Fundado em 2007, as suas atividades dividem-se entre projetos de investigação e desenvolvimento, prestação de serviços e apoio direto ao estado. Desta forma, os laboratórios estão integrados em redes internacionais como a European Energy Research Alliance (EERA), a International Energy Agency (IEA) e a Internacional Renewable Energy Agency (IRENA), sendo que a sua visão passa pela excelência científica reconhecida pela sociedade (Assembleia da República, s.d.).

Juntamente com os recursos laboratoriais e de investigação, a instituição mantém ainda um repositório online de cartas e mapas, incluindo as cartas geológicas de grande parte do território nacional, o qual foi útil na obtenção das quatro cartas geológicas onde a bacia do Leça se insere, as quais foram posteriormente georreferenciadas e alinhadas (Figura 4).

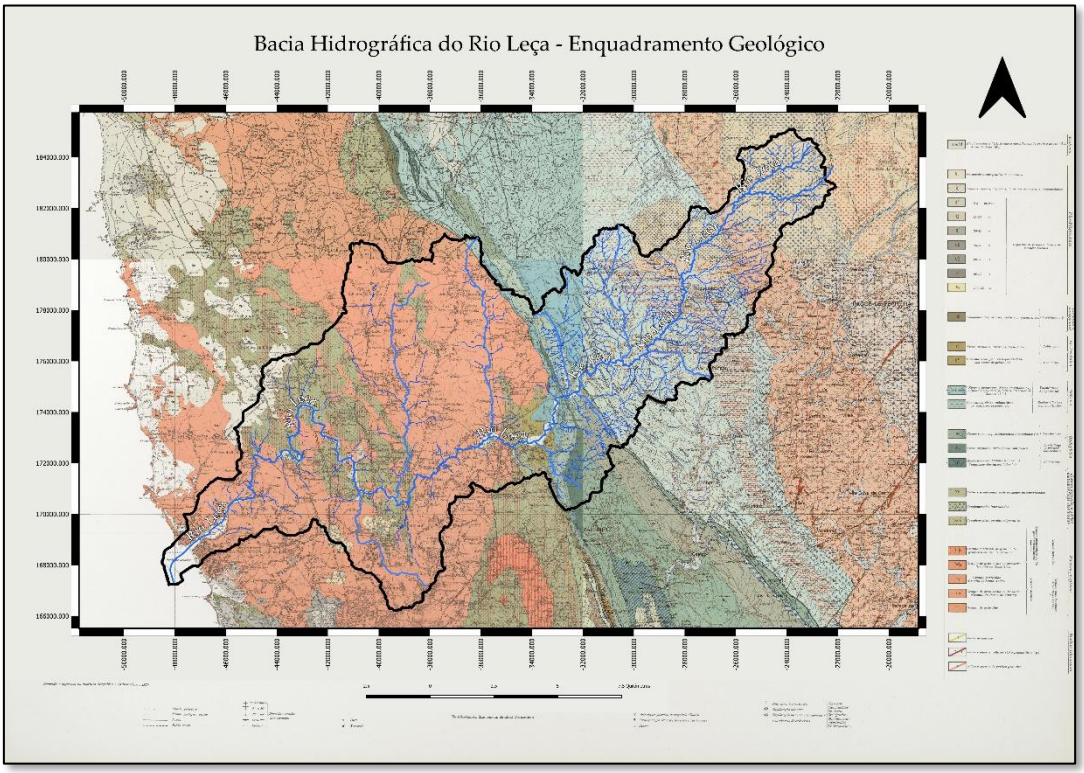



Figura 4: enquadramento da Bacia hidrográfica do Rio Leça sobre as quatro cartas geológicas requisitadas na plataforma online do LNEG (09-A, 09-B, 09-C, 09-D). As cartas foram georreferenciadas e recortadas para um correto alinhamento no projeto.

### 4.1.6. Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (CCDR Norte)

Criada em 1969 sob o nome de Comissão de Planeamento Regional (CCDR Norte, 2025a), a CCDR Norte é um organismo público que atua fundamentalmente como um braço direito do Estado na região Norte de Portugal (NUTS II), tendo como principal missão promover o seu desenvolvimento regional, a coesão territorial, a coordenação e execução de políticas de desenvolvimento regional, planificação territorial ordenamento do território e ambiente (CCDR Norte, 2025b). Assim, as áreas abrangidas são a Área Metropolitana do Porto, Alto Minho, Alto Tâmega, Ave, Cávado, Douro, Tâmega e Sousa e Terras de Trás-os-Montes.

Algumas das suas principais funções são a gestão de fundos europeus na administração de programas regionais como o Norte 2020, o planeamento e

ordenamento do território através da colaboração com municípios na definição de PDM´s e estratégias de desenvolvimento, a implementação de políticas ambientais para promoção da conservação de património natural e a promoção cultural através da valorização de patrimónios como o Alto Douro Vinhateiro (CCDR Norte, 2022).

Para além de todas estas funções, o sítio online mantém uma base de dados da qual constam várias cartas e ficheiros vetoriais, incluindo os referentes aos espaços inseridos na Reserva Agrícola Nacional (REN). Estas cartas e os respetivos ficheiros foram utilizadas como base de informação para a construção da camada referente às condicionantes de cada município.

## 4.2. Construção do projeto

Tal como foi mencionado nos capítulos introdutórios deste trabalho, um dos principais focos do mesmo centra-se na construção de um projeto SIG facilmente consultável e interpretável. Para tal, foi utilizada como principal fonte de dados vetoriais a base de dados do *Masterplan*, de onde se retiraram e aperfeiçoaram todo um conjunto de dados. É importante referir que, dado o estado desatualizado de alguns dos dados, recorreu-se também aos PDM´s como principais fontes de apoio. Assim, as principais ferramentas utilizadas no desenvolvimento deste projeto foram o QGIS 3.34.6 para o desenho vetorial e composição de Layouts e o PostgresSQL16, juntamente com o pgAdmin 4 V. 7.7.0 para gestão da base de dados.

### 4.2.1. Linhas de água e hidrografia

Uma das camadas disponibilizadas pela base de dados do *Masterplan* refere-se às principais linhas de águas que atravessam os quatro municípios envolvidos. Após uma breve análise dos dados disponibilizados, destacaram-se vários problemas, nomeadamente a falta de informação associada aos troços, informação essa que inclui toponímia, cotas, ordem e comprimento. Mais do que falta de informação, foram ainda encontrados vários erros geométricos, tais como erros de ligação, erros de geometria e elementos duplicados, o que tornava a informação confusa e pouco fiável. Para além disto, o facto de não existir distinção entre eixos e margens na mesma camada tornava a sua visualização, por vezes, confusa.

Dito isto, o procedimento a adotar foi a redigitalização de todas as linhas de água inseridas na bacia hidrográfica do Leça, processo esse que, apesar de moroso, quando aplicado tendo como base as ortofotografias homologadas pela DGT, permite uma representação fiel do verdadeiro formato de cada curso de água. Para além das

geometrias presentes na camada do *Masterplan*, recorreu-se também à rede hidrográfica geocodificada, que pode ser encontrada no *websig* do SNIAmb, como guias para uma correta digitalização. Dito isto, foram digitalizados, não só os eixos das linhas de água, mas também as margens do Rio Leça e das oito principais ribeiras afluentes: Ribeira de Picoutos, Ribeira do Arquinho, Ribeira do Leandro, Ribeira de Cabeda, Ribeira de Tabãos, Ribeira da Junqueira, Ribeira do Pizão e Ribeira da Balinha.

O formato de digitalização de eixos de qualquer tipo é um aspeto muito importante a ter em conta. A (Direção de Serviços de Geodesia, Cartografia e Informação Geográfica (DSGCIG) da DGT, 2024) especifica que a digitalização de cursos de água deve ser composta pelos eixos, os limites, as áreas, as barreiras e as construções marginais. Mais do que isso, as linhas devem ser segmentadas de cada vez que se cruzam com linhas adjacentes.

No caso deste projeto, decidiu-se que seria apenas necessário o desenho dos eixos, das margens e do limite hídrico. Contudo, a metodologia de segmentação foi mantida, aspeto que se tornou útil na classificação posterior de cada linha. O mesmo manual define ainda todos os campos que devem integrar as tabelas de atributos dos elementos, desde codificações até certas caraterísticas físicas. Neste caso, limitou-se a caraterização de cada troço às suas caraterísticas mais importantes, nomeadamente, seu nome, tipologia (rio, ribeira, linha de água) comprimento (m), Município, Freguesia, cota inicial (montante), cota final (jusante) e a classificação pela ordem de Strahler.

#### 4.2.1.1. Toponímia

Como referido acima, a bacia hidrográfica do Leça é composta por mais oito cursos de água afluentes, todos eles com grande impacto no desenvolvimento socioeconómico dos Municípios onde se inserem, isto porque se viram sempre fundamentais aos solos agrícolas que percorrem. Desta forma, estas pequenas, mas relevantes, linhas de água tiveram a sua nomenclatura dada de acordo com uma das localidades que atravessam. Visto que os mapas de consulta online tradicionais não providenciam esta identificação, recorreu-se ao projeto base elaborado por (E. Rio, Unipessoal Lda., 2021), o qual faz um resumo alargado das principais caraterísticas da bacia hidrográfica do Leça e dos principais afluentes, o que permitiu identificar, para além do Leça, as ribeiras afluentes. As linhas restantes foram designadas com o nome “desconhecido”.

#### 4.2.1.2. Tipologia

Quando se pretende classificar um atributo relativamente a uma determinada tipologia, a solução mais viável é sempre criar uma lista pré-definida de campos em que apenas um pode ser selecionado. Desta forma, não só se torna mais fácil a caraterização do elemento, aquando da sua criação, mas também a sua categorização por simbologias. Nesse sentido, foram criadas três tipologias de curso de água: rios, ribeiras e linhas de água. Como seria de esperar, todos os elementos classificados como "rio" fazem pare do troço integral do Rio Leça, assim como os identificados como "ribeiras" pertencem aos oito afluentes mencionados. As restantes podem ser vistas como linhas de água perenes resultantes da escorrência natural provocada pela topografia durante os dias de maior pluviosidade.

#### 4.2.1.3. Comprimento

Relativamente ao comprimento de cada troço, softwares como o utilizado permitem um cálculo automático das caraterísticas geométricas de cada atributo, sejam estas relativas a áreas, comprimentos, perímetros, através do comando "*$length*" na calculadora de atributos. Ao realizar estes cálculos, deve ter-se em atenção ao sistema de referência utilizado ao longo de todo o projeto, visto que se diferentes camadas estiverem georreferenciadas segundo referenciais diferentes, os valores de coordenadas podem variar erradamente de camada para camada. Neste sentido, o sistema de coordenadas selecionado foi o ETRS89 / Portugal TM06

#### 4.2.1.4. Localização geográfica

Dado à geometria em questão ser composta por essencialmente por elementos em linha, a localização geográfica deve ser feita através da identificação do local onde esta se situa. Mais especificamente, identificando a Freguesia e o Município. De forma a evitar a necessidade de preencher estes dois campos manualmente durante a criação dos elementos, foi elaborado um pequeno código na calculadora de atributos que utiliza os índices espaciais dos elementos digitalizados das linhas de água e das camadas do CAOP (Municípios e Freguesias) e a sua sobreposição para localizar geograficamente cada um deles de forma automática (Figura 5).

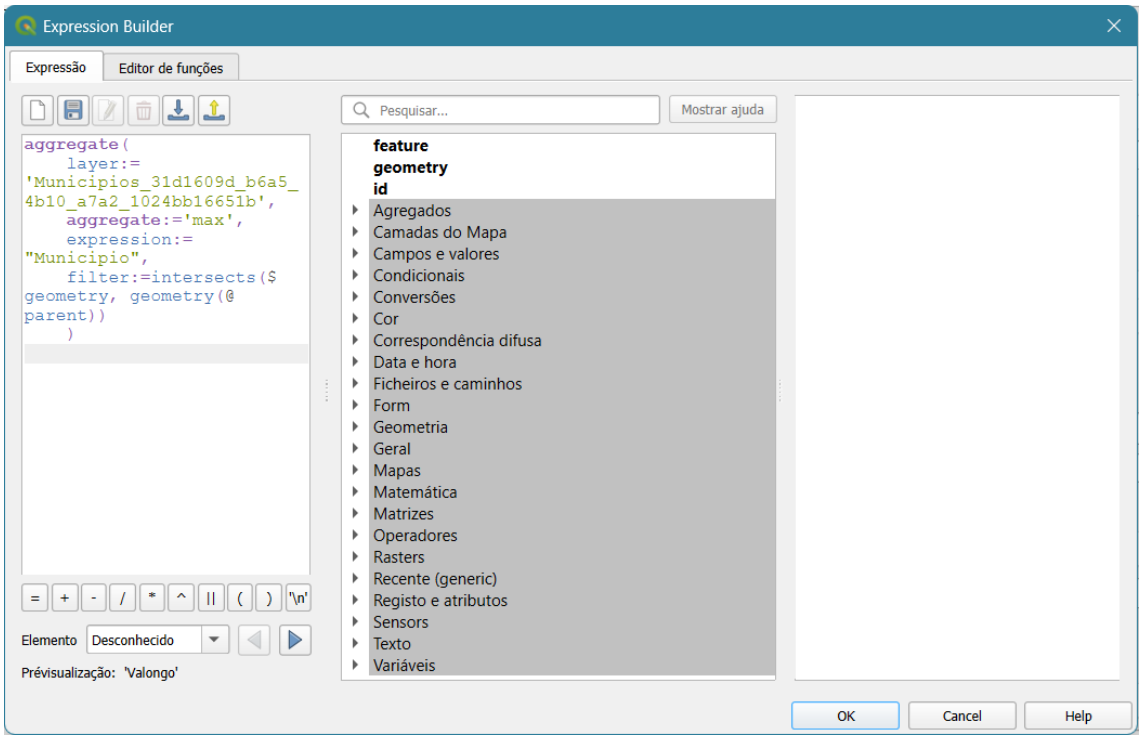



Figura 5: código elaborado para localizar geograficamente cada um dos elementos desenhados, com base nos índices espaciais das linhas de água e das camadas do CAOP. O mesmo princípio foi aplicado com a camada das Freguesias.

#### 4.2.1.5. Cotas iniciais e finais

De maneira que se providenciasse uma cota Zonainicial e uma cota final de cada troço das linhas de água digitalizadas, recorreu-se a um MDT da área do estudo fornecido pelo *Masterplan*, que, com uma resolução espacial de apenas 4 m, oferece uma noção bastante precisa das cotas de cada ponto da bacia. Apesar disso, o MDT fornecido não cobre a região Sul do Município da Trofa, a qual também é abrangida pela Bacia do Leça, pelo que as medições tiveram de ser complementadas através de imagens da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 1 arco de segundo (United States Geological Survey (USGS), 2014) que, depois de reprojetada para o sistema de coordenadas do projeto, adquiriu uma resolução espacial de 25 m.

Antes de proceder a qualquer cálculo de cotas, foi necessária uma verificação minuciosa da camada de linhas, com o intuito de serem identificados erros de topológicos e geométricos. Após a validação dos dados, procedeu-se à criação de uma camada temporária de pontos através da ferramenta de extração de vértices específicos. Neste caso, foi especificado que a ferramenta criasse pontos com os índices 0, para o primeiro vértice de cada linha, e -1, para o último. Dado o contacto

entre cada um dos troços, este processo acabou por criar pontos em duplicado nos vértices de ligação pelo que, para evitar erros no próximo passo, os elementos em duplicado foram eliminados através da ferramenta de eliminação por atributo, que foi utilizada para eliminar pontos com as mesmas coordenadas (apenas um deles). Com estes pontos acertados, foi depois possível recorrer a um *plugin* de amostragem (*Point Sampling Tool*) para recolher as cotas de cada ponto sobre o MDT, o que gerou uma nova camada de pontos contendo as cotas inicias e finais de cada troço. Uma simples ligação de tabelas de atributos entre as duas camadas permitiu a população dos campos das cotas na camada de linhas de água

#### 4.2.1.6. Ordem de Strahler

A categorização de uma linha de água vai para além da sua tipologia e do seu formato, pelo que esta também deve ser feita através de uma ordem. Atualmente, existem 2 metodologias para esta classificação: Shreve e Horton-Strahler. De forma muito semelhante, a classificação faz-se através da confluência de linhas de água de menor escala em linhas de maior dimensão, sendo que os troços iniciais e sem afluentes que são classificados com ordem 1 se juntam para formar troços de 2ª ordem e estes para formar troços de 3ª ordem. A única diferença entre as duas metodologias encontra-se no facto de na classificação de Horton-Strahler a ordem só aumentar com a confluência de linhas de ordem igual (por ex.: uma linha de ordem 1 e uma de ordem 2 convergem numa de ordem 2) (Moussa, 2009) enquanto na classificação de Shreve, as ordens são sempre somadas (por ex.: uma linha de ordem 1 e uma de ordem 2 formam uma de ordem 3) (Rosim & De Martino, 2021).

Atualmente, é possível criar algoritmos que analisem as geometrias digitalizadas e, através das ligações, atribuam uma ordem consoante a metodologia escolhida. Felizmente, existam já ferramentas capazes de realizar essa tarefa. Neste caso, a selecionada foi o Hy2roresO, um *plug in* desenhado especificamente para calcular a ordem das linhas de água segundo as classificações de Strahler, Horton e Shreve. Para que este funcione corretamente, é importante que as linhas se encontrem digitalizadas de montante para jusante, o que pode ser conseguido através da ferramenta de inversão de linhas do QGIS. Mas importante ainda é que não existam erros de ligação nem erros geométricos, caso contrário, pode resultar em classificações erradas.

### 4.2.2. Valores patrimoniais

Ao longo do percurso do Leça podemos encontrar todo um vasto leque de elementos de grande relevância patrimonial, quer classificados quer por classificar. Neste sentido, é importante que haja uma listagem e uma catalogação destes elementos, de maneira que seja possível uma consulta rápida das suas caraterísticas, incluindo, não só a sua designação e localização geográfica, mas também a sua tipologia, o seu nível de classificação, o seu estado de conservação e o número de elementos que o compõe, o que foi executado através da criação de uma camada de pontos. Para além do património edificado, incluiu-se ainda parte do património natural, onde se inserem árvores classificadas. Como principais fontes de consultas, foram utilizados os PDM´s de cada município e os resumos dos estudos de base efetuados na elaboração do *Masterplan*.

#### 4.2.2.1. Pontos específicos

Relativamente à sua tipologia, a camada de pontos referente ao património foi dividida em dez subcategorias distintas, a qual foi utilizada na categorização por diferentes simbologias, com base nos PDM´s e no projeto base do *Masterplan*:

- Igrejas e capelas;
- Moinhos;
- Pontes;
- Quintas;
- Sítios Arqueológicos;
- Árvores classificadas;
- Monumentos históricos;
- Património arquitetónico;
- Equipamentos;
- Outros.

Relativamente ao seu estado de conservação, foram utilizadas apenas cinco categorias: “bom”, para elementos em bom estado de conservação, “mau” para elementos que ainda mantêm a sua estrutura, mas apresentam-se mal conservados, “semi-destruído”, para elementos que apresentem sinais de perda estrutural, “destruído” para elementos que apresentem perdas estruturais elevadas, “ruína” para elementos que apresentem perda total da sua estrutura e, finalmente, “depende do elemento” para elementos compostos por várias unidades em diferentes estados de conservação.

No que toca à classificação de valores patrimoniais, estes podem apresentar vários níveis de classificação, que podem ser vistos como uma escala de importância, dado que definem se esta é de nível público, municipal ou nacional. Neste sentido, na classificação dividiu-se em sete categorias:

- Monumento Nacional (MN);
- Imóvel de Interesse Público (IIP);
- Imóveis de Interesse Municipal (IIM);
- Estabelecimentos prisionais de menores;
- Defesa Nacional;
- Árvores classificadas;
- Em vias de classificação;
- Não classificado.

A categorização do interesse de um monumento, conjunto ou sítio é feita segundo o Decreto-Lei nº 309/2009, que dita que um bem imóvel pode ser classificado como de interesse nacional (para os MN), interesse público ou interesse municipal. De uma forma mais específica, os estabelecimentos prisionais e tutelares de menores são dotados de uma zona de proteção que inclui não só o edificado, mas uma área envolvente de 50 m a contar da linha limite dos estabelecimentos ou terrenos em causa, segundo o (Decreto-Lei n.º 265/71, 1971).

No que toca à defesa Nacional, os imóveis de interesse que se encontrem dentro desta categoria são classificados como património cultural, segundo a (Lei nº 107/2001, 2001) que estabelece que bens imóveis como castelos e antigos quarteis podem ser classificados como de interesse nacional, público ou municipal. Para além da lei de bases mencionada anteriormente, o (Decreto-Lei nº 280/2007, 2008), que regula a gestão do património imóvel do estado, incluindo o afeto à Defesa Nacional, refere-se à alienação e desafetação de património público, incluindo bens afetos às forças armadas, mas sempre respeitando o seu valor patrimonial, em caso de este ser classificado ou se encontra em vias de. Dado este estatuto, o Ministério da Defesa Nacional criou programas de inventariação e valorização, como o programa Revive, que tem como principal intuito a reabilitação de património público que inclui fortalezas militares históricas, através de concessões para fins turísticos (Turismo de Portugal, 2016). Apesar de tudo, existem já vários monumentos afetos classificados como MN e IIP.

Por fim, mas não menos importante, dentro do regime jurídico atual, o património classificado não tem que ser necessariamente composto por imóveis ou edificações, podendo ser composto por monumentos vivos, legalmente designados por Arvoredo de

Interesse Público, segundo a (Lei n.º 53/2012, de 5 de setembro, 2012). Esta lei aplica-se a povoamentos florestais, bosques, bosquetes, arboretos, alamedas e jardins de interesse botânico, histórico, paisagístico ou artístico. Para além de aglomerados, considera também exemplares isolados de espécies vegetais que sejam valorizadas pela sua representatividade, raridade, porte, idade, historial, significado cultural ou enquadramento paisagístico. A sua inventariação e classificação são da total responsabilidade do Instituto da Conservação da Natureza (ICNF), podendo ser proposta pelos proprietários, pelas autarquias, por organizações ou entidades gestoras de espaços florestais, por organizações não-governamentais e por cidadãos ou movimentos dos mesmos (Lei n.º 53/2012, de 5 de setembro, 2012).

#### 4.2.2.2. Áreas de proteção

Tal como foi mencionado na secção anterior, certos imóveis classificados são dotados de uma área de proteção especial, área essa que também foi representada no projeto através de uma camada poligonal e, tal como a anterior, categorizada e simbolizada consoante a sua tipologia. Semelhante à camada de pontos, os atributos foram classificados quanto à sua localização geográfica (município e freguesia), designação do ponto que cobrem e o seu regime de classificação, tipologia, tema e área ($m^2$).

Para a simbologia, decidiu-se utilizar a tipologia de cada atributo como base de categorização, sendo esta dividida em seis categorias distintas:

- Zona *non aedificandi*;
- Área classificada;
- Património arqueológico;
- Zona de Proteção (ZP);
- Zona Especial de Proteção (ZEP);
- Área de árvores classificadas.

No que toca a imóveis classificados, a estes está geralmente uma ZP definida por uma linha traçada a 50 m a partir do perímetro exterior do imóvel associado, tal como referido no subcapítulo anterior, destinada a proteger a envolvente desses mesmos imóveis a fim de evitar construções ou alterações que prejudiquem o seu valor patrimonial, podendo também ser aplicada a imóveis em vias de classificação.

A ZEP, por sua vez, pode ser vista como uma evolução da anterior, na medida em que não obedece à lei dos 50 m e se adapta de forma mais pensada ao imóvel associado. Estas áreas são criadas por portarias específicas e têm o poder de proibir

certas obras, fixar alturas máximas de outras edificações e controlar o uso dos solos circundantes. Outra grande diferença é o facto de poder abranger, não só o imóvel, mas também a paisagem envolvente, caso se justifique.

Dentro destes dois regimes de proteção podem ser encontradas subzonas, como é o caso das áreas *non aedificandi* (zona de não construção), na qual não é permitida a construção de quaisquer edifícios, sendo permitido, no entanto, a construção de estruturas como percursos pedonais ou áreas arborizadas, desde que não seja prejudicado o valor visual, paisagístico ou histórico do local.

Por fim, as áreas de árvores classificadas também são sujeitas a perímetros de proteção, embora estes não possuam um valor específico, sendo esse proposto e aprovado pelo ICNF no momento da classificação. A cobertura pode ser circular ou adaptada à morfologia do terreno e deve garantir a proteção da integridade das raízes, do solo, da copa e do ecossistema circundante e pode recorrer a valores de referência como 2 a 5 m para lá da copa e um raio mínimo de 10 m em volta de árvores de grande porte.

### 4.2.3. Plantas de condicionantes

Seja qual for o município a que se refere, um PDM tem sempre de ser acompanhado de vários elementos fundamentais, sendo um deles a Planta de Condicionantes. Esta identifica as servidões administrativas e as restrições de utilidade pública em vigor que possam constituir limitações ou impedimentos a qualquer forma específica de aproveitamento do solo.

Para este projeto decidiu-se compilar a informação relativa às plantas de condicionantes dos quatro Municípios presente na base de dados do *Masterplan*. Apesar de distribuídos por camadas distintas consoante os municípios a que pertenciam, todas tinham um campo em comum designado por “layer” que continha a descrição de cada atributo, campo esse que foi utilizado para identificar cada um dos elementos copiados para a nova camada criada para o efeito. É importante referir que as camadas da base de dados continham elementos que não pertenciam aos planos de ordenamento, pelo que esses elementos foram mantidos de fora da nova camada, de forma a simplificar a informação. Com o mesmo intuito, foram apenas copiados para a nova camada os elementos que se encontravam dentro dos limites da bacia hidrográfica. No que toca aos campos criados para a nova camada, optou-se pela criação de um campo designativo da área em questão, um referente à sua dimensão,

em $m^2$, um relativo ao município onde esta se encontra, um relativo à tipologia da área e outro relativo ao tipo de condicionante.

De forma que se obtivesse uma classificação mais abrangente e cuja simbologia fosse mais percetível a uma menor escala, quando convertida para um *layout*, o campo referente ao tipo de condicionante foi divido apenas em três tipos de tipologia: REN, Recursos Ecológicos e naturais e infraestruturas. Como subnível, foram identificadas e categorizadas vinte e duas tipologias de áreas, de acordo, não só com as simbologias encontradas nas plantas de condicionantes, mas também com as encontradas nas cartas REN:

- Áreas de instabilidade de vertentes (AIV);
- Zonas ameaçadas por cheias (ZAC);
- Áreas estratégicas de proteção de recarga de aquíferos (AEPRA);
- Cabeceiras de linhas de água;
- AIV (escarpas);
- Áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo (AEREHS);
- Águas de transição;
- Faixa de proteção
- Linhas entubadas;
- Áreas de exclusão da REN;
- Espécies protegidas;
- Valores de interesse biológico;
- Áreas pertencentes ao projeto Rede Natura 2000;
- Pedreiras;
- Paisagens protegidas;
- Reserva Agrícola Nacional (RAN);
- Áreas industriais;
- Vértices geodésicos;
- Aeroportos;
- Aeródromos;
- Paóis;
- Valores de interesse paisagístico.

Desta forma, foi possível integrar todas as condicionantes apresentadas em cada município juntamente com as categorias apresentadas em cada uma das cartas REN e os espaços pertencentes à RAN.

## O espaço REN

A REN engloba toda uma estrutura biofísica que se considera ecologicamente sensível, quer devido aos valores que dela fazem parte, quer devido à sua suscetibilidade a riscos naturais e que por isso está sujeita a um regime de proteção especial – o Regime Jurídico da REN (RJREN). Este regime estabelece um conjunto de condicionamentos que se adaptam consoante os seus objetivos de proteção, com o intuito de identificar usos e ações compatíveis com o mesmo nas diferentes tipologias em conformidade com os requisitos legais (Decreto-Lei n.º 166/2008, 2008). Uma das entidades responsáveis pela fiscalização desta matéria é a CCDR Norte, que possui uma base de dados online que disponibiliza as cartas REN de vários municípios, dados esses que foram utilizados como guia na verificação da atualidade das áreas da camada.

De uma forma geral, dentro deste regime de proteção especial encontra-se toda uma subcategoria de áreas devidamente identificadas e limitadas que identificam áreas sensíveis, nomeadamente zonas sujeitas a grandes índices de erosão como áreas instáveis de vertentes (AIV), escarpas e áreas de elevado risco de erosão hídrica do solo (AEREHS), áreas ameaçadas pelas cheias (ZAC), zonas estratégicas de recarga de aquíferos (AEPRA), ou infiltração máxima, e cabeceiras. Dependendo do município, podem ainda surgir áreas mais excecionais como águas de transição (que é o caso do município de Matosinhos) e linhas de água entubadas. Apesar do regime de proteção, é frequente o surgimento de áreas que, apesar de possuírem caraterísticas ecológicas relevantes, são excluídas a pedido dos municípios, de forma devidamente justificada, por motivos como por exemplo a ocupação urbana ou o seu planeamento, a implantação de infraestruturas importantes como estradas e linhas férreas, a perda de valores ecológicos e até mesmo correções técnicas nas cartas. Estas áreas são designadas por áreas de exclusão e estão devidamente assinaladas nas cartas e a justificação para a sua existência é parte integrante da informação associada aos ficheiros vetoriais.

## O espaço RAN

Embora menos complexa do que a REN, em termos cartográficos, a RAN define-se como “o conjunto de terras que, em virtude das suas caraterísticas, em termos agroclimáticos, geomorfológicos e pedológicos, apresentam maior aptidão para a atividade agrícola” (DGADR, n. d.). Neste sentido, a RAN é um IGT que define o conjunto

de solos com maior aptidão agrícola em Portugal, com o objetivo de proteger esses solos de usos não agrícolas, garantindo a sua preservação para fins de produção de alimentos e sustentabilidade do território rural. Tal como para a REN, os espaços devem obedecer a vários critério para serem integrados neste regime de proteção tais como a elevada fertilidade natural, a adequação à produção de várias culturas, boas condições de relevo, drenagem e clima e a não urbanização e contaminação. Estas caraterísticas são avaliadas através de levantamentos edafoclimáticos e mapas de aptidão dos solos (Decreto-Lei n.º 73/2009, 2009). Alguns dos objetivos da RAN passam por: proteger e preservar o solo como suporte do desenvolvimento da atividade agrícola, contribuindo para tal, promover a competitividade dos territórios rurais, contribuindo para o ordenamento do território, assegurar o respeito das gerações atuais pelos valores a preservar de forma a garantir a existência de recursos às gerações vindouras, contribuir para a conectividade e a coerência ecológica da Rede Fundamental de Conservação da Natureza e adotar medidas cautelares, tendo em conta a importância de evitar situações que possam comprometer a preservação do solo a longo prazo (DGADR, n. d.).

### 4.2.4. Plantas de Ordenamento

Outro dos elementos fundamentais de um PDM é a planta de ordenamento do território do município. Esta representa o modelo de organização espacial do território municipal, tendo como principal objetivo a identificação, classificação e qualificação dos solos e das unidades operativas de planeamento e gestão definidas (UOPG). Assim, a classificação e a qualificação dos solos determinam o destino básicos dos terrenos, assentando na distinção fundamental entre solo rural e solo urbano, integrando-os nas respetivas categorias e subcategorias definidas pelo próprio município. Este processo revela-se importante no que toca ao aproveitamento dos solos em função da utilização dominante e das regras de ocupação, uso e transformação dos mesmos.

No âmbito da possibilidade de consulta por todos os membros da associação das plantas de ordenamento dos quatro municípios envolvidos e, tal como foi processado para as plantas de condicionantes, teve-se como principal objetivo a junção das quatro plantas de ordenamento num só projeto facilmente consultável e que tivesse em conta as principais categorias e subcategorias de cada tipo de solo definidas pelos próprios municípios. Para além da representação visual, foi ainda criado um sistema de classificação na forma de uma tabela de atributos que permitisse, não só a consulta simplificada de dados relativos a cada porção do território, mas também a categorização com a devida simbologia. A maior ou menor complexidade destas plantas varia sempre

entre os municípios e, por esse motivo, enquanto a planta de Matosinhos adotou uma simbologia simplificada que distingue de forma ampla os solos rústicos dos solos urbanos, as restantes obrigaram à criação de um sistema de simbologia bastante mais complexo. Por este motivo, e apesar da base do sistema de classificação ser a mesma, optou-se por criar uma camada individual para cada município. As principais fontes de informação para o processo foram os dados disponibilizados pela base de dados do *Masterplan* e as respetivas plantas de ordenamento de cada município para referência, dado que alguns dos dados se encontram desatualizados.

Observando as tabelas de atributos das plantas de ordenamento disponibilizadas na base de dados, destaca-se o facto do teor da informação disponibilizada ser muito reduzida, limitando-se apenas à classificação de cada objeto conforme a dos planos diretores através de um campo designado por "*layer*". Não obstante, no âmbito de criar um sistema de classificação categorizado, foram criados, para as novas camadas, três campos destinados à classificação quanto ao tipo de área, espaço e solo que cada objeto representa (Tabela 1). No caso da planta de Matosinhos, a classificação reduziu-se apenas ao tipo de solo e ao tipo de espaço. Desta forma, foi possível a criação de uma simbologia multinível e dependente da forma como cada um destes campos é preenchido. De forma semelhante às outras camadas poligonais, foram criados campos geográficos e cartográficos de localização relativos ao município à freguesia e à planta (quando aplicável) de cada objeto, assim como um campo referente à sua dimensão (em $m^2$) e um destinado a observações. Como um atributo

Tabela 1: listagem de todas opções de preenchimento dos campos reativos ao tipo de áreas. Todas as categorias foram retiradas da simbologia das plantas de ordenamento disponibilizadas pelos próprios municípios. Apesar de terem um significado semelhante, a utilização dos termos "solo rural" e "solo rústico" varia de Município para Município.

| Tipologia de áreas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| id | Descrição | id | Descrição | id | Descrição |
| 1 | Áreas agrícolas fundamentais | 16 | Áreas de habitação unifamiliar - HU2 | 31 | Verdes de valor patrimonial e paisagístico |
| 2 | Áreas agrícolas complementares | 17 | Áreas de habitação sem tipologia dominante | 32 | Linhas de água ocultas (traçado provável) |
| 3 | Áreas florestais de proteção | 18 | Áreas de equipamentos | 33 | Ecopista |
| 4 | Áreas florestais de produção | 19 | Áreas de equipamentos previstos | 34 | Rede viária prevista |
| 5 | Áreas florestais de recreio e lazer | 20 | Áreas de infraestruturas especiais | 35 | Património edificado |
| 6 | Espaços naturais | 21 | Áreas de infraestrturas especiais previstas | 36 | Exploração de recursos geológicos |
| 7 | Aglomerados rurais | 22 | Áreas de atividades terciárias | 37 | Cemitérios |
| 8 | Central de incineração de resíduos sólidos (CI) | 23 | Áreas de indústria e armazenagem | 38 | Espaços residenciais do tipo I |
| 9 | Infra-estruturas de tratamento de águas residuais (IT) | 24 | Áreas verdes de utilização coletiva | 39 | Espaços residenciais do tipo II |
| 10 | Polo de artes e ofícios (AO) | 25 | Áreas verdes de proteção aos recursos naturais | 40 | Espaços urbanos de baixa densidade (BD) |
| 11 | Áreas centrais | 26 | Áreas verdes de enquadramento | 41 | Áreas de floresta principal |
| 12 | Áreas de habitação coletiva consolidada | 27 | Áreas verdes mistas | 42 | Áreas de floresta multifuncional |
| 13 | Áreas de habitação coletiva - HC1 | 28 | Estrutura ecológica em solo rural | 43 | Espaços residenciais do tipo III |
| 14 | Áreas de habitação coletiva - HC2 | 29 | Espaço canal | 44 | Espaços residenciais do tipo IV |
| 15 | Áreas de habitação unifamiliar - HU1 | 30 | Unidades operativas de planeamento e gestão (UOPG) | 45 | Áreas turísticas |
| **Tipologia de espaços** | | | | **Tipologia de solos** | |
| id | Descrição | id | Descrição | id | Descrição |
| 1 | Espaços agrícolas | 9 | Outros | 1 | Urbano |
| 2 | Espaços florestais | 10 | Espaços naturais | 2 | Rural |
| 3 | Espaços destinados a equipamentos de outras estruturas | 11 | Aglomerados rurais | 3 | Rústico |
| 4 | Espaços centrais | 12 | Espaços urbanos de baixa densidade | | |
| 5 | Espaços residenciais | 13 | Espaços de atividades económicas e estrutura verde urbana | | |
| 6 | Espaços de uso especial | 14 | Espaços de logística | | |
| 7 | Espaços de atividades económicas | 15 | Áreas urbanas disponíveis a consolidar (AUDAC) | | |
| 8 | Espaços verdes | 16 | Espaços de exploração de recursos | | |

extra de identificação, foi criado um campo "designação" com o intuito de nomear objetos específicos, tais como parques verdes e equipamentos. Finalmente, um campo

"*layer*" semelhante ao da camada da base de dados permite a identificação da origem do objeto e do seu nome original.

No que toca à hierarquia da simbologia, os solos representam o primeiro nível hierárquico, sendo criado um terceiro nível sem filtro dedicado às tipologias que podem ser encontradas em solos rurais e solos urbanos (Figura 6). Como segundo nível de classificação, foi utilizada a tipologia de espaços e como nível final, a tipologia de áreas. Tal como mencionado anteriormente, foi necessária uma simplificação do sistema para a carta de ordenamento da Maia, sendo apenas utilizados os dois primeiros níveis.




Figura 6: exemplo de simbologia construída para as plantas de ordenamento dos Municípios da Maia e de Matosinhos, com base em três tipologias básicas: solo, espaço e área, sendo que cada uma representa um nível hierárquico diferente. A planta de Matosinhos recorre apenas aos dois primeiros níveis hierárquicos devido ao seu formato simplificado. A simbologia utilizada para os restantes municípios é semelhante à da Maia, com diferenças nas nomenclaturas e no número de classes

Desta forma, as plantas dos quatro municípios tornaram-se interligadas, mantendo uma simbologia constante e mais ou menos fiel (quando possível) às plantas de ordenamento apresentadas no PDM, criando um sistema de consulta simples e intuitivo, capaz de

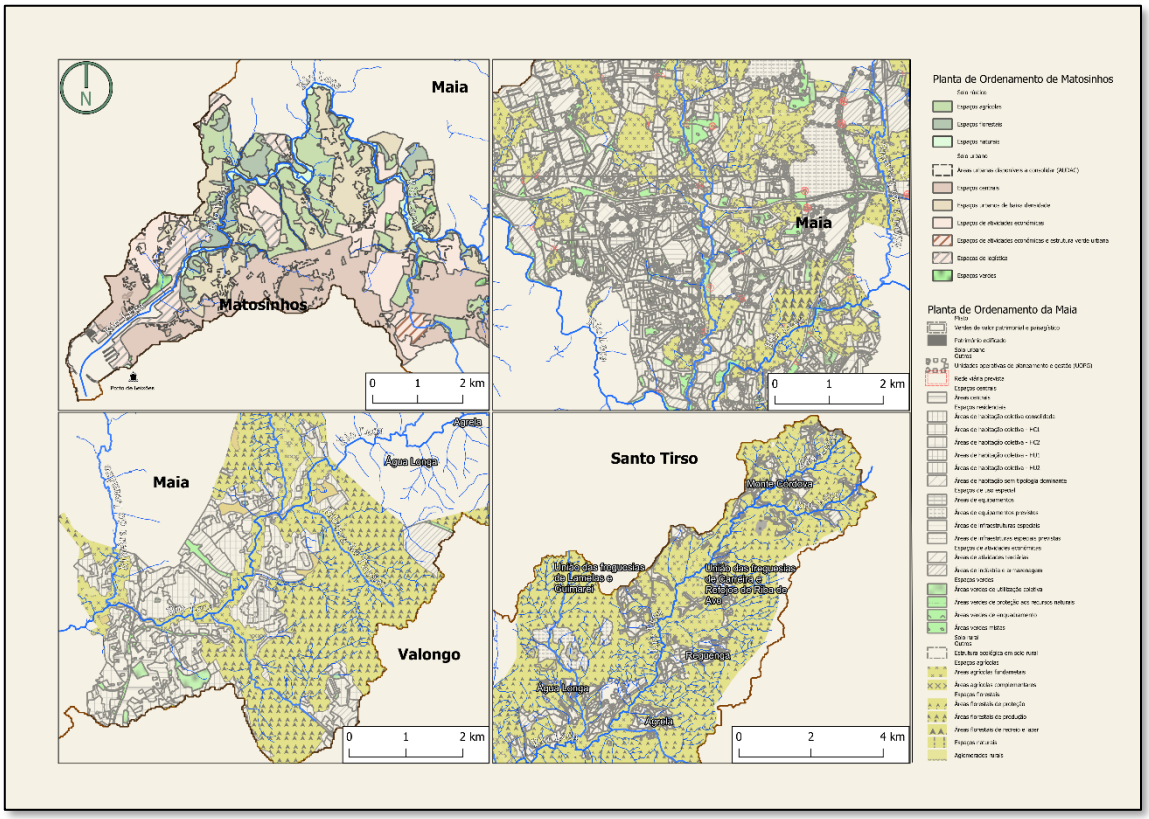



Figura 7: layout representativo das quatro plantas de ordenamento dos municípios inseridos na bacia do Rio Leça. Embora a legenda só se refira aos Municípios da Maia e de Matosinhos, o sistema hierárquico dos símbolos dos restantes segue mais ou menos a mesma lógica, diferenciando-se apenas no nome e no número de classes.

levar o utilizador a fazer uma filtragem por Município, Freguesia ou classe de solo (Figura 7).

### 4.2.5. Águas residuais

Apesar de aparentemente isolado do sistema fluvial, uma rede de saneamento bem estabelecida e que respeite todas as normas ambientais depende fortemente de grandes linhas de água, na medida em que um dos principais objetivos destas redes é a “reabilitação” das águas residuais para posterior libertação no meio natural. Libertação essa que pode ser feita na rede fluvial ou no oceano, através de emissários. Contudo, antes de chegar a essa fase, estas águas perfazem o percurso que vai desde as casas dos habitantes até às ETAR´s através de uma infraestrutura complexa que faz uso da gravidade (na sua grande parte) para as fazer circular.

Dito isto, a camada referente ao circuito de águas residuais presente na base de dados do *Masterplan* foi elaborada através de um levantamento extensivo realizado nos municípios de Matosinhos e Maia, pelo estes dois são os únicos que apresentam estes dados. No entanto, os cadastros dos dois municípios foram suficientes, não só para

entender o funcionamento de uma rede de saneamento, no geral, mas também para entender a sua dinâmica com o Rio Leça. Como todas as redes de grande escala, esta é essencialmente composta por oito elementos:

- caixas de ramal;
- caixas de visita;
- tubagens de ramal;
- coletores;
- estações elevatórias da rede em baixa;
- estações elevatórias da rede em alta
- condutas elevatórias da rede em baixa;
- condutas elevatórias da rede em alta;
- ETAR´s;
- emissários.

O funcionamento da rede pode ser divido entre dois tipos de sistemas: em baixa e em alta. O percurso das águas tem início na rede em baixa, mais especificamente, nas caixas e tubagens de ramal, onde depois viaja através de caixas de visita, coletores e estações elevatórias (quando necessário o transporte para um local mais elevado), passando para a rede em alta através de emissários que as levam até às ETAR´s e depois das mesmas até aos locais de descarga na linha de água ou no oceano. Assim, para a camada referente ao sistema de transporte de águas residuais optou-se pela aplicação de uma simbologia que, não só permitisse a distinção clara de cada elemento da infraestrutura, como também da direção do fluxo das águas, juntamente com uma visualização baseada em escala, de forma a evitar demasiado ruído visual a escalas mais reduzidas.

### 4.2.6. Águas pluviais

Semelhantemente às infraestruturas de águas residuais, os sistemas de águas pluviais estão intrinsecamente ligados às linhas fluviais do Leça, na medida em que a escorrência das águas através de linhas subterrâneas termina sempre nas linhas de água. Assim, tal como as anteriores, estas são compostas por vários elementos, nomeadamente:

- caixas de visita;
- aquedutos;
- coletores;

- passagens hídricas;
- valetas.

Na base de dados do *Masterplan* encontram-se apenas dados referentes ao município da Maia. Para além das infraestruturas já existentes, estão também assinalados futuros projetos. De uma forma geral, esta camada aparenta ser apenas um esboço da rede, tendo em conta que apresenta várias incoerências no que toca às geometrias, às ligações e às direções das tubagens, que se encontram indicadas por uma camada extra. Mesmo assim, é possível ter uma vaga ideia de como toda a rede opera no município da Maia.

### 4.2.7. Pontos críticos

De maneira a identificar situações críticas ao longo das margens do Leça, foi criada uma camada que permitisse, não só fazer o registo digital das ocorrências, mas também o seu registo fotográfico. Dentro dos atributos criados, utilizou-se o mesmo sistema de localização geográfica das camadas anteriores, juntamente com as coordenadas X e Y específicas de cada ponto (no sistema ETRS89). Foi ainda criado um sistema de classificação de criticidade que se divide entre “muito baixo”, “baixo”, “moderado”, “alto” e “muito alto” e um campo de verificação que indica se a situação se encontra ou não resolvida. Por fim, foram criados dois campos de datas: um com a data da criação do tempo e outro com a data da atualização do seu estado. Um campo dedicado aos registos fotográficos permite o registo de uma foto de objeto e uma foto de enquadramento.

### 4.2.8. Árvores de grande porte

Quer em ambientes com maior biodiversidade, quer em espaços altamente urbanizados, os espaços verdes naturais são um elemento paisagístico natural fundamental, pois, não só reduzem a temperatura e melhoram a qualidade do ar, de meios onde o cimento e o betão são dominantes, como proporcionam um abrigo e um meio de árvores, plantas, fungos e animais subsistirem, representando assim uma ferramenta importante na melhoria da qualidade de vida dos residentes em meios urbanos. No âmbito da sua proteção, existem já várias iniciativas como a do Carbono Biodiverso, que engloba vários projetos promovidos pela Associação Verde, aliando o registo e a valorização de árvores de grande porte à sua plantação e à regeneração de grandes áreas verdes (VERDE Associação, n. d.c). Sediada em Lousada, esta

associação sem fins lucrativos tem como principal objetivo a "integração da conservação e da regeneração da natureza no dia-a-dia dos portugueses", objetivo esse que é conseguido através de projetos como o dos Gigantes Verdes, no qual a fundação da associação de inspirou (VERDE Associação, n. d.b).

Lançado por João Gonçalo Soutinho em 2018, o projeto Gigantes verdes tem como principal objetivo a identificação e a preservação de árvores de grande porte, mais especificamente, árvores que possuam um perímetro à altura do peito (PAP) superior a 1,5 m e uma altura superior a 1, 3 m. Desde o seu início, o projeto envolveu as comunidades locais na conservação da floresta nativa portuguesa, promovendo a formação de "Embaixadores de Gigantes Verdes", isto é, cidadãos capacitados para mapear, caraterizar e monitorizar as árvores das suas regiões. Com o apoio do Programa EDP (Energias de Portugal) Energia Solidária, o projeto expandiu-se para vários concelhos do Norte e Centro de Portugal, incluindo Felgueiras, Paços de Ferreira, Paredes, Penafiel, Fornos de Algodres, entre vários outros. Esta expansão permitiu a capacitação de mais embaixadores e a dinamização de ações de valorização do património natural (VERDE Associação, n. d.a).

O cadastro de árvores é levado a cabo pelos embaixadores através de uma aplicação móvel designada por Mergin Maps®, uma aplicação semelhante ao Qfield que permite o registo vetorial e fotográfico numa base de dados ligada a um servidor que permite a sincronização instantânea de dados registados por diferentes utilizadores. Assim, a Verde construiu um projeto online com o objetivo de caraterizar de forma detalhada as principais caraterísticas das árvores e dos respetivos micro-habitats que delas dependem, nomeadamente:

- a espécie;
- as suas dimensões (perímetro do tronco, altura e largura da copa);
- o estado da árvore (saudável, com problemas, morta ou cortada);
- o tipo de propriedade em que se encontram (pública ou privada);
- o risco aparente a que está sujeita (incêndio, proximidade de estradas ou infraestruturas, vandalismo, podas ou ataques de agentes biológicos);
- micro-habitats (52 tipologias, divididas por 16 grupos e 7 formas).

Relativamente a estes últimos, a sua complexidade reflete-se no elevado número de tipologias disponíveis, incluindo algumas inexistentes em território português. Tal como foi referido, esta categorização distribui-se por sete grandes classes:

- Cavidades:
    - Pica-paus;

    - Aprodecimento;
    - Galerias de insetos;
- Feridas em árvores e madeira morta:
    - Concavidades;
    - Alburno exposto;
    - Alburno e cerne exposto;
- Madeira morta na copa:
- Excrescências:
    - Emaranhados de galhos;
    - Galhas;
    - Tumores;
- Frutos, fungos e mixomicetos:
    - Fungos perenes;
    - Fungos e mixomicetos;
- Estruturas Epífitas e Epixílicas:
    - Criptógamas e fanerógamas epífitas e parasitas;
    - Ninhos;
    - Microssolos;
    - Escorrências.

Abaixo destas classificações, as estruturas são categorizadas e classificadas quanto à sua tipologia e dimensão, totalizando 52 sub-classes de micro-habitats.

A presença de ecossistemas dependentes de árvores de grande parte representa uma mais-valia em ambientes como os das margens do Leça, visto que a mesma se reflete em caraterísticas como o sequestro de carbono e a produção simultânea de oxigénio, a remoção de poluentes do ar, o arrefecimento e o enriquecimento orgânico dos solos, a proteção contra cheias juntamente com o enchimento de aquíferos e o albergue de centenas de seres vivos. Mais do que valores ecológicos, estas estruturas naturais revelam também um valor paisagístico importante, contribuindo para a melhoria significativa da qualidade de vida das populações. Neste sentido, e com base no projeto desenvolvido pela VERDE, foi desenvolvida uma metodologia de cadastro semelhante para os guarda-rios, com o foco apenas nas caraterísticas básicas das árvores e num espetro de micro-habitats menos amplo e simplificado. Desta forma, foi possível dar início a um processo de monitorização e preservação de árvores de grande porte especificamente na área de intervenção do *Masterplan*.

Para tal, foram criadas duas camadas: uma relativa ao cadastro de árvores e outra destina-se a delimitar as áreas de intervenção. Os parâmetros de seleção desta última tiveram por base a acessibilidade dos locais por parte dos guarda-rios e a abundância de vegetação arbórea, sendo que, para a parte prática deste projeto, apenas foi realizado o levantamento de uma delas, por motivos de práticos.

Relativamente à primeira, os parâmetros de caraterização inicial da árvore criados passaram pela criação de um campo de identificação numérica por id único, uma data de registo e uma de atualização e quatro campos relativos à sua localização geográfica que incluem, não só o município e a freguesia, mas também as suas coordenadas e o tipo de solo que a envolve, segundo a classificação proposta pela Carta de Ocupação do Solo (COS) de 2024, que se divide atualmente nas seguintes categorias presentes ao longo das margens do Leça e ribeiras afluentes (DGT, 2024):

- Solo artificializado;
- Culturas anuais de outono/inverno;
- Outras áreas agrícolas;
- Plantações de Eucalipto;
- Outras folhosas;
- Plantações de pinheiro-bravo;
- Matos;
- Vegetação herbácea espontânea;
- Superfícies sem vegetação;
- Superfícies aquosas.

Semelhantemente aos campos relativos ao município e à freguesia, também este é preenchido de forma automática, conforme a sobreposição da camada de pontos à camada vetorial da COS obtida através da vetorização poligonal do ficheiro *raster* retirado do *website* da DGT.

Avançando para a classificação, optou-se por caraterizar as árvores quanto à espécie, à sua origem (nativa, exótica ou invasora), ao seu estatuto de proteção e ao estatuto de ripícola ou não. Este processo foi automatizado, consoante a seleção da espécie dentro de uma lista de espécies arbóreas existentes em território nacional. De seguida, é feito o inquérito quanto às suas dimensões, mais especificamente, ao PAP, ao diâmetro médio do tronco (que é calculado através do PAP), à sua altura e ao diâmetro da copa. Estes dois últimos foram convertidos num campo seleção de intervalos de valores de maneira a tornar o trabalho de medição mais expediente, sendo divididos em intervalos de 5 e 10 m (5 – 10 m, 10 – 20 m, 20 – 30 m, 30 – 40 m e 40 –

50 m). No mesmo separador, encontra-se ainda a avaliação da condição de saúde da árvore que inquere sobre o seu estado (saudável, com problemas, morta ou cortada), a presença de sinais de doença e a existência de micro-habitats. Um campo extra identifica se árvore se encontra fora do alcance, sendo impossível a sua medição.

Assinalando a caixa de verificação dos micro-habitats, surge um novo separador com uma listagem de múltipla seleção destinada a identificar micro-habitats básicos, divididos entre várias classes e sub-classes:

- Cavidades:
  - Pica-paus;
  - Buraco de apodrecimento;
  - Galeria de insetos;
- Feridas e fissuras:
  - Ferida de fogo;
  - Ferida de relâmpago;
  - Fissuras;
  - Perda de casca;
- Madeira morta:
  - Ramos mortos;
  - Topo morto;
  - Ramos quebrados;
  - Tronco quebrado;
- Excrescências e deformações;
  - Galhas;
  - Emaranhados;
  - Tumores;
- Fungos e parasitas:
  - Fungos;
  - Musgos;
  - Líquenes;
  - Heras e lianas;
- Estruturas e sub-habitats;
  - Ninhos;
  - Microssolos.

Desta forma, foi possível reduzir as classes de micro-habitats a apenas seis classes e 20 subclasses. Semelhantemente à camada criada para os pontos críticos, foram ainda

criados dois campos respetivos ao registo fotográfico destinados a inserir uma foto de enquadramento e uma foto de objeto, juntamente com um campo destinado a observações.

### 4.2.9. Plantas invasoras

Como índice importante de biodiversidade, foi desenhada uma camada única e exclusivamente dedicada à identificação de núcleos de espécies de plantas invasoras ripícolas. Contrariamente às espécies de caráter exótico, as espécies invasoras, também de origem exterior ao território nacional, não são capazes de coexistir com as espécies nativas de forma equilibrada, apresentando comportamentos de crescimento excessivo e prejudicial às mesmas. Com isto, a classificação é atribuída a plantas cuja propagação se afaste dos locais onde foi inicialmente introduzida, quer no espaço, quer no tempo, independentemente do grau de perturbação do meio, isto é, em mais de 100 m, em menos de cinquenta anos, para espécies dispersas por sementes ou outros propágulos; mais de 6 m a cada três anos, para espécies com reprodução vegetativa, por estolhos, rizomas, partes de raízes, ou outros, atingindo assim grandes densidades e promovendo alterações ambientais e socioeconómicas negativas, na sua maioria (Plantas Invasoras em Portugal, 2020).

O (Decreto Lei nº 92/2019, 2019) criou uma lista extensiva de espécies exóticas com comportamentos invasores, a qual se encontra explicita num dos anexos, e que foi utilizada como parte integrante da camada criada. Esta lista inclui, não só as espécies em território nacional, como também as encontradas nas Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores, “em relação às quais existe informação científica e técnica que permite classificá-las como invasoras”. A um nível mais global, a lista inclui ainda espécies invasoras ou consideradas de risco ecológico em normas de âmbito nacional ou em instrumentos internacionais ratificados por Portugal, incluindo espécies sinalizadas pelo Conselho Europeu.

Segundo o mesmo diploma legal, a inclusão de uma espécie na lista anexada impede as seguintes ações sobre a mesma:

- a introdução na natureza ou o seu repovoamento;
- a detenção cedência, compra, venda, oferta de venda, transporte, cultivo, criação ou utilização ornamental;
- a devolução à natureza de espécimes colhidos no exercício de atividades reguladas.

Neste sentido, a camada desenhada apresenta-se mais simplificada do que a criada para o cadastro de gigantes verdes, tendo como principal objetivo avaliar a propagação de espécies arbustivas e arbóreas invasoras, através da medição do seu raio de propagação (que é calculado através da medição N-S e E-W), assim como da sua altura, raio esse que é representado à escala real pela simbologia circular definida. Semelhantemente à metodologia utilizada para o cadastro de gigantes verdes, a área de estudo selecionada é representada pelo troço de corredor verde entre a Ponte Moreira e a Ponte da Pedra.

No que toca à formatação da camada, foi criada uma camada poligonal com o intuito de se obter um valor quantitativo aproximado da área de propagação de cada núcleo de invasão. Como segundo valor quantitativo e qualitativo do crescimento deste tipo de espécies mediu-se ainda a altura máxima aproximada do núcleo. Para identificar cada espécie, foi utilizada a lista de espécies fornecidas pelo *website* mencionado anteriormente na criação de uma tabela ligada à camada através de uma relação de valor.

# 5. Resultados

Um projeto como este, centrado na intervenção ambiental e patrimonial tende a focar-se numa região ou área específica, sendo estabelecidos limites de intervenção. Neste caso e, tal como referido nos capítulos introdutórios, essa mesma área está limitada aos contornos da pequena bacia hidrográfica do Rio Leça, segundo os dados disponibilizados pelo SNIAmb. Neste capítulo, e como forma de demonstrar o resultado do pós-processamento efetuado aos dados disponibilizados pelo *Masterplan*, será feita uma caraterização morfológica da bacia principal e das sub-bacias que a compõe, isto é, das suas dimensões e do seu formato. A métrica adotada para esta avaliação foi o índice de circularidade (*IC*), que estabelece uma relação matemática entre a área (*A*) e o perímetro (*p*) da bacia (Equação 1):

Equação 1

$$IC = \frac{4\pi \times A}{P^2}$$

(Cardoso et al., 2006) explica que o IC tende para 1 à medida que a bacia se aproxima de um formato circular e diminui quanto mais alongada esta for, acrescentando que, em

bacias circulares, a propensão a chuvas mais intensas e concentradas é maior, assim como o ritmo do escoamento das águas, o que leva a um aumento da suscetibilidade a cheias. Em bacias mais alongadas, o autor explica que a precipitação tende a ser mais distribuída por diferentes pontos, o que, apesar de contribuir para uma amenização da sua intensidade, provoca uma maior variabilidade nos níveis de escoamento.

É importante referir que todas as métricas referentes à hidrografia e morfologia da bacia foram diretamente retiradas do projeto construído em QGIS, sendo que todas as camadas e modelos digitais nele incluídos se encontram georreferenciados segundo o sistema de coordenadas português EPSG: 3763 – ETRS89/Portugal TM06 (*European Petrolean Survey Group*; *European Terrestrial Reference System*; *Transverse Mercator*).

## 5.1. Hidrografia

Tendo como principal local de nascente o Lugar do Redundo, na pequena povoação de Monte Córdova, parte do concelho de Santo Tirso, o Rio Leça nasce a cerca de 475m de altitude, mantendo, predominantemente, uma orientação NE-SW (Nordeste-Sudoeste), ao longo de um percurso de aproximadamente 52 km que atravessa quatro concelhos da Área Metropolitana do Porto (AMP): Santo Tirso, Valongo, Maia e Matosinhos, classificando-se como um "Rio do Norte de Média-Grande Dimensão", segundo os trâmites estabelecidos pelo Instituto da Água (INAG). A linha de água possui ainda uma segunda nascente, situada a cerca de 437 m de altitude no Lugar de Cabanas, na mesma freguesia da anterior. A sua bacia encontra-se integrada na Região Hidrográfica dos Rios Cávado, Ave e Leça (RH2), estendendo-se ao largo de uma área de cerca de 191 $km^2$ e 127 km de perímetro. Estes valores conferem-lhe um índice de circularidade de 0.148, ou seja, um formato bastante alongado e uma baixa propensão a cheias. Confronta-se a N (Norte) com a bacia hidrográfica do Ave e é rodeada a E (Este) e a S (Sul) pela imponente bacia do Douro e a W (Oeste) pelo Oceano Atlântico (Figura 8). Afluentes à linha principal, inserem-se ainda oito pequenas Ribeiras:

- Ribeira de Picoutos (6,304 km);
- Ribeira do Arquinho (11,855 km);
- Ribeira do Leandro (9,937 km);
- Ribeira de Cabeda (3,093 km);
- Ribeira de Tabãos (2,627 km);
- Ribeira da Junqueira (4,506 km);

- Ribeira do Pizão (6,494) km);
- Ribeira da Balinha (3,142 km).

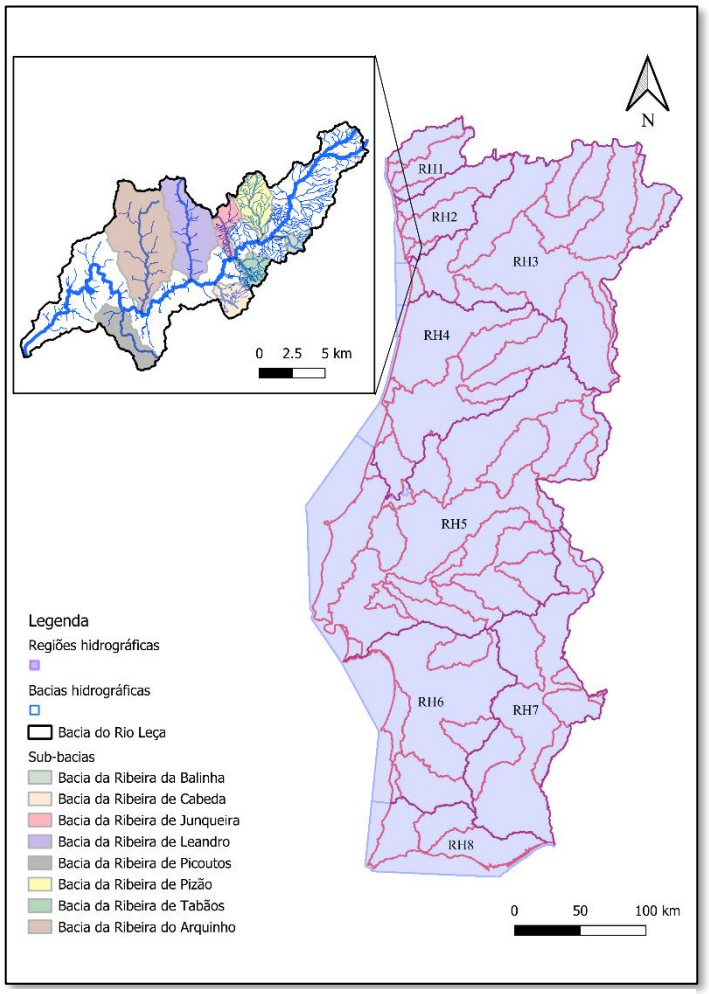



Figura 8: localização geográfica da bacia hidrográfica do Rio Leça e respetivas sub-bacias.

### 5.1.1. Ribeira de Picoutos

Nascendo de uma pequena área verde no lugar da areosa, a sensivelmente 145 m de altitude, situada na Freguesia de Paranhos, Concelho do Porto, esta pequena ribeira perfaz um percurso de cerca de 6 km, atravessando um meio densamente urbanizado até desaguar no Leça a cerca de 38 m de cota, já no concelho de Matosinhos. A sua bacia cobre uma área de cerca de 9,4 km$^2$ ao longo de um perímetro de cerca de 43 km e uma largura média de 0,22 km, apresentando assim um índice de circularidade de 0.258, o que lhe confere um formato bastante alongado. Apesar da sua presença num meio altamente urbanizado e impermeabilizado, o seu formato e a escassez de afluentes tornam a suscetibilidade a cheias praticamente nula.

### 5.1.2. Ribeira do Arquinho

Avançando mais para montante, encontra-se a ribeira do Arquinho. Esta tem origem no Lugar de Barrosa, Freguesia de Coronado, Concelho da Trofa, a cerca de 150 m de cota, perfazendo um total de cerca de 12 km até desaguar no Lugar de Terramonte, Freguesia de Águas Santas, a uma cota de 40 m. A sua bacia apresenta-se com uma área total de cerca de 33 km$^2$, um perímetro de 36.4 km e uma largura média de 0.18 km, resultando num índice de circularidade de 0,318. Estes valores traduzem-se numa formatação mais alongada da bacia, o que, à partida, se traduz num reduzido risco de cheia.

### 5.1.3. Ribeira de Leandro

Logo a seguir, encontra-se a ribeira de Leandro, a nascer a uma cota de 160 m, no Lugar de Seixinho, Freguesia do Coronado, Município da Trofa. Estendendo-se ao longo de quase 10 km, vai desaguar ao Leça, na Freguesia de Ermesinde, a uma cota de cerca de 75 m, mais propriamente nas imediações do Parque Socer. Está assim inserido numa bacia com uma área aproximada de 20 km$^2$, um perímetro de quase 30 km e um índice de circularidade de 0,285 e um aparente risco reduzido de cheias.

### 5.1.4. Ribeira de Cabeda

A Ribeira de Cabeda nasce a uma cota de 152 m, na Freguesia de Valongo, perfazendo um percurso de pouco mais de 3 km até desaguar no Lugar de Rapadas, a 82 m de altitude, inserindo-se numa pequena bacia de 5,5 km$^2$, 12,9 km de perímetro e um índice de circularidade de 0,412, sendo esta a bacia com o formato mais arredondado e a mais suscetível a erosão hídrica e enchentes.

### 5.1.5. Ribeira de Tabãos

Mais a norte e a uma altitude de quase 173 m, na Freguesia de Alfena, Município de Valongo, nasce a pequena Ribeira de Tabãos, que se apresenta com uma extensão de 2,6 km, tendo o seu término a uma cota de 90 m, no Lugar de Pedrouços, situado na mesma localidade. Drenando a bacia mais pequena, esta apresenta-se com uma área de 4,3 km$^2$, um perímetro de 13,85 km e um índice de circularidade de 0,28.

### 5.1.6. Ribeira da Junqueira

A NW (Noroeste) da anterior, situa-se a bacia da Ribeira da Junqueira, nascendo a uma cota de 184 m, perto do Marco Geodésico do Gonçalão, na Freguesia de Folgosa, Concelho de Valongo, percorrendo um traçado de cerca de 4,5 km até afluir a uma cota de 90 m no Parque de S. Lázaro, em Alfena. Esta pequena linha de água insere-se numa bacia com cerca de 5,34 $km^2$ e um perímetro de quase 17,6 km, contabilizando assim um índice de circularidade de 0,217, comprovado pelo seu aspeto bastante alongado.

### 5.1.7. Ribeira do Pizão

A E da Junqueira está localizada a terceira maior sub-bacia do conjunto hidrográfico do Leça. A Ribeira do Pizão nasce no seio de um grande eucaliptal, a uma altitude de 268 m, localizado no lugar de Costa do Pinto, Freguesia de Guimarei, Santo Tirso, perfazendo um corredor de 6,5 km até convergir com o Leça no Lugar de Pidre, Freguesia de Água Longa, a uma cota de 105 m. A bacia apresenta-se com uma área de pouco mais de 10 $km^2$ e um perímetro de mais de 20 km, o que lhe confere um índice de circularidade de 0.319.

### 5.1.8. Ribeira da Balinha

Por fim, a SW (Sudoeste) do Pizão, está situada a bacia principal mais a montante das oito subsecções encontradas dentro da bacia principal. Tal como a anterior, a Ribeira da Balinha tem a sua origem num eucaliptal, mais especificamente, localizado a 241 m de altitude, no Lugar do Alto da Pedrada, Freguesia de Agrela, Santo Tirso, a partir de onde faz um percurso de 3,1 km até ao Leça, desaguando no Lugar de Arcozelo, Freguesia de Água Longa, a uma altitude de 115 m. Com área mais reduzida, pouco superior a 2 $km^2$ e um perímetro de 11,6 km, o que resulta num índice de circularidade de 0,2 e uma formatação pouco uniforme e pouco suscetível a cheias.

Aliando todas as componentes da bacia a um relevo moderadamente crescente e menos urbanizado à medida que se avança para montante, encontram-se assim ao longo de quase 200 $km^2$ mais de 431 km de percursos fluviais que se propagam por declives relativamente suaves e locais aparentemente pouco propícios à ocorrência de

cheias (Figura 9), aspetos esses que serão analisados mais aprofundadamente num dos próximos subcapítulos.

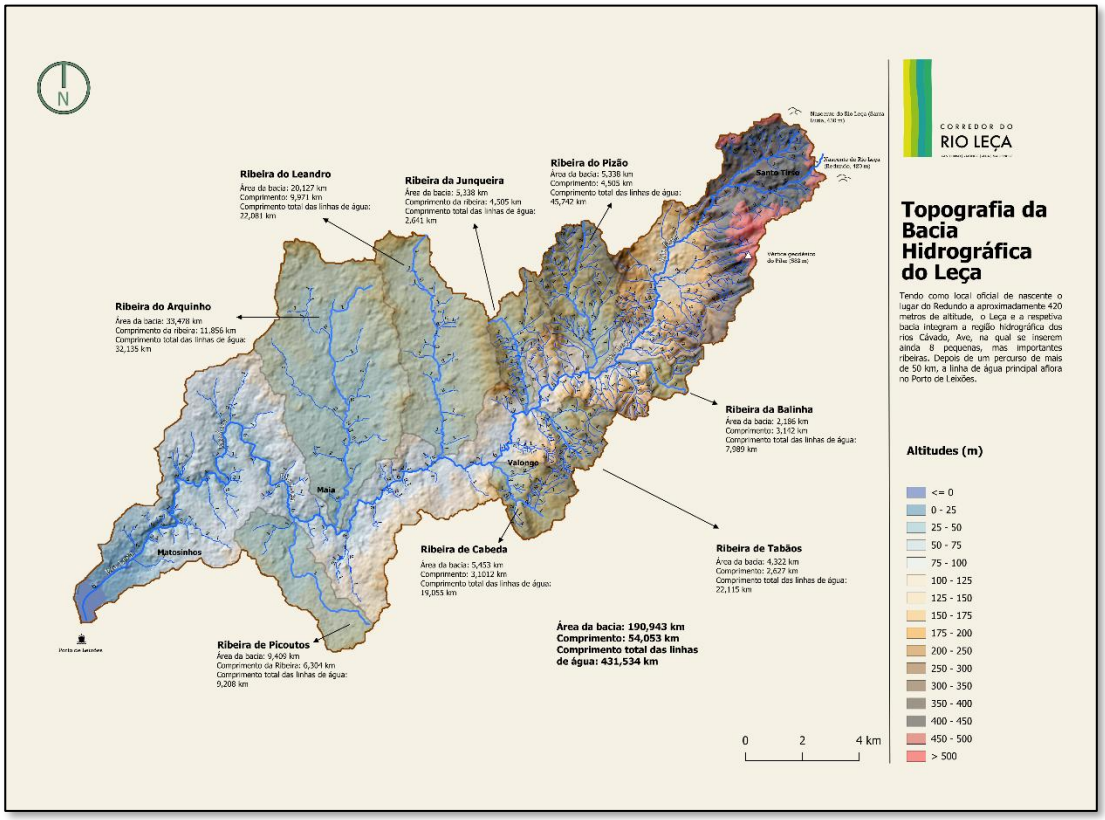



Figura 9: *layout* criado para representação das principais sub-bacias inseridas na bacia do Rio Leça. As mesmas encontram-se destacadas pelo sombreado verde, estando integradas com as curvas de nível obtidas através de um modelo digital de terreno de toda a área da bacia

## 5.2. Caraterização geológica

Caraterizando geologicamente a área de estudo a um nível mais geral, sabe-se que o distrito do Porto se enquadra no Maciço Ibérico, uma megaunidade que cobre cerca de dois terços do território nacional e que é composto, em parte, por um soco Varisco formado por rochas magmáticas essencialmente granitoides orogénicas e rochas metassedimentares. Semelhantemente ao ciclo de Wilson, a fase Varisca também pode ser vista como um ciclo composto por cinco momentos essenciais: um período de sedimentação, o desenvolvimento de dois oceanos (*Reic e Prototethys*), o seu encerramento, um período colisional e o desenvolvimento de magmatismo essencialmente granítico. Esta dinâmica possibilitou a divisão do maciço em cinco zonas paleogeográficas e tectónicas que, embora permaneçam constantes na sua estrutura, apresentam caraterísticas geotectonestruturais diferentes (Pacheco, 2014), estando estas representadas na Figura 10:

- Bacias Continentais e de margem continental (1);
- Orlas Meso-Cenozóicas (2);
- Cadeias Alpinas (3);
- Maciço Ibérico (4);
- Maciços alóctones da Galiza e Trás-os-Montes (5).

Que, por sua vez, se distribuem ao longo de seis zonas fundamentais:

- Zona Cantábrica (ZC);
- Zona Asturocidental Leonesa (ZAOL);
- Zona da Galiza e Trás-os-Montes (ZGT);
- Zona Centro-Ibérica (ZCI);
- Zona de Ossa Morena (ZOM);
- Zona Sul-Portuguesa (ZSP).

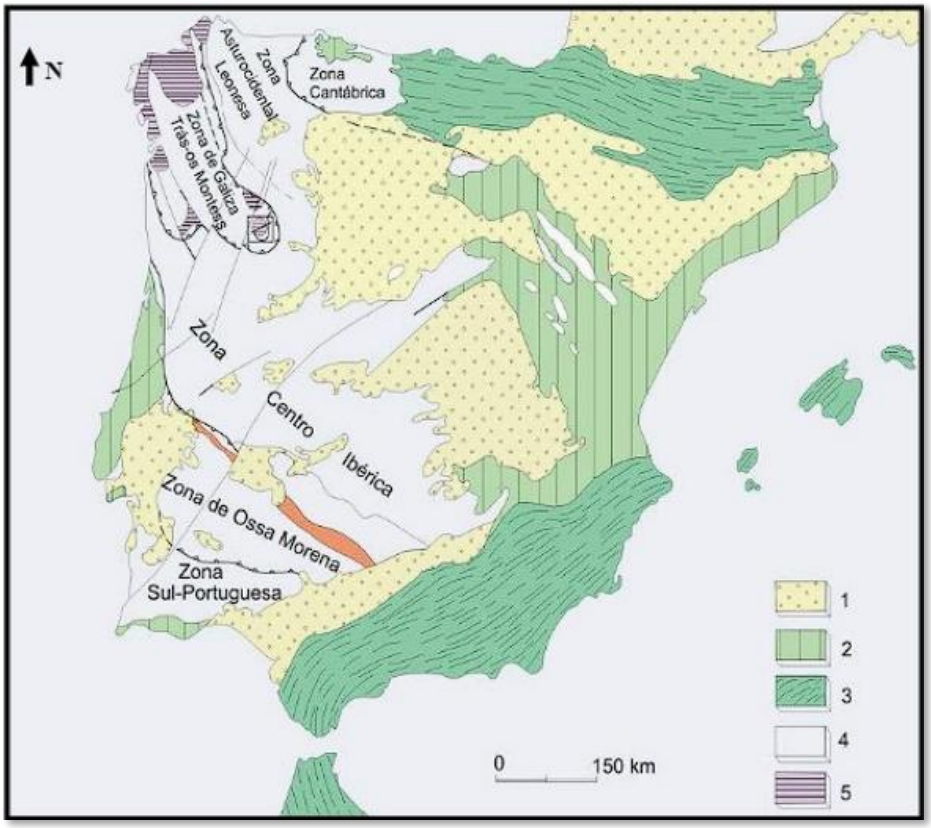



Figura 10: zonas paleogeográficas e tectónicas da Península Ibérica. Fonte: Fonseca (2019).

A área de estudo em questão vê-se enquadrada entre duas das unidades geológicas referidas acima: a ZCI e a ZOM. Separadas pelo cisalhamento Porto-Tomar, esta região vê-se afetada por uma complexidade geológica incomum afetada por litologias gnáissicas e metassedimentos de alto grau metamórfico. Assim, observando as quatro cartas geológicas onde a bacia se insere (Figura 11), são encontradas rochas

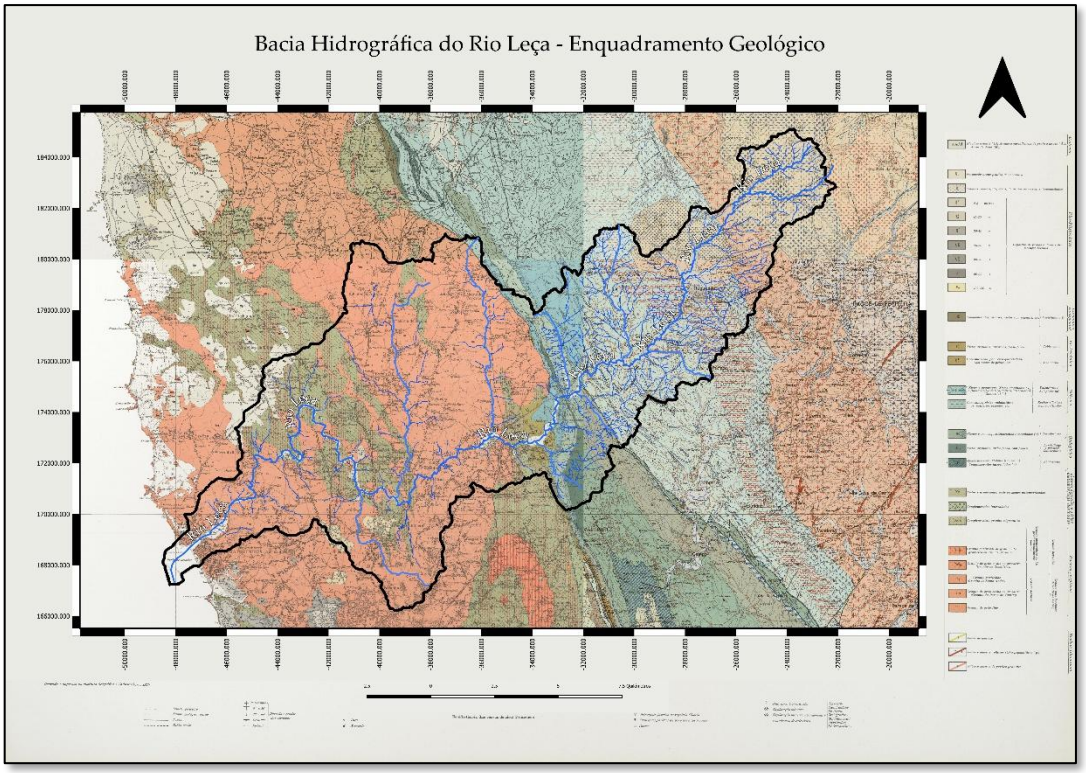



Figura 11:Layout criado para enquadramento da Bacia do Rio Leça nas quatro cartas geológicas da região Norte de Portugal: Póvoa de Varzim (09-A), Guimarães (09-B), Porto (09-C) e Penafiel (09-D).

metassedimentares associadas a ortognaisses cortados por rochas granitoides, num substrato rochoso de idades paleozoica e proterozoica, assentando maioritariamente sobre uma base litológica de granitos de grão grosseiro ou mé

dio a fino. Ao longo da bacia, ocorrem ainda depósitos de areias e cascalheira de praias antigas e alguns complexos xisto-grauváquicos e granito-migmatíticos associados a áreas rurais de maior produção agroflorestal (Pacheco, 2014).

Esta variação litológica reflete-se também no tipo de solos que cada sub-região da bacia apresenta, variando estes entre cambissolos húmidos de rochas eruptivas em substratos graníticos e cambissolos húmidos de xistos, associados a luviossolos com forte influência atlântica. Dito isto, sabe-se que os cambissolos presentes na área de estudo resultam da alteração de granitos, xistos e quartzitos e de algumas das rochas sedimentares mais argilosas. Os teores de matéria orgânica destes solos são elevados, o que lhes confere algum aptidão para usos agrícolas e um elevado potencial para usos florestais (E. Rio, Unipessoal Lda., 2021).

## 5.3. Caraterização biofísica

Dada a sua localização, a bacia hidrográfica do Leça é largamente afetada por correntes húmidas oriundas do atlântico, o que se reflete num clima moderado,

temperaturas amenas e teores relativos de humidade elevados, juntamente com precipitação abundante. Assim, o clima da região pode ser classificado como temperado marítimo, apresentando um período marcadamente seco no verão, com uma temperatura média de 22ºC no mês mais quente e um outono/inverno bem demarcado por precipitação recorrente entre os meses de outubro e abril (Agencia Estatal de Meteorología, 2011). Dito isto, a temperatura média anual varia entre os 12,5ºC e os 15ºC, resultado de uma atenuação das amplitudes térmicas pelo atlântico, o que também se reflete numa pluviosidade média anual a variar entre os 1000 mm e os 1200 mm, superior a 100 dias ao longo do vale do Leça e com valores compreendidos entre 75 e 100 dias de precipitação nas costeiras entre o Ave e o Leça, a norte. A humidade do ar situa-se entre os 80% e os 85%, no que toca a valores médios anuais (CM Matosinhos, 2024).

Apesar dos elevados teores de humidade, das temperaturas amenas e da extensão da estação das chuvas, o baixo-relevo da bacia do Leça confere-lhe uma reduzida propensão a cheias. Segundo (Velhas, 1991), as áreas com altitudes inferiores a 200 m representam cerca de 85% da área total da bacia, o que pode ser visualizado através do perfil obtido por meio dos MDT´s do projeto (Figura 12), estando o ponto mais alto representado pelo Marco Geodésico da Agrela, a cerca de 520 m acima do nível médio da água do mar. Os primeiros 20 km do Leça a montante do Porto de Leixões apresentam um perfil retilíneo com uma inclinação média de apenas 0,24%, sofrendo depois um aumento de 0,19% até aos 38 km e subindo até aos 5,3% nos últimos 7 km do percurso fluvial. Relativamente aos principais afluentes, as sub-bacias apresentam-se, de uma forma geral, com declives bastante suaves, embora estes cresçam conforme se avance em direção ao montante do Leça devido, não só ao relevo mais acidentado, mas também ao menor nível de urbanização que permite um escoamento mais natural das águas.

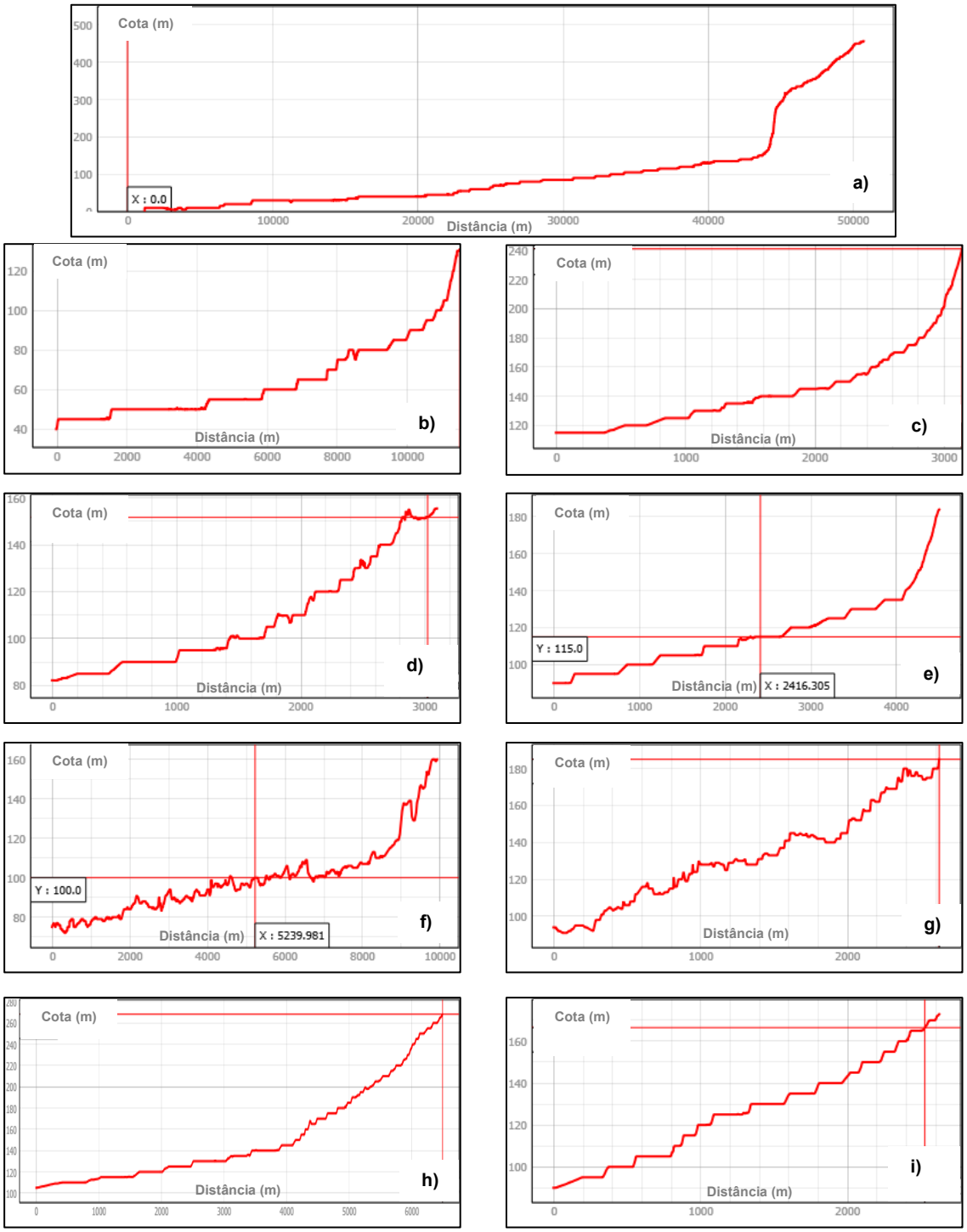



Figura 12: perfis obtidos a partir do MDT do *Masterplan* e da Missão SRTM para cada uma das principais linhas de água da bacia hidrográfica do Leça: a – Leça; b – Arquinho; c – Balinha; d – Cabeda; e – Junqueira; f – Leandro; g – Picoutos, h – Pizão; i – Tabãos.

De acordo com o trabalho desenvolvido por (Magalhães, 2001), a morfologia do terreno continental português assenta em dois grandes sistemas: sistema seco e sistema húmido, os quais se subdividem em quatro situações morfológicas:

- Zonas contíguas às linhas de água, mais aplanadas, e por onde escorrem e se acumulam as águas de escoamento superficial;
- Cabeços, superfícies planas e, por vezes, onduladas, resultantes da aplanação do litoral e da zona ribeirinha, com declives nunca acima dos 5%;
- Cabeços em sistema húmido antigo, que confinam com o sistema húmido, podendo representar zonas de cheia com solos concentrados em matéria orgânica;
- Vertentes, onde predominam declives inferiores a 12%, podendo ultrapassar os 25%, sendo sujeitas a níveis de erosão mais elevados.

A esta classificação o autor acrescentou ainda as zonas aluvionares (praias e zonas litorais) e as massas de água. Quando aplicada à área de estudo, as diferentes unidades apresentam o aspeto da Figura 13.

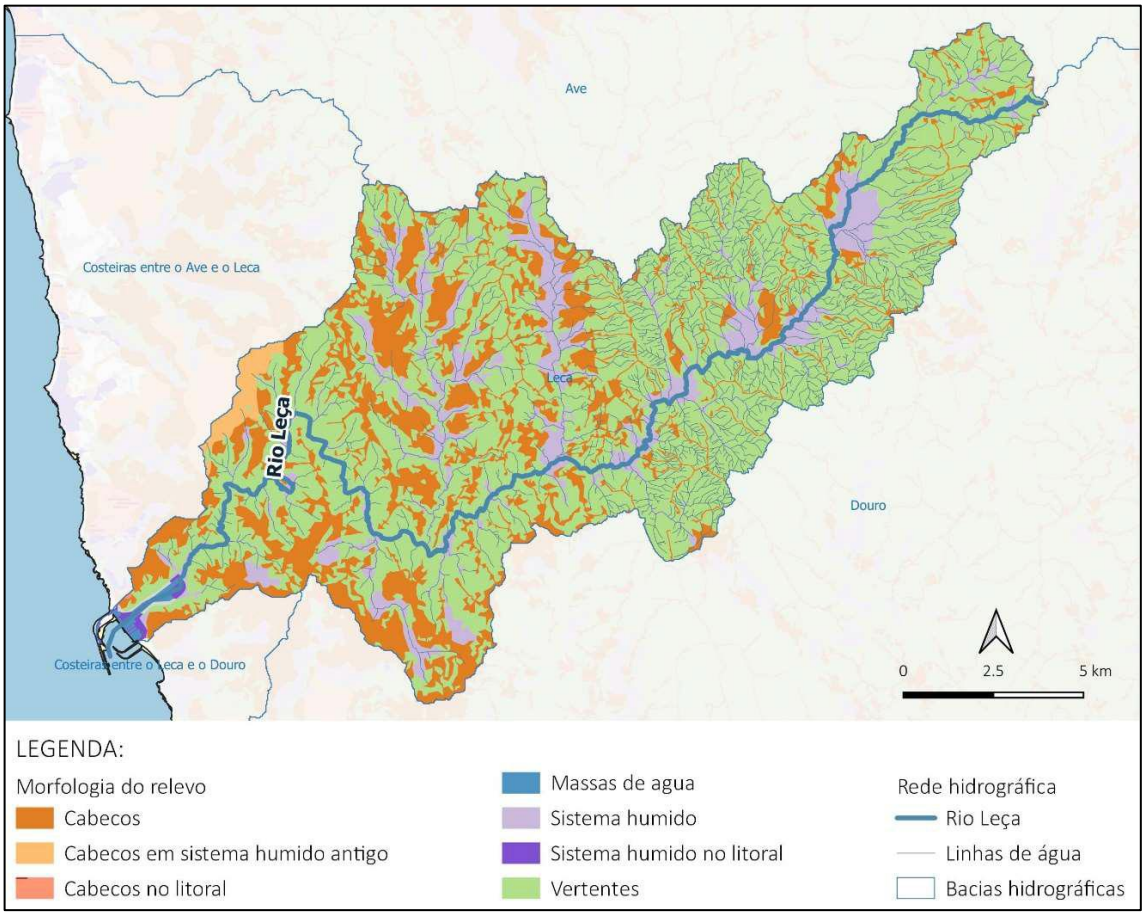



Figura 13: unidades geomorfológicas da bacia do Rio Leça. Retirado de (E. Rio, Unipessoal Lda., 2021).

A construção de um mapa de condicionantes para toda a área da bacia foi um passo essencial na perceção da dimensão e da distribuição de vários aspetos biofísicos importantes. Assim, através da integração da camada da REN no projeto, foi possível

observar todo um conjunto de áreas sensíveis integradas nos aspetos biofísicos da área de estudo (Figura 14), assim como a sua dimensão total (Tabela 2).

Observando o município de Matosinhos, é possível distinguir aspetos caraterísticos de um meio mais urbanizado, nomeadamente a existência de uma pequena área com risco de cheia, uma reduzida área de erosão hídrica do solo e áreas quase nulas no que toca a vertentes instáveis. No entanto, o caudal mais elevado da linha de água principal faz com que as áreas de infiltração máxima sejam as mais abundantes dos quatro municípios, com uma área total de cerca de 29 km$^2$. Devido à afluência do Leça no Atlântico, as águas de transição também marcam presença.

Avançando para montante, mais especificamente para o município da Maia, um cenário parecido é observado, desta vez com a Ribeira do Arquinho a ter destaque com pequenas zonas de cheia e sujeitas a risco de erosão hídrico do solo. Coincidentemente, as áreas de infiltração máxima totalizam-se num valor muito semelhante ao obtido para o município de Matosinhos. Mais uma vez, os locais de vertentes e escarpas são praticamente inexistentes devido aos elevados níveis de urbanização.

Em Valongo, com o aumento dos declives e dos grandes relevos, o cenário começa a revelar-se um pouco diferente dos dois municípios a jusante, com as

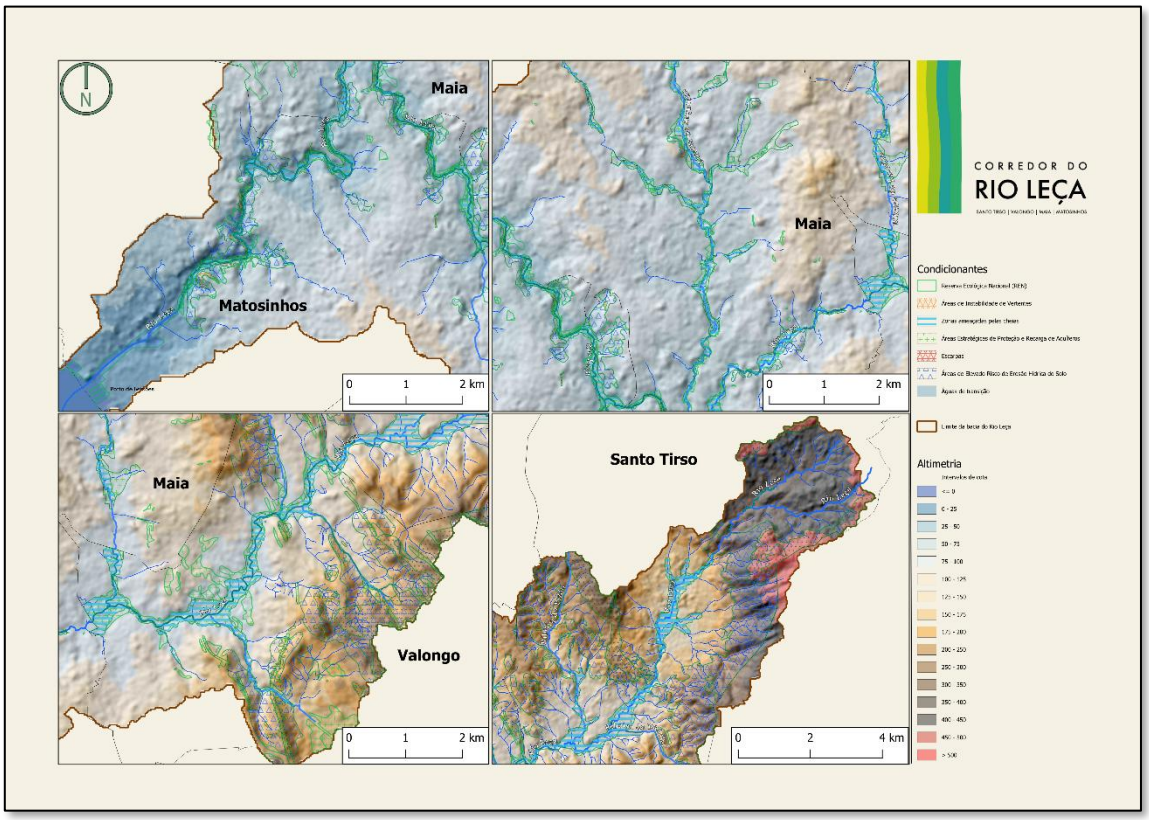



Figura 14:distribuição das principais áreas sensíveis pertencentes à Reserva Ecológica Nacional pelos quatro municípios integrados na área de estudo.

Tabela 2: valores obtidos para as áreas totais, em quilómetros quadrados, dos espaços sensíveis pertencentes à REN.

| | AEREHS (km2) | AEPRA (km2) | AIV (km2) | Escarpas (km2) | ZAC (km2) | Cabeceiras (km2) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Matosinhos | 3.670 | 17.483 | 0.300 | 0.010 | 0.511 | 0.000 |
| Maia | 1.710 | 17.377 | 0.000 | 0.015 | 1.840 | 0.494 |
| Valongo | 5.641 | 3.401 | 0.419 | 0.005 | 11.242 | 20.457 |
| Santo Tirso | 29.152 | 2.854 | 0.000 | 0.000 | 5.270 | 29.024 |

cabeceiras das linhas de água a surgirem em grande destaque, juntamente com grandes áreas afetadas pelo risco de erosão hídrica do solo. Os efeitos dos grandes declives, contudo, fazem com que as áreas de proteção de aquíferos sejam muito reduzidas, devido ao grande escoamento das águas. No meio deste cenário, surgem ainda várias áreas de vertentes instáveis de destaque, embora não se destaque nenhuma escarpa. As áreas ameaçadas pelo risco de cheias também aumentam significativamente de um Município para outro. No município de Santo Tirso, o cenário altera-se ainda mais com o aumento abrupto dos declives e os níveis reduzidos de ocupação urbana densa. Desta forma, denota-se um aumento significativo da extensão das áreas sujeitas risco de cheia, assim como das áreas de infiltração máxima e das áreas sujeitas a elevada erosão hídrica por parte das pequenas linhas de água afluentes ao Leça, cujas cabeceiras também se encontram fortemente representadas.

## 5.4. Caraterização patrimonial

Quando se discute o planeamento de medidas de intervenção numa linha de água como a do Leça é importante ter-se em conta os valores patrimoniais históricos e humanos ao longo da bacia, em particular nos municípios com uma tipologia de urbanização mais densa, isto porque, não só a ocorrência de cheias, deslizamentos de terra, incêndios e outros fenómenos naturais, como a pressão urbanística tendem a danificar estruturas antigas que devem ser mantidas. Neste âmbito, foram construídas duas camadas capazes de manter o registo destas estruturas o seu nível de classificação patrimonial e o seu estado de conservação, assim como as áreas de proteção que as rodeiam, quando aplicadas ao confinamento da bacia hidrográfica do Leça.

Desta forma, foram registados 116 pontos sensíveis e 50 áreas de proteção, (os moinhos não estão sujeitos a tais áreas) ao longo dos quatro municípios (Tabela 3). Como seria de esperar, os Moinhos, que são classificados como Imóveis de Interesse Público (IIP) são os mais representados devido ao cenário hidrográfico. Sendo o município mais urbanizado e o que detém o número mais elevado de elementos, Matosinhos mantem cerca de 3 $km^2$ de zonas de proteção, o que representa quase 5% da área total do município. De uma forma geral, o património encontrado revela um bom

Tabela 3: resumo dos valores quantitativos para o património existente dentro da bacia hidrográfica do Rio Leça. Como seria de esperar, os Moinhos dominam as margens do Leça.

| Município | Nº Objetos | Área total de proteção (km2) | Bom | Indefinidos | Maus | Semi-destruídos | Ruína | MN | IIP | IIM | EVC | NC | EPTM |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Matosinhos | 40 | 3.003 | 27 | 0 | 0 | 5 | 8 | 4 | 25 | 3 | 1 | 6 | 1 |
| Maia | 25 | 0.456 | 17 | 0 | 0 | 6 | 1 | 2 | 12 | 1 | 1 | 9 | 0 |
| Valongo | 19 | 0.011 | 11 | 1 | 0 | 6 | 1 | 0 | 13 | 1 | 0 | 5 | 0 |
| St. Tirso | 32 | 1.700 | 21 | 3 | 1 | 7 | 0 | 1 | 14 | 10 | 0 | 7 | 0 |
| Total | 116 | 5.169 | 76 | 4 | 1 | 24 | 9 | 6 | 64 | 15 | 2 | 27 | 1 |

| Município | Religioso | Moinhos | Pontes | Quintas | Arqueológico | Árvores | Histórico | Arquitetónico | Equipamentos |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Matosinhos | 6 | 16 | 5 | 6 | 1 | 0 | 3 | 2 | 1 |
| Maia | 3 | 12 | 7 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Valongo | 1 | 13 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| St. Tirso | 3 | 15 | 4 | 7 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 13 | 56 | 19 | 17 | 3 | 2 | 3 | 2 | 0 |

estado de conservação, embora alguns dos moinhos e o património arqueológico representem a maior parte dos elementos em ruína.

Cruzando estes registos com os mapas de condicionantes, destaca-se, como esperado, a elevada sujeição de moinhos e pontes ao risco de cheias e de erosão hídrica do solo. Existem ainda casos particulares, como o do Castro do Monte Castêlo que se encontra numa zona, não só ameaçada pela instabilidade da vertente onde se encontra, como também pelo risco de erosão hídrica do solo. Embora os edifícios associados não aparentem estar em risco, parte da área protegida da Quinta e Estabelecimento Prisional de Sta. Cruz do Bispo estão associados a uma zona de cheia

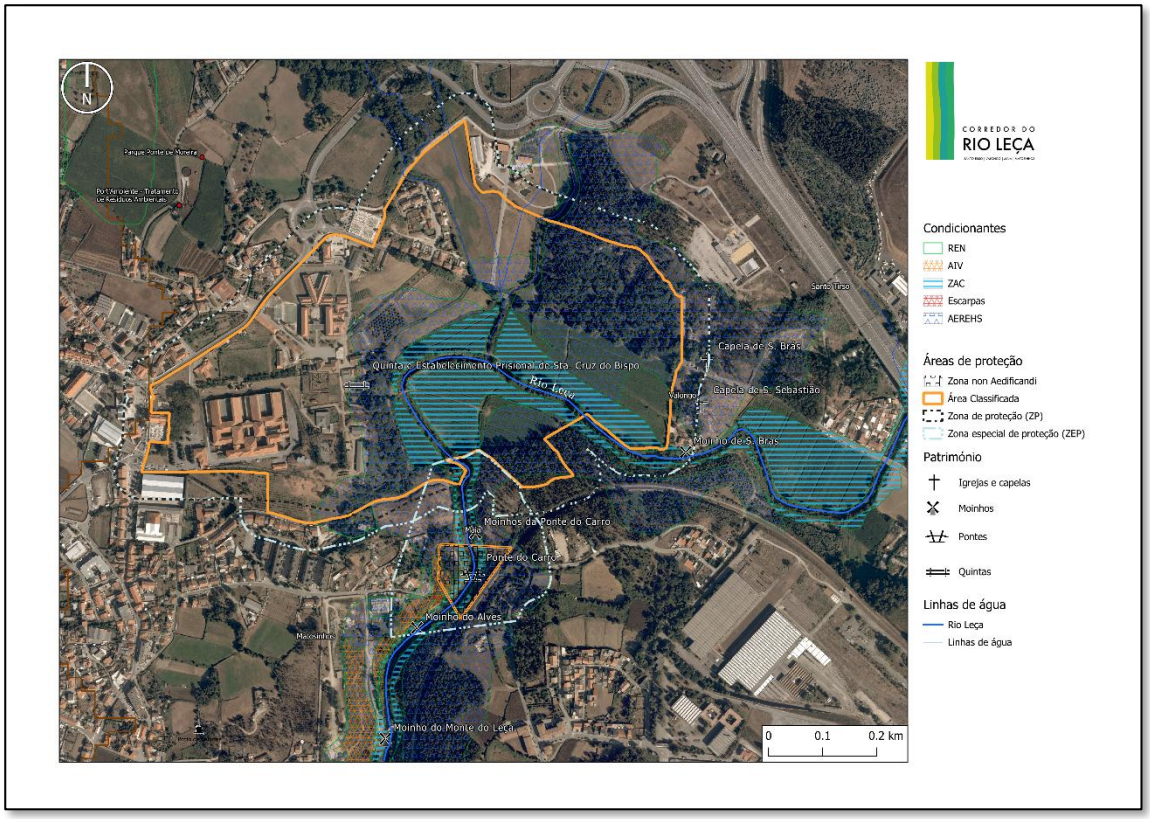



Figura 15: exemplo de património ameaçado pelo risco de cheias e de erosão hídrica dos solos. Neste caso, observa-se a área protegida da Quinta de Sta. Cruz do Bispo, assim como duas capelas, uma ponte e três moinhos.

e de elevada erosão hídrica (Figura 15). Devido a este tipo de situações, torna-se importante a manutenção de valores patrimoniais junto de linhas de água e zonas de vertentes.

## 5.5. Pontos críticos

Como é de esperar, vindo de uma zona altamente urbanizada, as águas do Leça vêm-se afetadas pela existência de focos de poluição com origem, muitas vezes, conhecida. Com o intuito de cadastrar e acompanhar esses mesmos focos, foi desenhada uma camada designada por Pontos Críticos que, de forma simples, permite aos guarda-rios o registo escrito e fotográfico e a descrição de eventos como descargas Neste âmbito, durante o mês de março, os guarda-rios procederam ao registo e à observação de zonas críticas ao longo de toda a extensão do Leça, contabilizando 18 pontos críticos, sendo que um deles teve o seu registo feito no mês de maio, como se pode observar na Tabela 4. Os dados revelam que praticamente todos os pontos críticos relativos a descargas de efluentes se encontram situados nos Municípios mais urbanizados, nomeadamente Matosinhos e Maia. Relativamente ao teor das descargas, o mesmo varia entre descargas de saneamento, subprodutos industriais e descargas de ETAR. Segundo o (Decreto Lei nº 226-A/2007, 2007), as águas residuais urbanas, agrícolas e industriais podem ser rejeitadas sob a posse de uma licença de utilização de recursos hídricos e cumprindo os valores limite de emissão, sendo ilegal qualquer tentativa de diluição das águas para cumprimento dos mesmos.

Tabela 4: sumarização dos pontos críticos encontrados ao longo do Leça. Foi registado apenas um no Município de Valongo, estando todos os restantes localizados nos Municípios da Maia e Matosinhos, os mais densamente urbanizados.

| id | Freguesia | Município | Descrição | Nível crítico | Registo | Atualização | Estado |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Alfena | Valongo | Descarga de saneamento | Moderado | 03/03/25 | 05/03/25 | Resolvido |
| 3 | União das freguesias de Custóias, Leça do Balio e Guifões | Matosinhos | Descarga ilegal da fábrica da Cin | Alto | 03/03/25 | 15/05/25 | Por resolver |
| 4 | Cidade da Maia | Maia | Descarga ilegal Sonae | Moderado | 03/03/25 | 05/05/25 | Por resolver |
| 5 | Cidade da Maia | Maia | Grande quantidade de saneamento que entra diretamente no rio leça. | Muito alto | 05/03/25 | 05/03/25 | Por resolver |
| 6 | Milheirós | Maia | Descarga de saneamento para o rio quando a estação elevatória falha. | Moderado | 05/03/25 | 05/03/25 | Resolvido |
| 7 | Águas Santas | Maia | Descarga de saneamento nesta linha de água | Muito alto | 05/03/25 | 05/03/25 | Por resolver |
| 8 | União das freguesias de Custóias, Leça do Balio e Guifões | Matosinhos | Descarga ilegal da Prisão de Custóias | Alto | 06/03/25 | 06/03/25 | Por resolver |
| 9 | Moreira | Maia | Descarga Lipor 2 | Alto | 06/03/25 | 06/03/25 | Por resolver |
| 10 | União das freguesias de Custóias, Leça do Balio e Guifões | Matosinhos | Descarga Vacaria | Moderado | 06/03/25 | 06/03/25 | Por resolver |
| 11 | União das freguesias de Perafita, Lavra e Santa Cruz do Bispo | Matosinhos | Descarga Estação Elevatória | Moderado | 06/03/25 | 06/03/25 | Por resolver |
| 12 | Águas Santas | Maia | Descarga da fábrica dos profiteroles | Alto | 06/03/25 | 06/03/25 | Resolvido |
| 13 | Ermesinde | Valongo | Descarga da etar Ermesinde | Alto | 06/03/25 | 06/03/25 | Por resolver |
| 14 | São Pedro Fins | Maia | Descarga cimpor | Muito alto | 06/03/25 | 06/03/25 | Por resolver |
| 15 | São Pedro Fins | Maia | Caixa de saneamento entupida. | Alto | 07/03/25 | 07/03/25 | Por resolver |
| 16 | Águas Santas | Maia | | Baixo | 07/03/25 | 07/03/25 | Resolvido |
| 17 | Moreira | Maia | Descarga etar Moreira | Alto | 16/05/25 | 16/05/25 | Por resolver |

### 5.5.1. Descargas industriais

Como seria de esperar, algumas das zonas críticas assinaladas derivam da presença de grandes instalações industriais como as da Corporação Industrial do Norte (CIN). Constituída em CIN é uma empresa portuguesa dedicada exclusivamente à produção e desenvolvimento de tintas e vernizes para várias aplicações, desde simples decoração de interiores, até ao revestimento de grandes infraestruturas. Desde então, tem vindo a ser uma marca de referência no que toca a acabamentos industriais, não só em Portugal, mas também em Moçambique e Angola. No entanto, como qualquer gigante industrial bem estabelecido, os processos de fabrico industrial de grande escala resultam no acumular de grandes quantidades de subprodutos residuais. No caso assinalado na camada de pontos críticos do projeto, a descarga é efetuada diretamente na linha de água, alterando visivelmente a sua coloração, situação várias vezes reportada pelas equipas de campo (Figura 16). Dado que, segundo a carta de condicionantes, o local em questão se encontra assinalado como uma área sob o risco de cheia, os solos circundantes poderão estar a ser igualmente afetados pelas descargas.

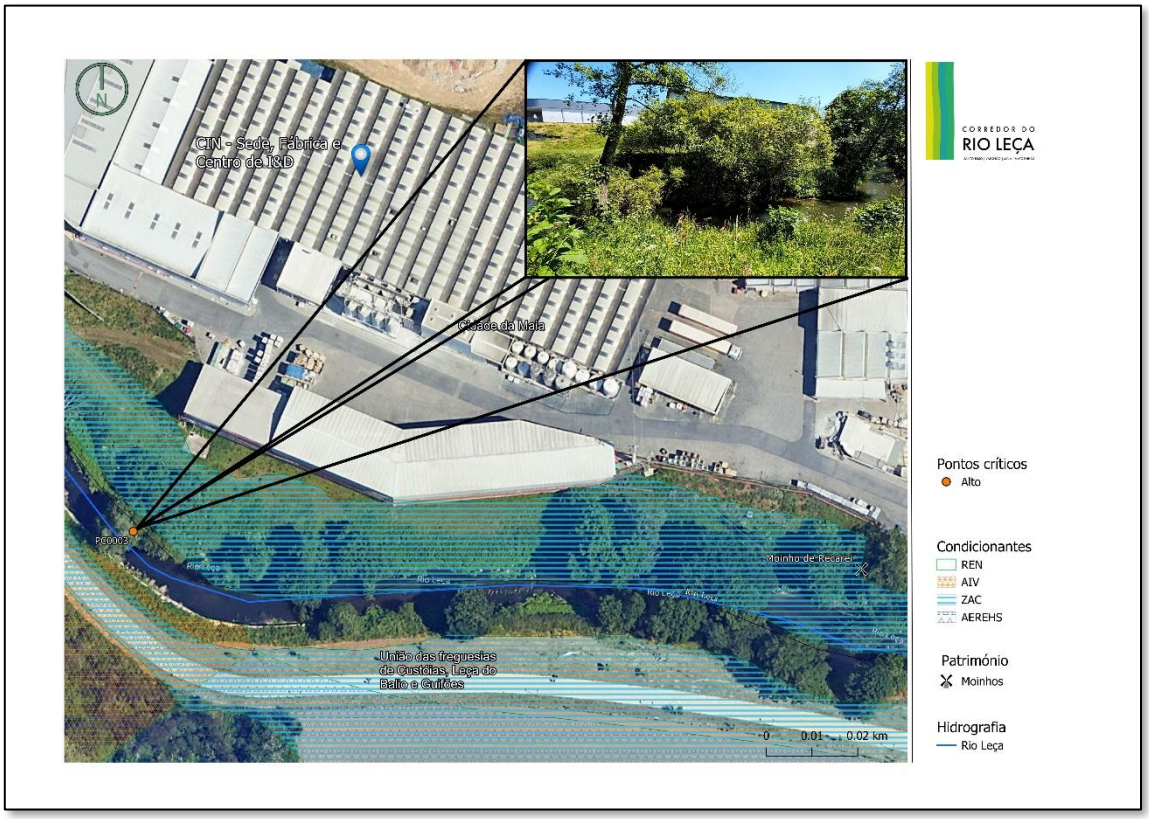



Figura 16: localização e enquadramento do ponto crítico PC0003, um ponto de nível crítico alto devido às frequentes descargas efetuadas pela fábrica de tintas e vernizes CIN.

A mesma situação ocorre, também na Maia, mais especificamente junto ao Edifício da SONAE, uma gigante multinacional que gere vários ramos da indústria, incluindo retalho, imobiliário, telecomunicações, tecnologia e serviços financeiros. O edifício em questão alberga várias divisões importantes da multinacional, nomeadamente a sua sede e a das diferentes divisões, juntamente com vários escritórios, um laboratório vivo de investigação de soluções de sustentabilidade e um centro de negócios e serviços.

Segundo o relatório não técnico da avaliação de impacte ambiental realizado para o desenvolvimento da obra do edifício, as redes de drenagem de águas residuais e de águas pluviais funcionam de forma separada, sendo cada uma destas constituída por uma rede periférica ao redor dos edifícios. As águas pluviais são recolhidas ao longo dos lotes através de câmaras de ramal e encaminhadas através de coletores, em parte, para uma pequena linha de água parcialmente entubada que aflui diretamente no Rio Leça (Ambisitus - Projetos, Gestão e Avaliação Ambiental, Lda., 2014). As águas residuais domésticas, por outro lado, afluem num coletor que, por sua vez, faz a ligação a um emissário ligado à ETAR de Moreira (Figura 17).

Dito isto, é seguro afirmar que os efluentes frequentemente rejeitados na linha de água do Leça são provenientes de parte do sistema de águas pluviais que circula os

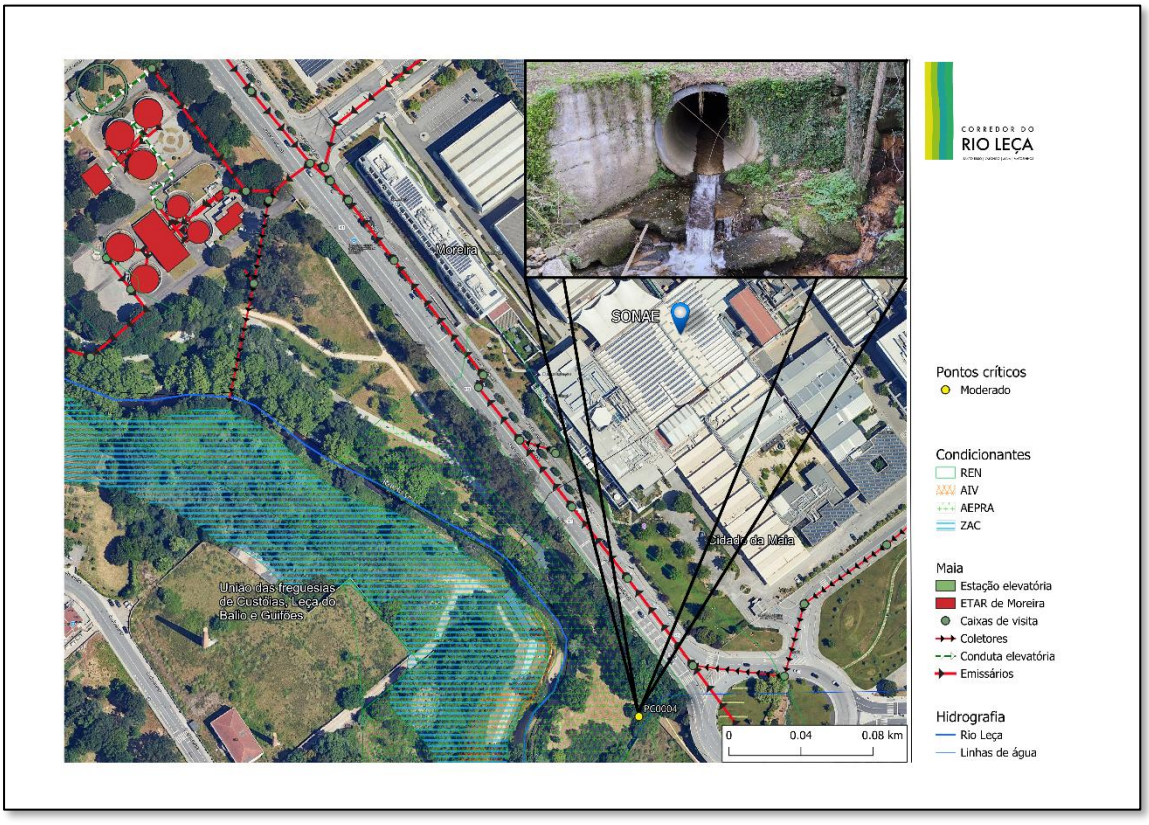



Figura 17: localização do ponto crítico PC0004, de nível moderado. Os efluentes são provenientes da linha de águas pluviais da SONAE.

edifícios da instituição. Não obstante, a coloração branca das águas e a presença de espuma sugerem a presença de substâncias poluentes, possivelmente resultantes da lixiviação em superfícies impermeabilizadas, como os locais dedicados ao estacionamento e à manutenção de viaturas ligeiras e pesadas. Dado o facto de esta linha de água não ser totalmente entubada e de o local representar uma zona estratégica de recarga de aquíferos, segundo a planta de condicionantes, pode assumir-se que os solos locais e, consequentemente, a vegetação, se escontra sujeito a um maior risco de contaminação química.

Mais a montante, ainda no município da Maia, mas desta vez na freguesia de Águas Santas, foi reportada uma situação relacionada com descargas industriais. A Casa dos Profiteroles, empresa alimentar especializada no fabrico de sobremesas e bolos, é, desde 2000, referência em Portugal no ramo. Contudo, tal como os casos anteriores, é responsável pela rejeição frequente de águas residuais no Leça, através de uma pequena linha de água afluente. Observando as camadas relativas às redes de saneamento e águas pluviais, a ausência de rede junto ao complexo sugere a existência de uma ligação direta e, possivelmente, ilegal, à rede de águas pluviais mais a E, que

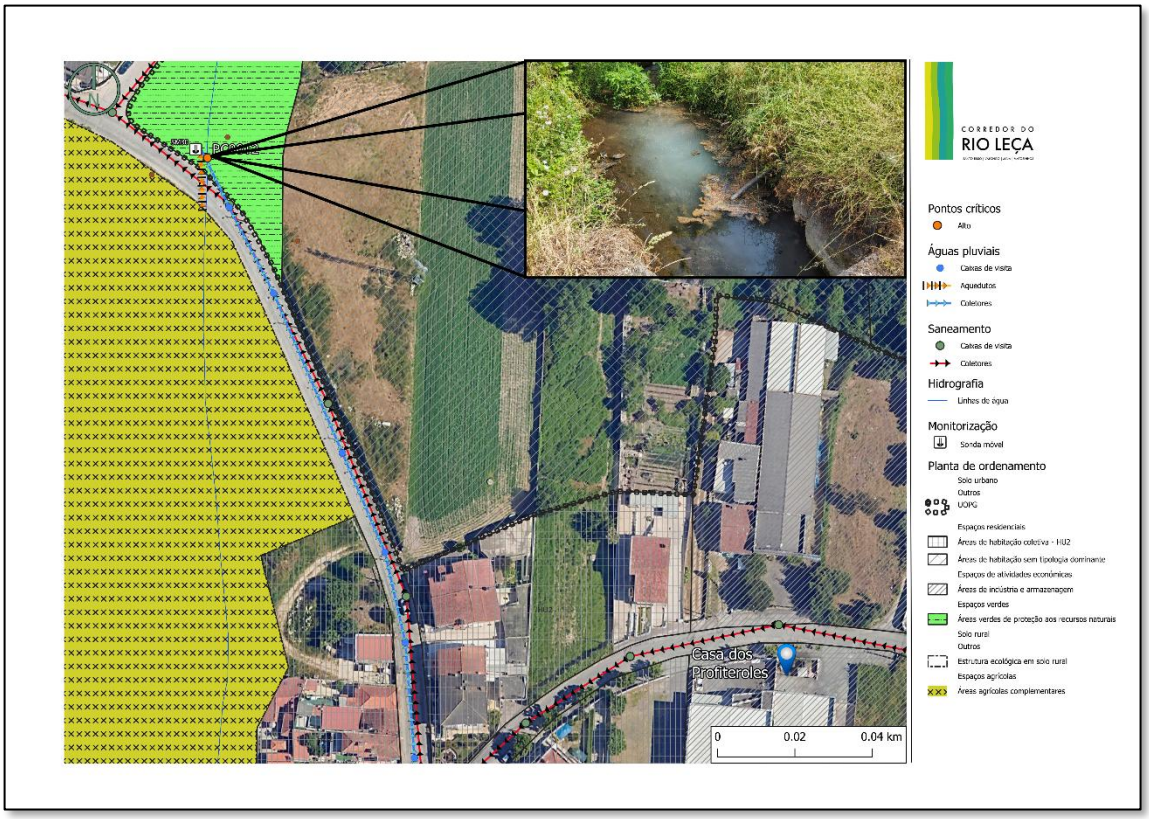



Figura 18: localização e enquadramento do ponto crítico PC0012. Neste caso, a responsável pela rejeição das águas residuais é a Casa dos Profiteroles, segundo os relatos dos guarda-rios, existindo também drenagem de culturas agrícolas.

desagua na linha de água (Figura 18). Relativamente ao teor das descargas, efluentes provenientes de fábricas ligadas ao ramo alimentar doce podem variar entre restos de produtos alimentares como açúcares, gorduras e produtos de limpeza alcalinos utilizados na manutenção dos equipamentos. Apesar da natureza não tóxica, os elevados teores de matéria orgânica deste tipo de efluentes podem ser responsáveis por elevados níveis de eutrofização, quando depositados em linhas de água sem tratamento, o que, de certa forma, pode vir a ser comprovado pelo crescimento acentuado de Cana-do-reino (*Arundo donax L.*) no local de descarga e de um denso manto silvestre mais a jusante. Para além de descargas industriais, a ribeira sofre também com descargas provenientes da grande área agrícola adjacente, como se comprova pela existência de um aqueduto que faz a ligação entre os dois, fator que também acelera o processo de eutrofização.

Por último, mas não menos importante, uma das situações reportadas sobre descargas de efluentes industriais encontra-se associada à fábrica de cimentos da CIMPOR. Fundada no ano de 1890, a multinacional especializada na produção de cimento promove esforços no desenvolvimento de ações de investigação científica, tecnológica e outros domínios da ciência e da engenharia pesada, distribuindo-se atualmente um pouco por todo o globo. Segundo o website da instituição, a mesma conta com vários centros de produção, fábricas e entrepostos comerciais, sendo que as instalações da Maia atuam como Entreposto Comercial, centro de produção de betão e fábrica de argamassas (CIMPOR, n. d.).

Como seria de esperar, a existência de uma infraestrutura fabril à escala da presente no Município da Maia implica a rejeição de águas residuais, pelo que as descargas no local assinalando pelo ponto crítico PC0014 são também frequentes. Neste caso, a alteração física das águas é mais visível, ao ponto de estas adquirirem uma coloração esbranquiçada a cinzenta (Figura 19). Estas águas residuais resultam, muitas vezes, da lavagem de equipamentos e de veículos pesados associados ao

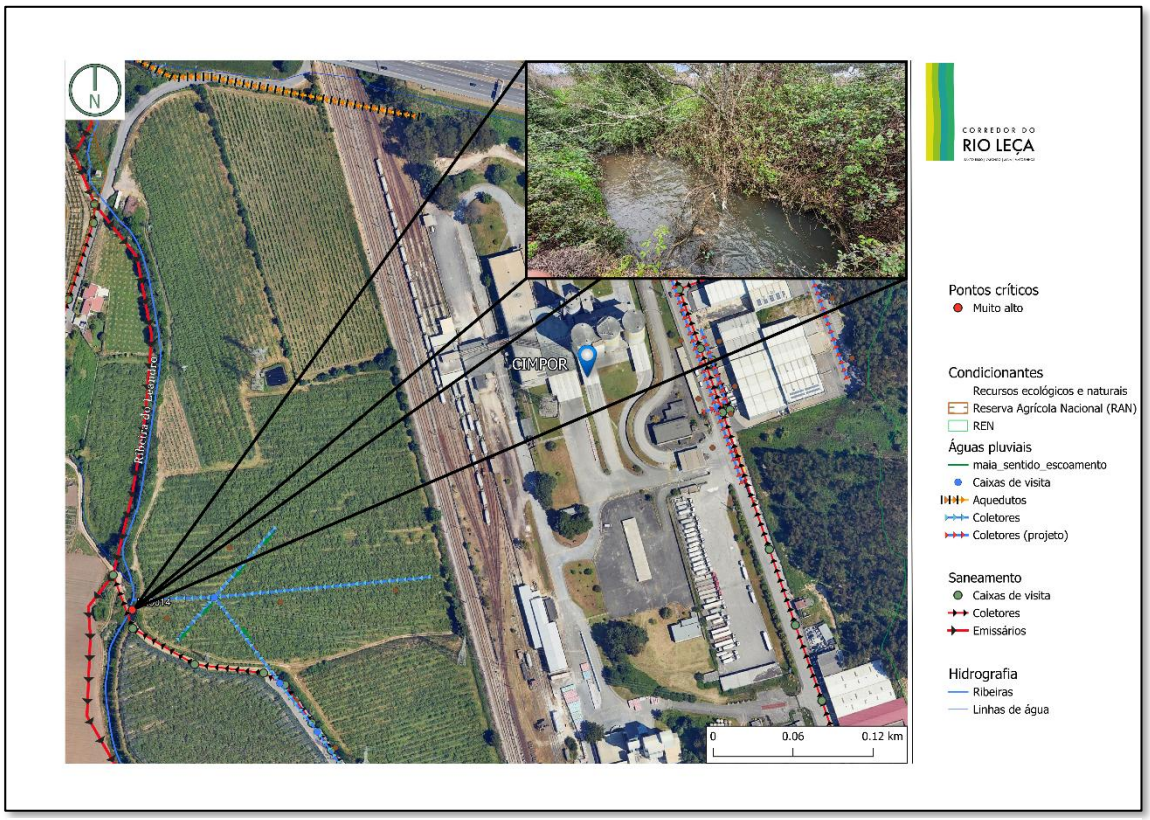



Figura 19: localização e enquadramento do ponto crítico PC0014, resultante de descargas efetuadas pelas instalações da CIMPOR, em S. Pedro de Fins, Município da Maia.

transporte de cargas e, sendo compostas por um grande teor de calcário dissolvido, são altamente alcalinas, com um pH a variar entre 11 e 12. Para além da alcalinidade, as águas podem conter uma vasta gama de sólidos dissolvidos, incluindo sulfatos e hidróxidos provenientes do cimento, cloretos provenientes dos cloretos de cálcio inseridos nas misturas e óleos e gorduras dos equipamentos (Asadollahfardi et al., 2015). Após as lavagens, estas águas acabam muitas vezes na rede de águas pluviais, pelo que uma das soluções adotadas, muitas vezes, é a reutilização das mesmas no fabrico de novo cimento.

Apesar de, aparentemente, estas águas não serem reaproveitadas, a CIMPOR recorre a outras técnicas sustentáveis na produção de cimentos e argamassas, nomeadamente, a técnica de coprocessamento, que consiste na valorização material e energética de resíduos industriais e urbanos. No sentido da sustentabilidade, estes

materiais são utilizados como combustíveis alternativos e matérias-primas secundária nos fornos de clínquer, com o intuito de substituir parcialmente os combustíveis fósseis e as matérias-primas naturais, aproveitando assim o seu poder calorífico e promovendo uma economia circular com reduzida deposição de resíduos em aterros. Nos fornos, os resíduos são totalmente destruídos a altas temperaturas durante longos tempos, evitando a geração de novos resíduos e passivos ambientais. Entre os resíduos utilizados, estão combustíveis derivados de resíduos (CDR), fragmentos de veículos em fim de vida, matérias-primas descarbonatadas e outros subprodutos industriais. Desta forma, surgem benefícios como a redução de emissões de $CO_2$, a redução da dependência de recursos naturais e de combustíveis fósseis, a economia dos espaços em aterros e a eliminação de resíduos de formas sustentáveis (Baier, 2018).

### 5.5.2. Descargas de ETAR e EEAR

O principal objetivo de uma ETAR é a despoluição de águas residuais provenientes de efluentes quer industriais quer urbanos, tendo como produto final um efluente de elevada qualidade e permitindo assim o seu escoamento para uma linha de água ou para o oceano, através de processos físicos e químicos de tratamento, otimizados com o objetivo de se obter a máxima eficiência económica, sustentável e funcional (Cerdeira, 2008).

Tal como foi mencionado na secção relativa às descargas industriais, a descarga de efluentes deve ser acompanhada de uma licença de utilização dos recursos hídricos e a composição dos mesmos deve cumprir os valores legais de emissão tabelados no (Decreto-lei nº236/98, 1998), para um panorama nacional geral (Tabela 5).

Tabela 5: principais valores limite de emissão vigentes no Decreto-lei nº236/98, de 1 de agosto, para águas residuais. Adaptado de (Cerdeira, 2008)

| Parâmetro | Valor Limite de Emissão (VLE) |
|---|---|
| pH | 6.0 - 9.0 |
| Carência química de oxigénio (CQO) (mg O2/l) | 150 |
| Carência bioquímica de oxigénio (CBO5) (mg O2/l) | 40 |
| Sólidos suspensos totais (mg/) | 60 |
| Azoto total (mg N/l) | 15 |
| Azoto amoniacal (mg NH4/l) | 10 |
| Nitratos (mg NO3/l) | 50 |
| Fósforo total (mg P/l) | 10 |
| Óleos e gorduras (mg/l) | 15 |

Apesar da legislação existente, por vezes a sobrecarga das ETAR leva à necessidade de descargas de emergência de águas tratadas e não tratadas, sobrecargas essas que podem ser provocadas por situações excecionais como afluentes excessivos, avarias técnicas e falhas de energia. Isto é conseguido através da existência de um *by-pass* total à estação e de um parcial em cada fase do processo de tratamento em fase líquida, que permitem o desvio das águas para um emissário ou até um tanque de retenção de emergência, cuja existência também é regra no que toca à constituição de uma ETAR (Simões et al., 2008). Apesar de muitas vezes poluentes, estas descargas podem ser importantes para manter o normal funcionamento de toda a estrutura da estação. O mesmo princípio é aplicado nas estações elevatórias, na medida em que, no caso de um afluente excessivo, a descarga é feita na linha de água mais próxima. Nestes casos, dado o facto de as estações lidarem somente com águas residuais brutas, as descargas de emergência tendem a ser mais poluentes.

A primeira situação de descarga a ser analisada no âmbito deste trabalho chega do reporte de uma descarga de saneamento diretamente no Leça, no município da Maia, mais especificamente de uma estação elevatória de águas residuais (EEAR) que, segundo o traçado descrito pela camada da rede de saneamento da Maia, encaminha as águas para a rede principal, onde depois afluem na ETAR de Águas Santas (Figura

20). Numa cidade densamente urbanizada como a da Maia, é natural que, por vezes, as quantidades de afluentes de águas residuais excedam os limites da capacidade das estações, pelo que se torna normal a realização de descargas de emergência, principalmente nas estações elevatórias. No caso observado, e olhando para o tipo de solo encontrado, destaca-se, não só uma zona ameaçada pelo risco de cheias, como também uma área inserida na RAN e que também se assume como uma área importante no que toca à recarga de aquíferos e à proteção de recursos naturais. Desta forma, encontram-se, no local, solos importantes propícios à contaminação por águas ricas em matéria orgânica residual, o que pode representar um risco para as culturas adjacentes à linha de água e aos recursos lá encontrados. A mesma situação pode ser observada no ponto crítico PC0006, onde, mais uma vez, o excesso de afluentes ou a falha da estação obriga a uma descarga de emergência diretamente para a linha de água, neste caso, para a Ribeira do Arquinho, num local que também se pode considerar como sensível dado o estatuto de área verde de proteção aos recursos naturais (Figura 21). Neste local, aquando das descargas, a água apresenta um aspeto turvo e acastanhado, possivelmente da matéria flutuante nas águas residuais, matéria orgânica

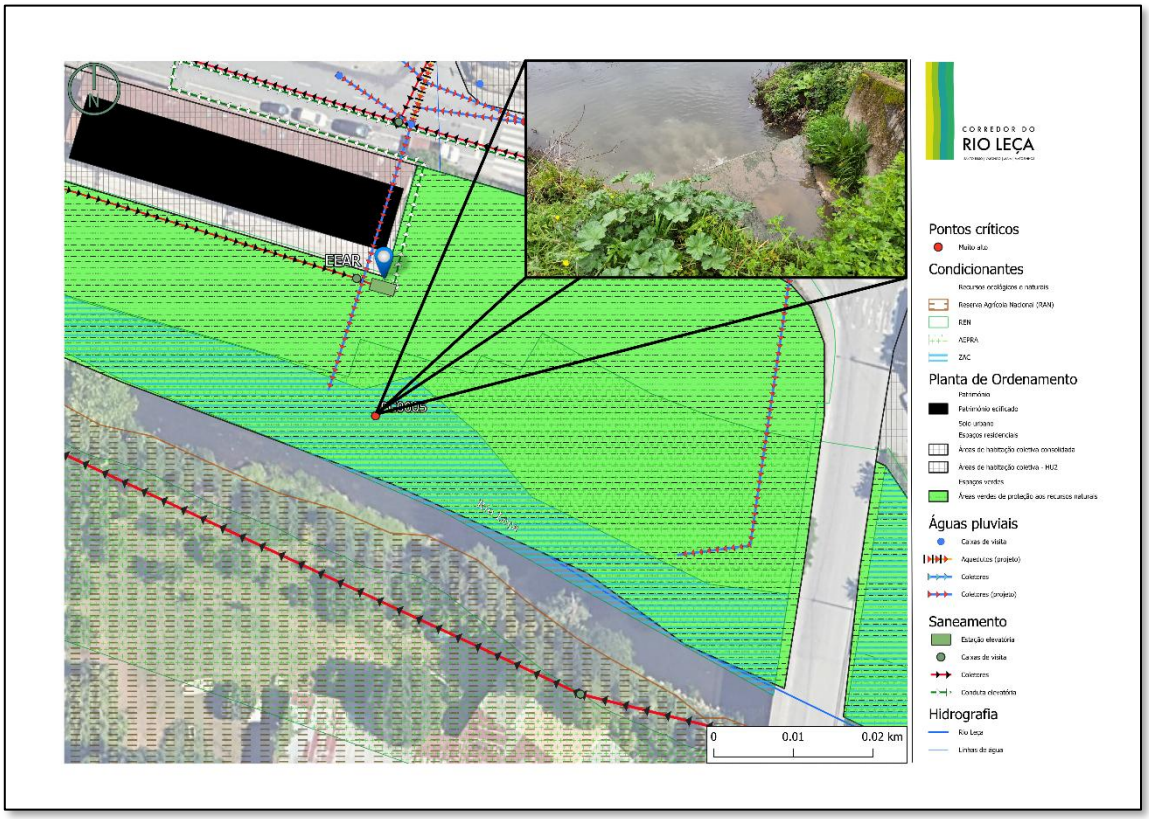



Figura 20: localização e enquadramento do ponto crítico PC0005, derivado das descargas frequentes de uma estação elevatória.

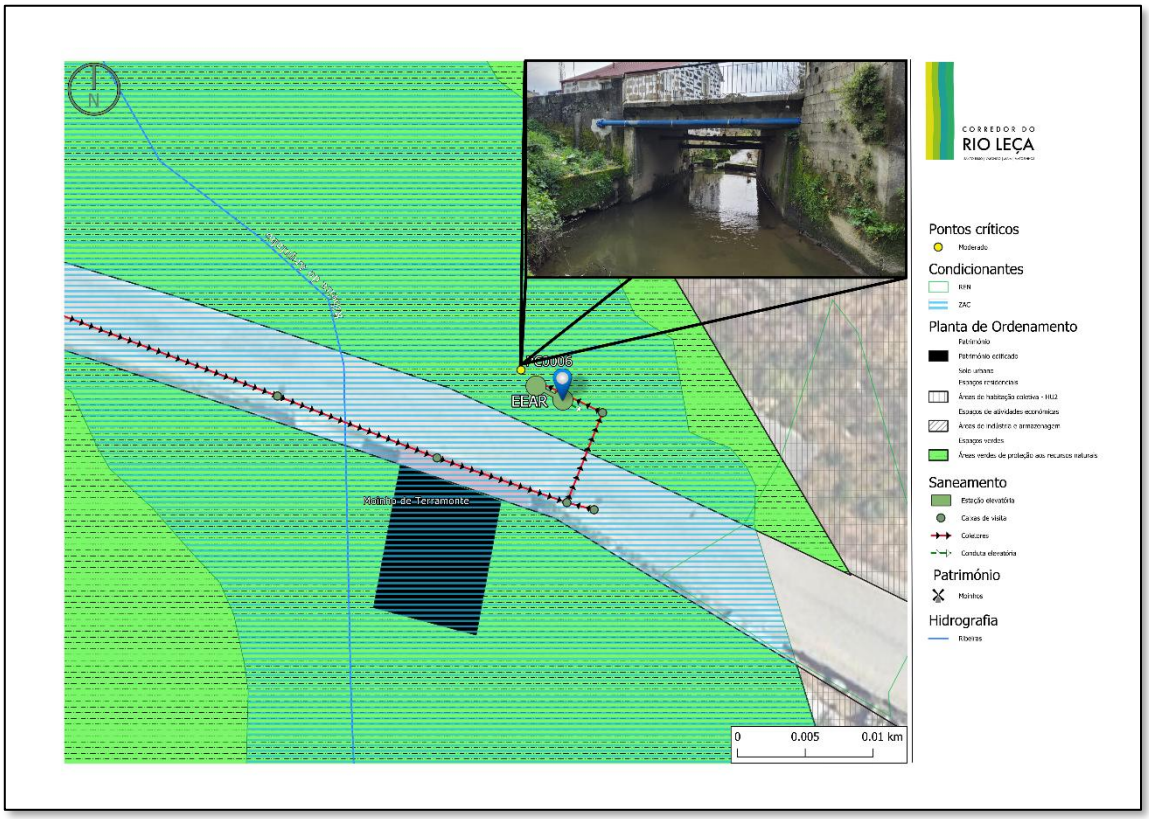



Figura 21: localização e enquadramento do ponto crítico PC0006, possivelmente proveniente de uma descarga de uma estação elevatória de águas residuais.

da qual também pode ser responsável pelo rápido crescimento da vegetação rasteira presente.

Uma das situações críticas mais notáveis de todos os registos será, sem dúvida, a do ponto crítico PC0009, de nível alto (Figura 22). Neste caso, a grande responsável pelas largadas de águas residuais é uma das infraestruturas da LIPOR, mais especificamente, o Pólo da Maia, designado por LIPOR II. Segundo as informações constadas no *website* da instituição, neste local encontram-se as unidades de Valorização Energética, o aterro sanitário e uma ETAR de apoio (Seara, 2020). A central de valorização gere, atualmente, os resíduos não aproveitáveis para compostagem e reciclagem, dos oito municípios do Grande Porto, os quais contabilizam cerca de 1 milhão de habitantes. Esta gestão, por sua vez, é feita através da incineração controlada e automatizada de resíduos indiferenciados, permitindo a produção de energia elétrica através do vapor gerado pela combustão, sendo levada a cabo pela Veolia, a quem foi entregue a exploração da central por 25 anos. A empresa especializada em gestão de águas, resíduos e energia, a central lida diariamente com cerca de 1100 toneladas de resíduos sólidos através de duas linhas individuais de incineração, cada uma com capacidade para tratar 25 ton/hora e um sistema de alternação capaz de gerar, anualmente, 187 GWh de energia elétrica, sendo 86% destes enviados para a rede

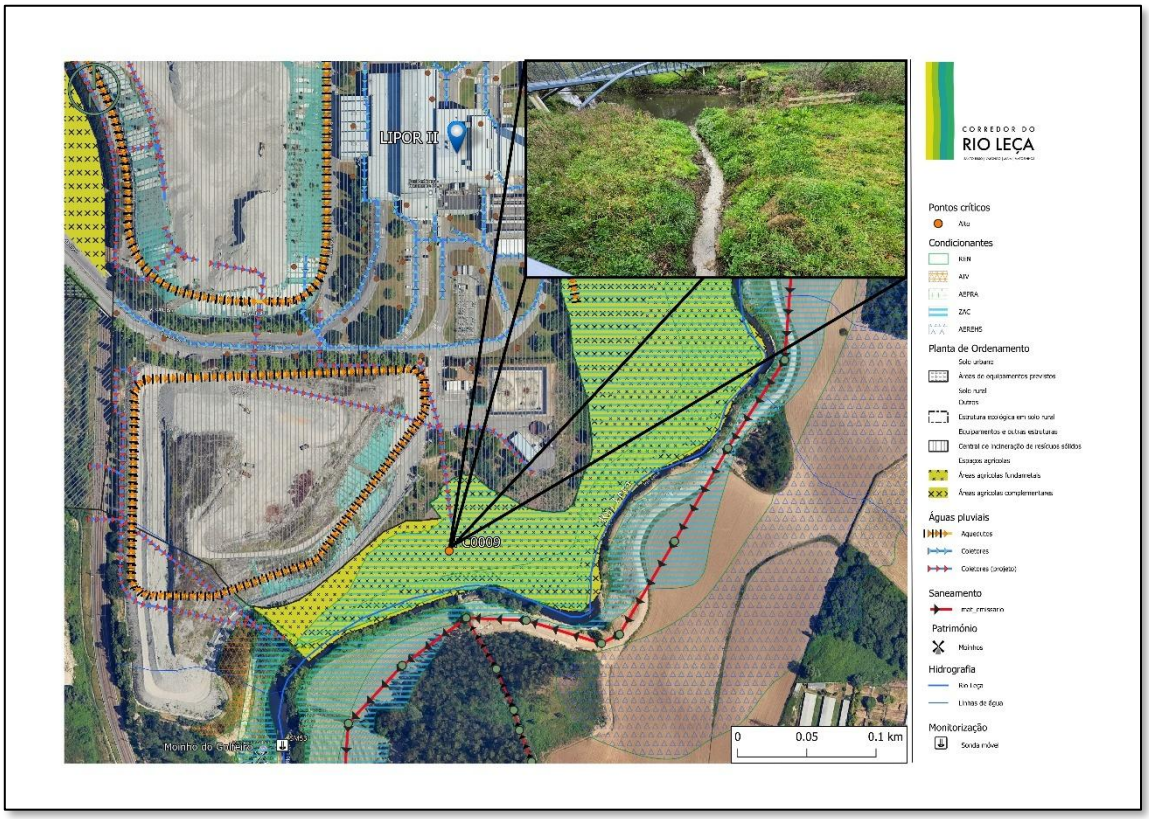



Figura 22: localização e enquadramento do ponto crítico PC0009, assinalado pela presença de uma central de incineração de resíduos, um aterro para os subprodutos da mesma e uma estação de tratamento de águas. A presença de grandes terrenos agrícolas também contribui para o decréscimo da qualidade da água da zona, que já se encontra sob monitorização por meio de uma sonda móvel (SM53).

pública, para um núcleo de cerca de 150 mil habitantes (Teixeira, 2020). Por fim, as cinzas resultantes da incineração são submetidas a um processo de inertização com ligantes hidráulicos, tento como destino final o aterro adjacente. A adição mais recente à obra foi realizada em 2018, com a construção de uma unidade dedicada ao pré-tratamento de resíduos volumosos (Veolia Portugal, 2020).

As imagens recolhidas pelos guarda-rios do ponto crítico em questão revelam que as águas das descargas contêm pequenas partículas flutuantes, possivelmente resultantes de uma descarga de emergência da ETAR ou de lixiviações arrastadas para a rede de águas pluviais que, pelo desenho apresentado, se mostra bastante complexa. Ainda em relação a esta, o desenho revela a existência de um aqueduto rodeado por coletores em redor de toda a área do aterro, coletores esses que desaguam em vários locais do Leça, incluindo no local do ponto crítico em causa. Assim, é possível que se estejam a lidar, não só com resíduos provenientes da lavagem de equipamentos e áreas, como também de possíveis descargas de emergência e resíduos provenientes do aterro, pelo que a composição das águas poluentes pode ser de teor muito variável.

Fazendo o enquadramento no panorama geral de classificação do solo circundante, são encontrados solos agrícolas importantes de culturas anuais de primavera/verão e outras folhosas, o que sugere a presença de solos férteis e sensíveis à presença de materiais poluentes nas águas, as quais devem surtir mais efeito sobre os mesmos durantes os meses de inverno, visto tratar-se de uma área mais suscetível à ocorrência de cheias. É ainda de destacar a presença de uma região alargada sujeita a erosão hídrica do solo (AEREHS), o que indica que, para além das descargas efetuadas pela central de incineração e pela ETAR, existe também lixiviação de poluentes agrícolas para a linha de água. Dito isto, é de destacar a criticidade e a sensibilidade desta secção do Leça em particular e reforçar a sua monitorização, que já é feita, inclusivamente, através do posicionamento de uma sonda móvel (SM53) mais a jusante.

Avançando bastante para jusante, encontra-se outra da que pode muito bem ser das situações mais críticas no que toca à emissão de cargas poluentes no Leça: o ponto crítico PC0011 (Figura 23). Assinalado com um nível de criticidade de nível moderado, como local único, o enquadramento do mesmo revela uma gravidade possivelmente maior. Isto, porque no local do troço em questão, se encontram duas estações elevatórias, uma na rede em alta e outra na rede em baixa, que, tal como as mencionadas anteriormente, procedem a descargas de emergência frequentes quando o caudal dos afluentes é demasiado, sendo que a mais próxima ao ponto é propriedade da INDAQUA. Estas descargas fazem com que, por vezes, surjam plumas acastanhadas resultantes de matéria orgânica nas águas e lhes confiram um aspeto espumoso.

Apesar da emissão de descargas, por vezes, poluentes, a INDAQUA promove a gestão de resíduos através de energia 100% verde e ainda o reaproveitamento dos mesmos, em alguns casos, para produção de combustível. Assim, em ETAR e estações como a mencionada acima, o tratamento das águas residuais é efetuado com energia solar, através de painéis solares, sendo que da junção dos municípios de Barcelos, Matosinhos, Oliveira de Azeméis, Paços de Ferreira e Santa Maria da Feira resultou a produção de mais de 4 milhões de kWh de energia elétrica por parte do grupo INDAQUA, em 2022. Para além das estações capazes de produzir a própria energia, a ETAR de

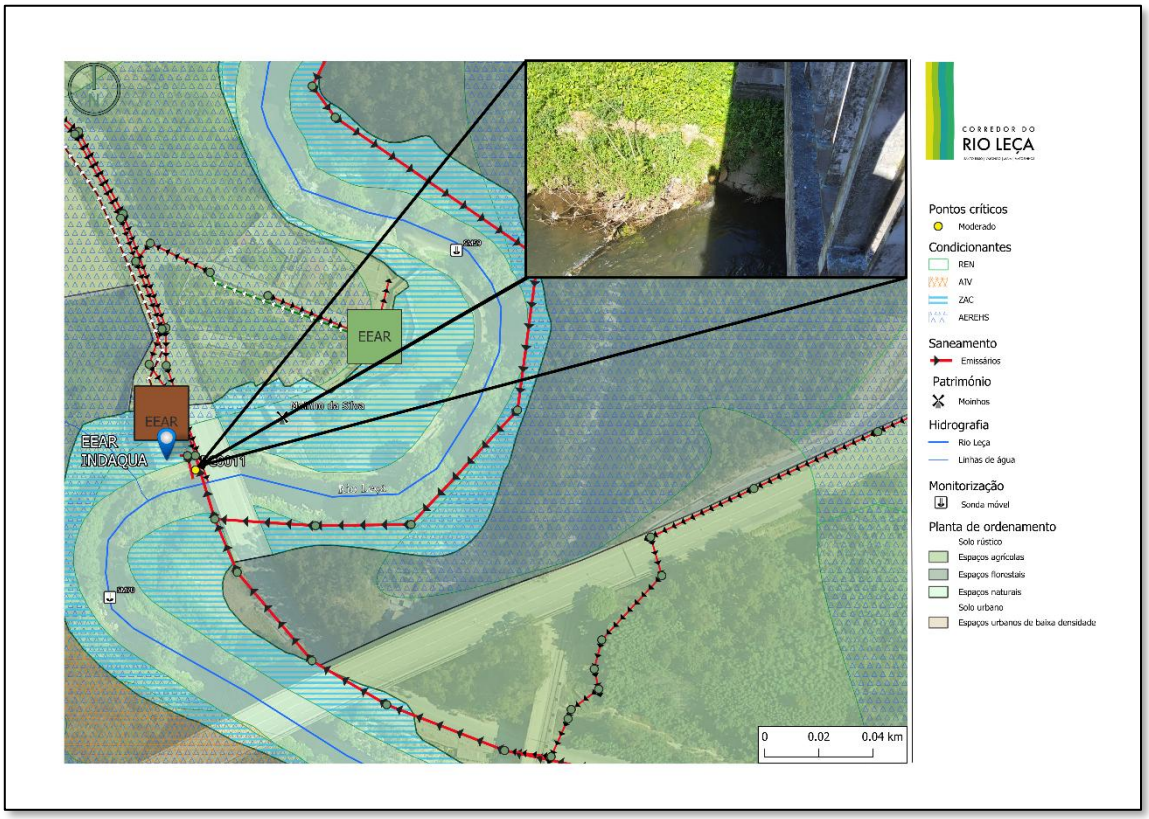



Figura 23: localização e enquadramento do ponto crítico PC0011, do qual se destacam duas estações elevatórias que procedem a descargas frequentes de águas residuais.

Matosinhos ainda reaproveita as lamas resultantes do tratamento de águas residuais para produção de biogás. Desta forma, o grupo atingiu uma média de autossuficiência de 21% em 2022 e a ETAR de Matosinhos um nível de 52%, um aumento de 51% no espaço de dois anos (Santos, 2023).

No que toca ao enquadramento local, o local encontra-se inserido numa zona pouco pressionada por um ambiente pouco urbanizado, não sendo isso escusa para uma elevada pressão a nível de carga poluente, a qual surge de um ambiente que o é mais. Em redor da região crítica insere-se assim um cenário de áreas florestais com áreas agrícolas e espaços naturais junto à linha de água. Condicionalmente, o espaço REN domina parte da paisagem com vertentes instáveis e áreas sujeitas a elevada erosão hídrica ao nível do solo nas duas margens. A juntar a isto, o cenário de cheia é um fator a ter em conta, especialmente durante os meses de maior precipitação. Dado o facto de as culturas consistirem apenas em eucaliptos e outras herbáceas (segundo a COS 2024), pode assumir-se que o risco relacionado com contaminação de culturas não é tão elevado. Apesar de tudo, a monitorização do local encontra-se atualmente a ser efetuada com recurso a duas sondas móveis (SM70 e SM59).

Desta vez na freguesia de Ermesinde, município de Valongo, foi reportada uma situação crítica de nível alto relacionada com a descarga da ETAR de Ermesinde (Figura 24). Inaugurada em 1998, esta central representa um elemento importante no tratamento de resíduos de mais de 65 000 pessoas, com um caudal médio diário de 5400 $m^3$. Relativamente ao seu funcionamento, (Pimenta, 2012) explica que o processo funciona através de um sistema comum de lamas, sendo que a água sofre um tratamento preliminar que consiste numa gradagem grosseira para reter os sólidos de maiores dimensões. Após este tratamento, as águas são elevadas para um processo de gradagem mais refinado, seguido do qual são sujeitas a um desarenação e a um desengorduramento. Depois do processo preliminar, é realizado um tratamento primário através da utilização de um decantador que separa os sólidos suspensos da fase líquida por sedimentação, após o qual seguem para a fase de tratamento com lamas ativadas. Os sólidos obtidos durante o processo de sedimentação são, por fim, extraídos através do espessamento gravítico das lamas, que retira o máximo de água possível, do seu acondicionamento com polieletrólitos e da desidratação por centrifugação, sendo depois quimicamente estabilizadas com cal e depositadas nos locais adequados. O autor, que recorreu à microalga *Chlorella vulgaris* para testar a remoção de nitratos, fosfatos e amónia, informa ainda que, mesmo que o local da descarga da ETAR fosse considerado sensível, os valores encontrados nos meses de fevereiro, março e abril daquele ano (2012) para as mesmas substâncias não ultrapassavam os valores limites legais.

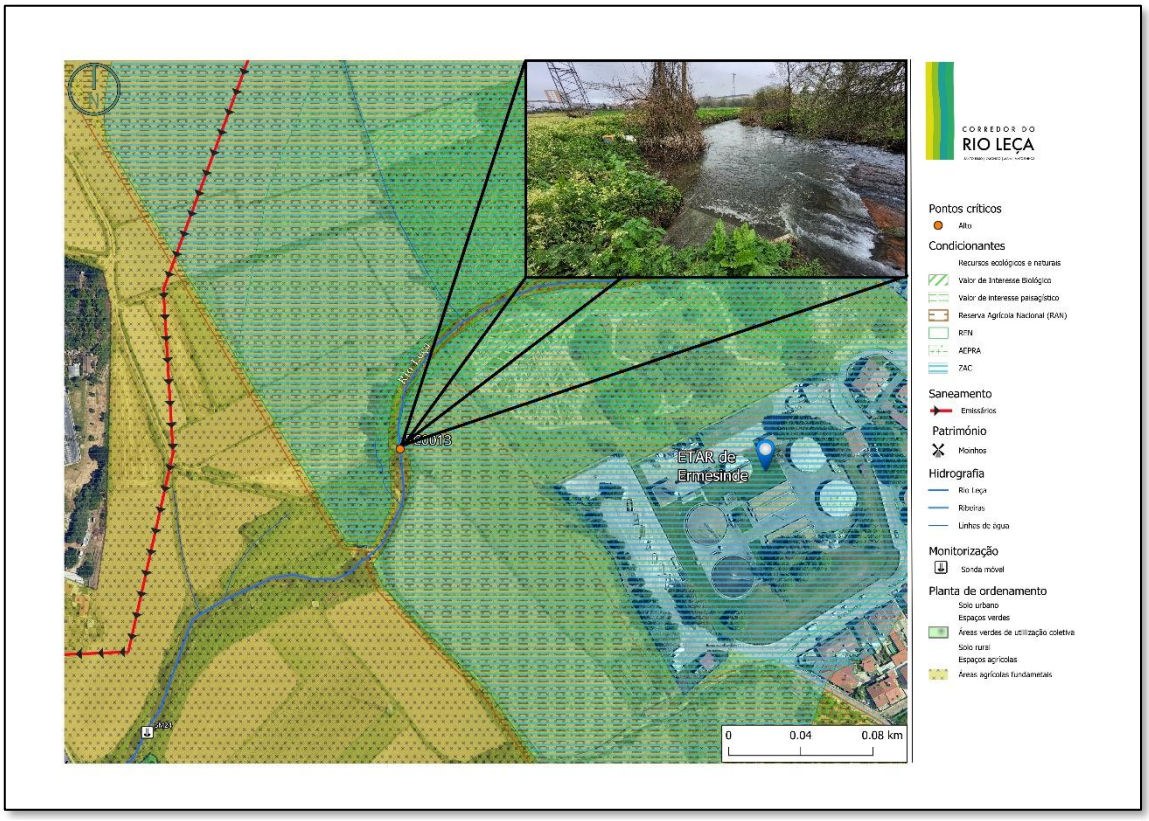



Figura 24: localização e enquadramento do ponto crítico PC0013, provocado por uma descarga da ETAR de Ermesinde.

Apesar dos valores encontrados pelo autor em 2012, a área em questão sofreu algumas alterações, particularmente no cenário em redor do ponto crítico. Para além do crescimento populacional da região urbanizada, o surgimento do Parque de Lazer do Leça e das culturas biológicas associadas elevou, de certa forma, a sensibilidade do local, visto que a área do parque se encontra classificada como um valor de interesse biológico. Para além desta adição, as áreas de produção agrícola em redor encontram-se inseridas na RAN. É ainda de salientar a grande dimensão das áreas sujeitas a risco de cheia. Por fim, sabe-se também que grande parte da região envolvente está inserida numa área de infiltração máxima, o que torna os solos ainda mais propícios ao risco de contaminação.

Revisitando a zona crítica do PC0004, encontra-se, tal como referido na subsecção das descargas industriais, um outro ponto de nível crítico alto ligado, desta vez, a descargas de saneamento, mais concretamente, da ETAR de Moreira (Figura 25).

Inaugurada em 1997, esta estação destina-se ao tratamento dos resíduos de parte das freguesias de Barca, Gemunde, Maia e S. Pedro de Avioso e da totalidade da freguesia de Moreira, sendo capaz de servir, por dia, 1283 $m^3$ de efluentes, embora o seu alargamento previsto aponte para os 2794 $m^3$. Tal como a estação de Ermesinde, o tratamento reparte-se por duas fases: uma líquida e uma sólida. Na primeira, é efetuado um tratamento preliminar de gradagem e desarenação, um tratamento primário de decantação e um tratamento biológico através de lamas ativadas, lamas essas que depois seguem para o tratamento em fase sólida, que consiste num processo de digestão anaeróbia por biodegradação sem oxigénio e um processo de desidratação mecânica. Após o tratamento, o efluente resultante é depositado no Leça e as lamas são reencaminhadas para a estação de compostagem da ETAR de Parada (CM Maia, 2025).

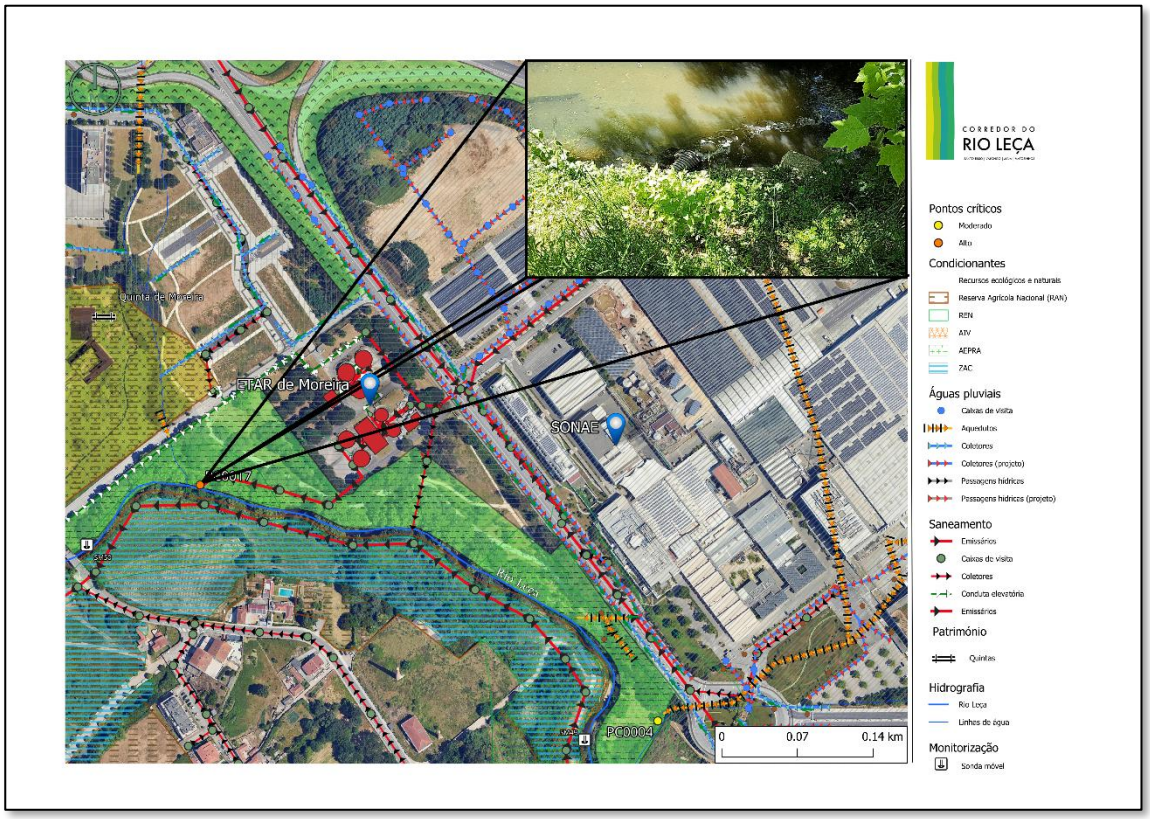



Figura 25: localização e enquadramento do ponto crítico PC0017, resultante das descargas de efluentes da ETAR de Moreira. Esta zona é demarcada pela existência de dois pontos críticos relacionados com descargas, o que a torna relativamente sensível.

Observando, mais uma vez, as camadas referentes às plantas de condicionantes de ordenamento, destaca-se uma zona de cheia de área considerável na margem SW, associada a um solo de infiltração máxima pertencente também à RAN. A margem oposta também se encontra classificada como uma região de recarga de aquíferos,

desta vez associada a áreas verdes importantes de proteção a recursos naturais. Neste sentido, a zona em questão padece de alguma sensibilidade, pelo que a sua monitorização é importante, monitorização essa que se encontra atualmente a ser realizada por via de duas sondas móveis (SM49 e SM50).

### 5.5.3. Descargas ilegais

Apesar de poluentes, as situações apresentadas na subsecção anterior não deixam de ser de legais, visto tratar-se de descargas efetuadas através dos sistemas de redes de águas pluviais e de emissários de ETAR e EEAR. Contudo, ao longo do Leça foram também reportadas situações de descargas ilegais, possivelmente relacionadas com situações de *bypass* nas redes de saneamento.

Assim, a primeira situação desta categoria chega do reporte do ponto crítico PC0001, de nível cítico moderado (Figura 26). A ausência de uma esquematização das redes de saneamento e de águas pluviais do município não permite a determinação exata da origem da descarga. Contudo, a presença forte de áreas agrícolas fundamentais e de um núcleo rural urbano pouco denso e constituído unicamente por núcleos residências bi ou unifamiliares, juntamente com a formatação em vale do relevo

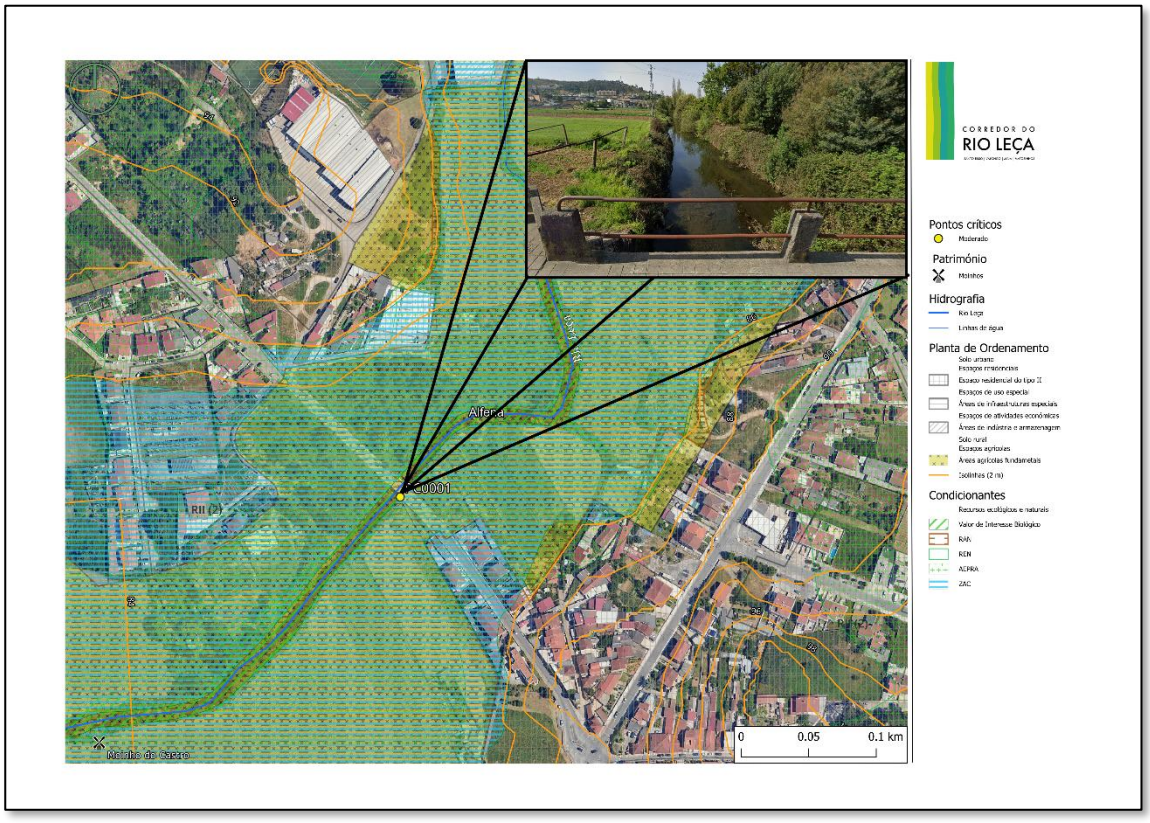



Figura 26: localização e enquadramento do ponto crítico PC001. O enquadramento no meio urbano sugere que a origem da descarga são os núcleos residenciais adjacentes.

integrante sugere que as descargas provêm, não só das culturas adjacentes, como também desses mesmos núcleos, na forma de saneamento e lixiviações através das redes respetivas. Relativamente ao tipo de solo, a carta de condicionantes revela o enquadramento do ponto numa zona extensa de cheia (extensão essa provocada pela morfologia do terreno) associada a solos de infiltração máxima, que por sua vez, pertencem à RAN, o que sugere alguma sensibilidade a descargas poluentes.

Outra das situações que foi reportada foi a de uma descarga de saneamento numa pequena linha de água, não entubada, na freguesia de Águas Santas (Figura 27). Mais uma vez, a água apresenta um tom acastanhado, para além da presença de odores desagradáveis, evidenciando a presença de matéria orgânica proveniente de resíduos sólidos urbanos. Em frente ao pequeno curso, encontra-se a fábrica da Milaneza, que não aparenta ser a origem das descargas, visto que por baixo da mesma apenas surge um pequeno aqueduto de origem desconhecida cujas águas não apresentam qualquer sinal de poluição. Mesmo assim, a coexistência das duas redes pode ser indicativa, da presença de escorrências de lavagens de equipamentos da fábrica, que resultam em efluentes industriais alimentares repletos de matéria orgânica, amidos, corantes naturais e resíduos de limpeza de equipamentos e unidades de




Figura 27: localização e enquadramento do ponto crítico PC0007, de nível alto. Apesar da presença de uma instalação industrial, os resíduos observados são maioritariamente urbanos e de origem desconhecida.

armazenamento, o que pode contribuir para o crescimento extensivo de mato indicado pelas imagens aéreas e confirmado pela COS de 2024.

Apesar da possível contribuição da Milaneza para a descarga de efluentes, a coloração e o odor da pequena linha de água revelam um teor maioritariamente urbano-residual. Relatos dos guarda-rios indicam que a origem dos mesmos poderá ser a zona urbana de São Mamede e a criticidade alta deste ponto levou, não só ao reporte do lado do SMAS (Serviços Municipalizados de Água e Saneamento) como também à instalação de uma sonda móvel para monitorização (SM35).

Quando ao enquadramento local ditado pelas camadas de ordenamento e de condicionantes, observa-se um local complexo que envolve zonas residenciais de várias tipologias com uma área industrial assinalada pela Milaneza e zonas verdes de proteção a recursos naturais e de RAN, parte destas inseridas numa área sensível a cheias, o que sugere a existência de um solo importante sujeito à presença elevada de resíduos orgânicos provenientes de descargas frequentes de efluentes industriais e largadas quase constantes de matéria residual orgânica urbana.

Avançando para o ponto crítico PC0008, deparámo-nos com aquela que será uma das situações mais preocupantes, no que toca a descargas efetuadas de forma ilícita. Deste ponto, chega-nos o relato dos guarda-rios de uma descarga com alegada origem no Estabelecimento Prisional de Custóias (Figura 28). Tendo começado a ser construída em 1961 pela mão de reclusos da Brigada de Trabalho Prisional do Porto, ainda sob o regime do estado novo, este estabelecimento é, atualmente, o maior e o mais seguro de todo o território nacional. Apenas em 1974 é que recebeu os primeiros reclusos masculinos e, até 2004, albergou também uma ala feminina para reclusas. Estruturalmente, o edifício distribui-se por quatro pavilhões de alojamento em celas individuais e camaratas, dispondo ainda de uma Unidade Livre de Drogas, uma secção de segurança e uma Unidade de Saúde. Na parte exterior ao alojamento, um campo desportivo polivalente e uma zona de oficinas compõe o resto das instalações (DGRSP, 2023).

Com uma lotação de 686 lugares e um grau de complexidade de gestão elevado, as quantidades de resíduos gerados por uma instalação com estas dimensões podem ser substanciais, o que pode levar à disposição incorreta dos mesmos. Apesar de a visualização através dos desenhos das redes de saneamento não ser a mais elucidativa quando se trata de analisar este caso em particular, é possível observar uma pequena linha de água que aparenta partir da conexão de um dos ramais do estabelecimento prisional. Para além de um *bypass* ilegal, observa-se o término da rede de saneamento

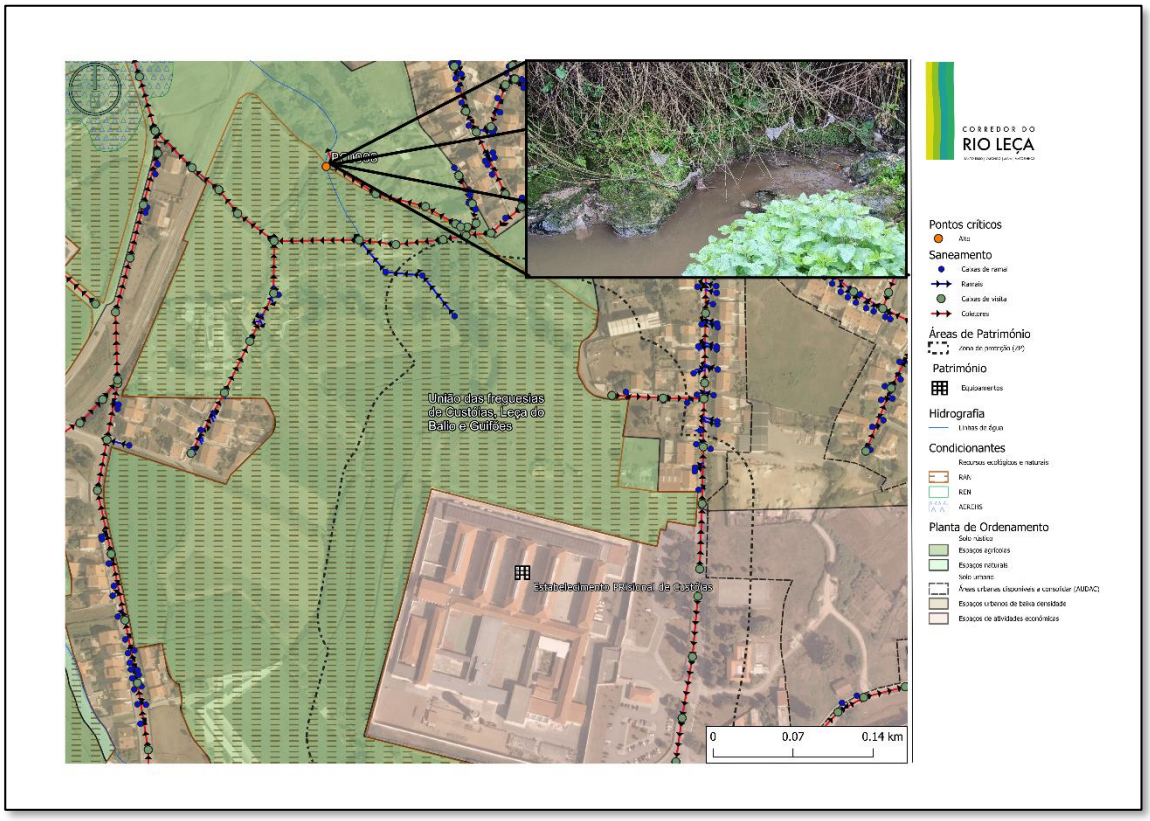



Figura 28: localização e enquadramento do ponto crítico PC0008, resultante de descargas ilegais efetuadas pelo estabelecimento prisional de Custóias.

nessa mesma linha de água. Assim, a linha em questão em questão recebe matéria residual, não só dos agregados urbanos próximos, como também do estabelecimento em causa, através de uma linha entubada à parte. Isto pode ser comprovado pelos registos efetuados pela equipa de campo que, não só relatou a presença de odores intensos, como também de resíduos sanitários como dejetos e papel higiénico. Através da camada das linhas de água, é ainda possível observar que que as águas seguem o seu trajeto até ao Leça, desaguando junto à Ecopista de Crestins.

Analisando mais uma vez as plantas de condicionantes e de ordenamento onde o ponto se enquadra, a planta de Matosinhos apenas permite identificar o local como uma área agrícola. Contudo, a COS revela-nos que o ponto e a linha de água se encontram sobre uma zona de matos e que os terrenos agrícolas envolventes são utilizados para culturas anuais. Apesar da presença de matos e vegetação herbácea espontânea, grande parte da área está enquadrada na RAN, o que se reflete em alguma sensibilidade dos solos a cargas poluentes.

Não muito longe do ponto crítico anterior e já nas margens do Leça, foi reportada uma outra situação relacionada com uma descarga ilícita, desta vez, segundo os guarda-rios, com origem numa vacaria próxima (Figura 29). Quando se fala de resíduos

gerados por albergues de animais, é certo que a composição dos mesmos será maioritariamente orgânica, podendo conter dejetos, restos de alimentos e ração e desperdícios de turfa e plântulas hortícolas. Estes tipos de resíduos de elevados teores em matéria orgânica tendem a produzir efeitos nocivos em ambientes fluviais, nomeadamente altos níveis de eutrofização, que depois se insurgem nas espécies piscícolas e vegetais, na medida em que limitam a presença de luz e oxigénio nas águas.

A zona em afetada revela-se importante, não só em termos patrimoniais, devido à presença de uma ponte histórica e de um moinho, como também em termos agrícolas, dado que praticamente toda a área envolvente pertence à RAN, sendo esta composta, na sua maioria, por culturas anuais de primavera/verão. Na margem N do local do ponto, parte dos terrenos são ainda classificados como uma área estratégica de recarga de aquíferos, isto é, de infiltração máxima, aspeto que retrata um pouco da sensibilidade dos solos em questão. A sensibilidade do local levou assim à colocação de uma sona móvel de monitorização para controlo dos parâmetros mais importantes da água do local.

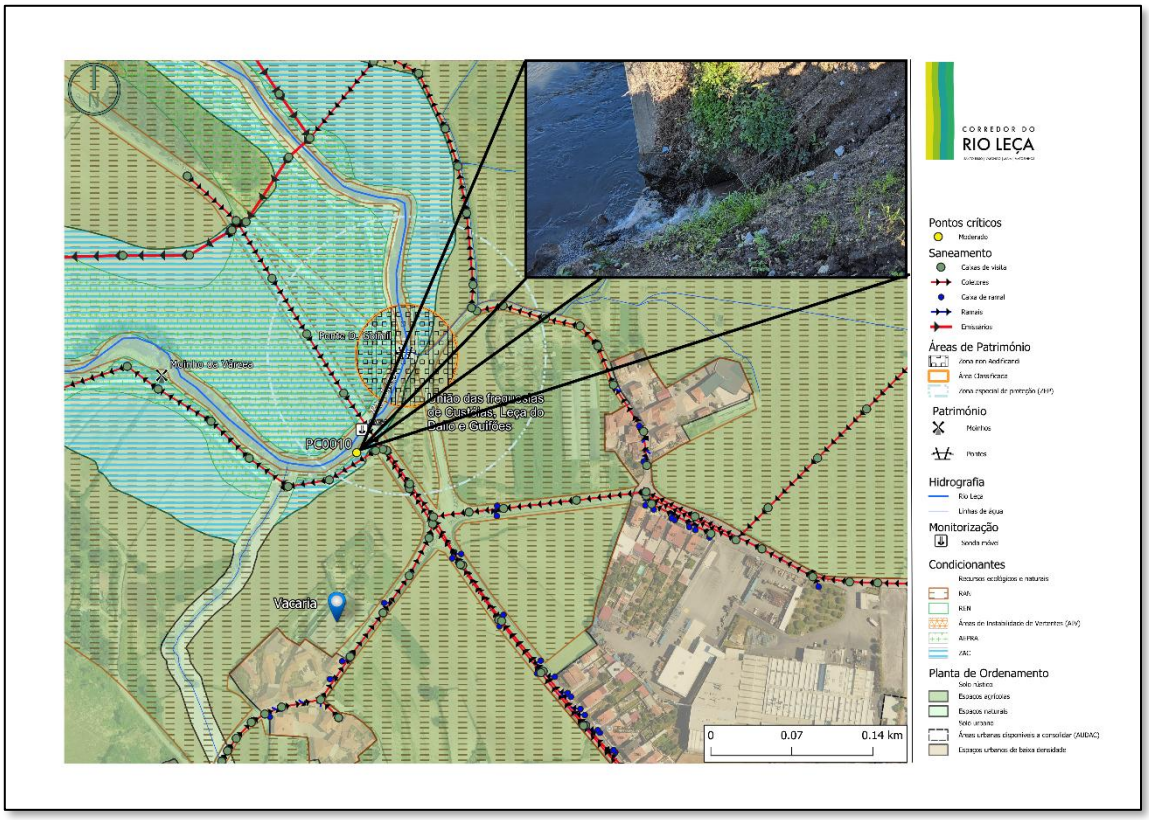



Figura 29: localização e enquadramento do ponto crítico PC0010, provocado por uma descarga num Vacaria no percurso fluvial do Leça.

Finalmente, a situação a ser reportada mais tardiamente foi a de um *bypass* ilegal localizado na zona industrial de Leça do Balio, segundo relatos registados pelos guarda-rios (Figura 30). Após a visita a uma obra no recinto do parque industrial, os mesmos depararam-se com uma linha de água acastanhada e odor intenso e, depois de uma investigação em que seguiram o percurso da água desde a consequência até à origem, reportaram uma ligação ilegal denunciada pelos funcionários da obra. Dada a origem numa zona industrial extremamente diversificada, é difícil a identificação exata da origem, contudo, a presença de uma estação elevatória mais a Sul, na estação de metro da Arroteia, sugere que os resíduos provenham de descargas de emergência efetuadas para a mesma linha de água, mais a montante.

Fazendo o enquadramento do ponto, o mesmo insere-se numa área urbana de baixa densidade ladeada a W por uma área agrícola pertencente à reserva nacional. Apesar de se encontrar num local pouco sensível, o resto das duas linhas de água, para montante, percorre uma zona intensamente industrializada e urbanizada, fazendo com que a propensão a descargas de emergência e ligações ilegais seja elevada. Neste sentido, a monitorização deste pequeno curso de água que desagua na Ribeira de

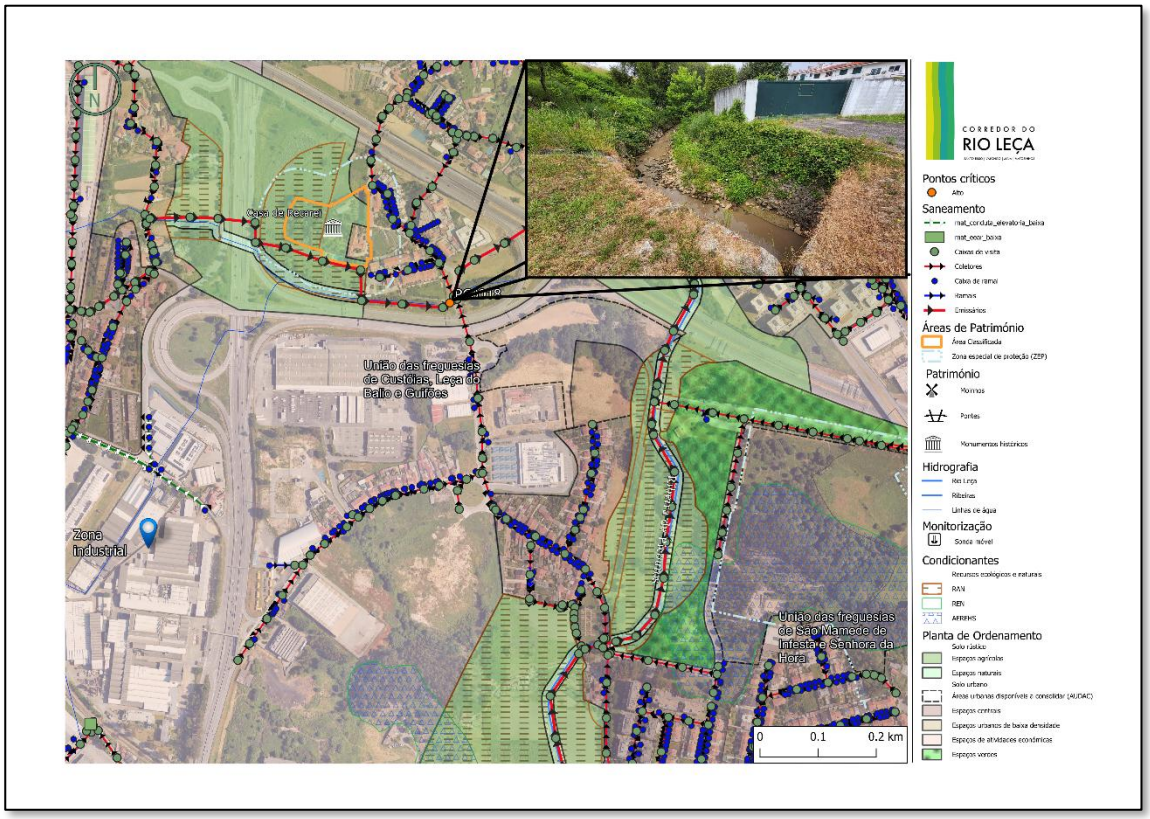



Figura 30: localização e enquadramento do ponto crítico PC0018, registado no âmbito de um alegado *bypass* no saneamento. Apesar das alegações, os dados recolhidos sugerem que se trata de uma descarga de emergência de uma EEAR.

Picoutos revela-se importante no controlo das águas que desaguam no Leça, o que é feito através da sonda móvel SM39 no local desse mesmo desaguamento.

Por fim, nem todas as situações encontradas estão relacionadas com descargas intencionais. Por vezes, o caudal excessivo, o excesso de sólidos suspensos e o mau funcionamento dos equipamentos pode levar a escorrências acidentais de águas residuais nas linhas de água. Foi este o caso no ponto crítico PC0015, provocado pelo transbordo das águas de um emissário numa caixa de visita entupida, na freguesia de São Pedro Fins, Município da Maia (Figura 31).

É importante referir que esta rede de emissários recebe grandes quantidades de águas, não só de indústrias, mas também de rejeições urbanas de várias freguesias, facto que é comprovado pela observação do esquema da rede de saneamento da Maia. Mais especificamente, até à zona crítica assinalada, o emissário conduz águas residuais de parte da União de Freguesias de Coronado (Trofa) de grande parte da Freguesia de Folgosa (Maia), de um pequeno parque industrial de Nogueira e Silva Escura (Maia) e de parte de um aglomerado industrial e residencial da Freguesia de São Pedro Fins (Maia). Deste modo, pode deduzir-se que as águas encontradas possuem teores elevados de matéria orgânica e sólidos suspensos, o que justifica o reporte da situação

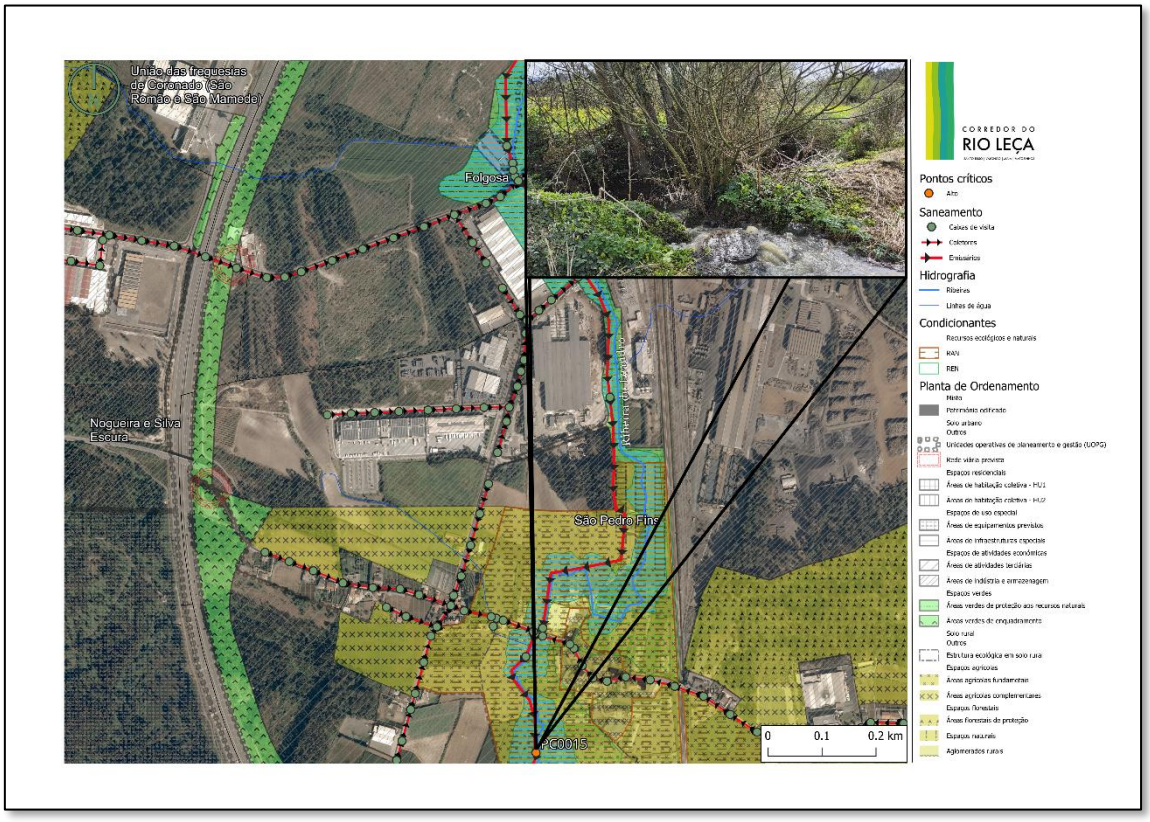



Figura 31: localização e enquadramento do ponto crítico PC0015, despoletado pelo entupimento de uma caixa de visita de um emissário de elevada carga residual urbana e industrial.

com um nível crítico alto. É também importante destacar que a quase totalidade do emissário, até este ponto, corre a par com a Ribeira do Leandro.

Como se pode observar pelo enquadramento nas cartas de ordenamento e condicionantes, o ponto encontra-se inserido numa zona algo complexa maioritariamente composta por áreas agrícolas, parte das quais se encontram inseridas na RAN áreas e industriais, estando também associado a uma pequena área de cheia. É de destacar que um ambiente industrializado e rodeado por culturas agrícolas anuais de primavera/verão (segundo a COS) com este tende sempre a ter um impacto negativo nas linhas de água próximas devido ao surgimento de escorrências resultantes das culturas e da lavagem de equipamentos fabris (como se observou em alguns dos pontos críticos anteriores), pelo que uma monitorização das águas da Ribeira do Leandro, que é feita pela sonda móvel SM65 torna-se fundamental.

## 5.6. Biodiversidade

No que toca aos valores de biodiversidade, as margens do Leça destacam-se, essencialmente pela presença muito variada de várias espécies de avifauna e de espécies arbóreas ripícolas. No entanto, o seu leito sofre de uma perda gradual de espécies aquáticas piscícolas e anfíbias à medida que se avança para jusante, devido aos maiores níveis de urbanização e à existência mais frequente de locais afetados por descargas de efluentes poluentes.

No âmbito da valorização dos valores de biodiversidade, as camadas criadas para inventariação de árvores de grande porte e plantas invasoras foram utilizadas para avaliar a presença de espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas ripícolas não ripícolas numa secção do corredor verde do Leça. A secção selecionada perfaz um troço do corredor verde do Leça, partindo da Ponte Moreira, situada no parque homónimo, até à Ponte da Pedra, num total de cerca de 5,8 km de extensão e 8,7 há de área, cobrindo apenas a margem acessível do Leça (Figura 32).

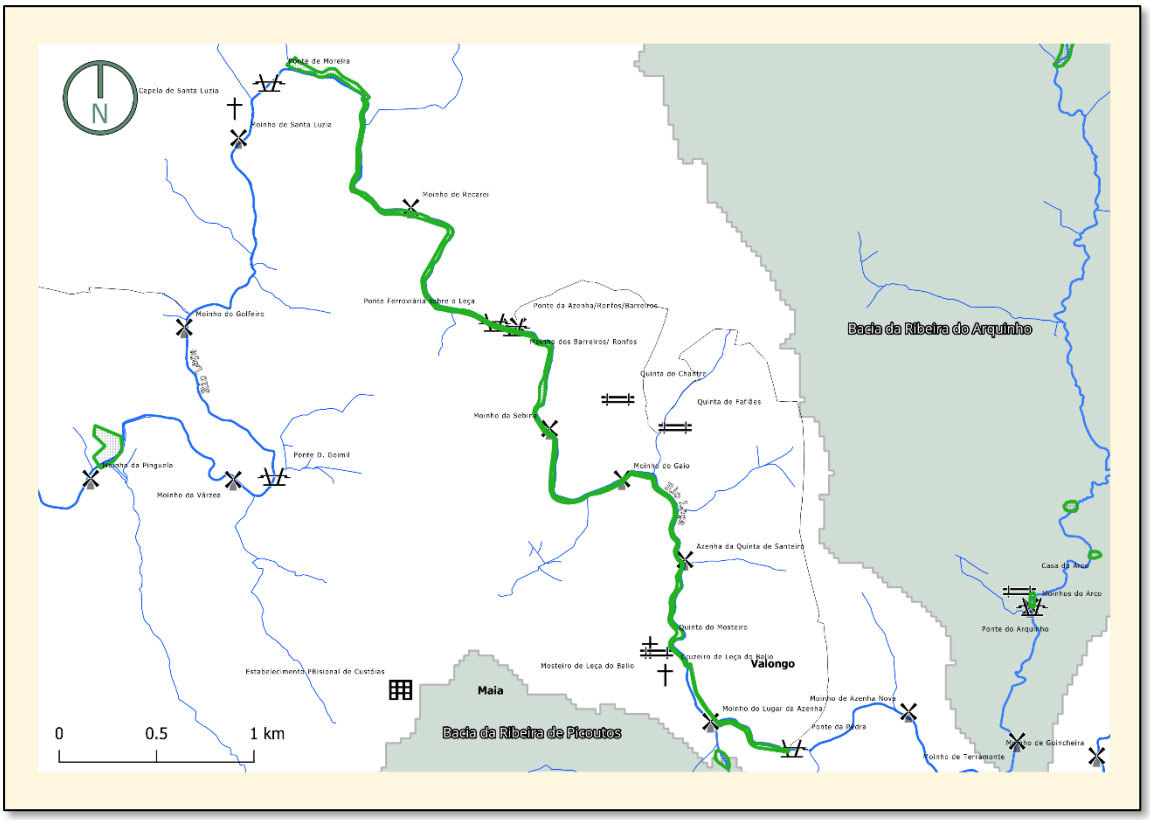


Figura 32: área de amostragem selecionada para registo de gigantes verdes e espécies invasoras, junto ao Rio Leça.

## 5.6.1. Árvores de grande porte

Ao longo de várias semanas foram realizados levantamentos de árvores de grande porte, sendo feita a sua caraterização no que toca a dimensões, ao seu estado de saúde e à presença de biodiversidade. Assim, ao longo dos quase 6 km de extensão que perfazem a secção do corredor verde do Leça, foram registados 140 exemplares com um perímetro de tronco à altura do peito superior a 1,5 m, na sua maioria, num estado saudável. Apesar de registados e caraterizados quanto aos micro-habitats presentes, alguns exemplares não puderam ser medidos quando ao seu PAP devido a se encontrarem em locais de difícil acessibilidade, o que resultou numa grande

variabilidade na dimensão das amostragens de cada espécie, incluindo espécies com apenas um exemplar registado e medido (Tabela 6).

Observando a tabela, vêm-se contabilizados, dos 140 exemplares registados, apenas 88 com troncos medidos, sendo que os restantes viram a medição impossibilitada pelo difícil acesso. Sendo a árvore mais frequentemente encontrada junto das margens, o plátano (*Platanus*) destacou-se como a espécie com maior número de exemplares, totalizando 46 registos, 26 deles medidos. A seguir a esta, o choupo é a que demonstra o maior nível de proliferação, com 20 exemplares medidos de um total de 24. Em terceiro lugar, o carvalho comum destacou-se, com 12 exemplares medidos de um total de 20.

Relativamente aos perímetros, dos exemplares com uma amostragem superior a 2, os plátanos revelaram os maiores valores médios de perímetro e diâmetro. Contudo, o desvio padrão elevado revelou uma grande variabilidade entre medições, resultado do facto de muitas das árvores serem compostas por mais do que um tronco e da medição ser feita à volta de todo o conjunto, o que também justifica o máximo de 7,20 m que é encontrado para esta espécie (Figura 33).

Tabela 6: contagem de elementos registados, elementos medidos e respetivos perímetros e diâmetros médios de tronco.

| Especie | Nº total de exemplares | Exemplares medidos | Perímetro a volta do peito (m) | | | | Diâmetro médio à volta do peito (cm) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Média | Mínimo | Máximo | Desvio padrão | Média | Mínimo | Máximo | Desvio padrão |
| Amieiro (*Alnus glutinosa*) | 1 | 0 | | | | | | | | |
| Carvalho comum (*Quercus*) | 20 | 12 | 2.28 | 1.80 | 3.10 | 1.137 | 72.68 | 57.30 | 98.68 | 36.189 |
| Carvalho-alvarinho/Carvalho-galego (*Quercus robur/orocantabrica*) | 13 | 9 | 2.18 | 1.68 | 2.65 | 0.984 | 69.43 | 53.48 | 84.35 | 31.334 |
| Carvalho-Negral (*Quercus pyrenaica*) | 2 | 0 | | | | | | | | |
| Carvalho-pétreo (*Quecus petraea*) | 1 | 1 | 1.62 | 1.62 | 1.62 | | | | | |
| Choupo (*Populus*) | 6 | 2 | 1.95 | 1.90 | 2.00 | 0.050 | 62.07 | 60.48 | 63.66 | 1.592 |
| Choupo-Negro (*Populus nigra*) | 24 | 20 | 2.47 | 1.66 | 4.00 | 1.071 | 78.56 | 52.84 | 127.32 | 34.091 |
| Eucalipto-Comum (*Eucalyptus globulus*) | 7 | 5 | 2.81 | 1.80 | 5.10 | 1.627 | 89.45 | 57.30 | 162.34 | 51.778 |
| Freixo (*Fraxinus*) | 2 | 2 | 2.40 | 1.90 | 2.90 | 0.500 | 76.40 | 60.48 | 92.31 | 15.916 |
| Freixo-Comum (*Fraxinus angustifolia*) | 7 | 3 | 2.12 | 2.00 | 2.25 | 0.921 | 67.38 | 63.66 | 71.62 | 29.312 |
| Mimosa (*Acacia dealbatat*) | 1 | 1 | 2.10 | 2.10 | 2.10 | | | | | |
| Carvalho-americano (*Quercus rubra*) | 1 | 1 | 1.70 | 1.70 | 1.70 | | | | | |
| Plátano (*Platanus*) | 46 | 26 | 3.54 | 1.90 | 7.20 | 2.021 | 112.63 | 60.48 | 229.18 | 64.333 |
| Sabugueiro (*Sambucus nigra L.*) | 1 | 1 | 4.60 | 4.60 | 4.60 | | | | | |
| Salgueiro comum (*Salix salviifolia*) | 2 | 0 | | | | | | | | |
| Salgueiro-branco (*Salix alba*) | 2 | 1 | 3.30 | 3.30 | 3.30 | | | | | |
| Salgueiro-Preto (*Salix atrocinerea*) | 2 | 2 | 3.05 | 2.90 | 3.20 | 0.150 | 97.08 | 92.31 | 101.86 | 4.775 |
| Sobreiro (*Quercus suber*) | 2 | 2 | 2.55 | 2.50 | 2.60 | 0.050 | 81.17 | 79.58 | 82.76 | 1.592 |

| Especie | Nº total exemplares | Exemplares medidos |
|---|---|---|

| | | |
|---|---|---|
| **Amieiro (Alnus glutinosa)** | 1 | 0 |
| **Carvalho comum (Quercus)** | 20 | 12 |
| **Carvalho-alvarinho/Carvalho-galego (Quercus robur/orocantabrica)** | 13 | 9 |
| **Carvalho-Negral (Quercus pyrenaica)** | 2 | 0 |
| **Carvalho-pétreo (Quecus petraea)** | 1 | 1 |
| **Choupo (Populus)** | 6 | 2 |
| **Choupo-Negro (Populus nigra)** | 24 | 20 |
| **Eucalipto-Comum (Eucalyptus globulus)** | 7 | 5 |
| **Freixo (Fraxinus)** | 2 | 2 |
| **Freixo-Comum (Fraxinus angustifolia)** | 7 | 3 |
| **Mimosa (Acacia dealbatat)** | 1 | 1 |
| **Carvalho-americano (Quercus rubra)** | 1 | 1 |
| **Plátano (Platanus)** | 46 | 26 |
| **Sabugueiro (Sambucus nigra L.)** | 1 | 1 |
| **Salgueiro comum (Salix salviifolia)** | 2 | 0 |
| **Salgueiro-branco (Salix alba)** | 2 | 1 |
| **Salgueiro-Preto (Salix atrocinerea)** | 2 | 2 |
| **Sobreiro (Quercus suber)** | 2 | 2 |

Com o choupo-negro (*Populus nigra*), a situação de árvores com múltiplos troncos não é tão frequente, o que resulta em valores de perímetros menos inflacionados, nomeadamente um perímetro médio de 2,47 m e um máximo de 4 m, o que também resulta numa variabilidade mais reduzida, comprovada pelo desvio padrão mais baixo. Dado que o valor do diâmetro médio está dependente do valor do perímetro, as mesmas observações podem ser feitas para este campo.

Relativamente ao estado de saúde dos exemplares registados, observa-se um teor de árvores saudáveis bastante elevado. Contudo, existem exceções, na sua maioria localizadas, de árvores afetadas pelo crescimento excessivo de heras e lianas e algumas com sinais de apodrecimento interno, que se reflete na existência de fissuras, galerias e microssolos nos troncos, situações aparentemente regulares em árvores com mais idade. Dentro destas situações, existe, apesar de tudo, uma que se destaca, mais



Figura 33: exemplos de espécimes com mais do que um tronco cuja medição teve de ser realizada à volta de todo o conjunto, inflacionando assim o valor do perímetro e do diâmetro. À esquerda, o exemplar de plátano com 7,20 m de perímetro e à direita, um choupo-negro com 4,40 m.

especificamente junto da Ponte de Moreira, onde se encontra um conjunto mais elevado de plátanos afetados pelo que parece ser um apodrecimento excessivo da casca. Nesta espécie, a perda de casca e o surgimento de madeira mais clara por baixo é um acontecimento normal, como se pode observar numa das figuras acima. Contudo, no caso destas árvores, a casca apresenta um aspeto escuro e húmido, enquanto revela fissuras e feridas alargadas (Figura 34), possivelmente pela presença num ambiente muito húmido e impulsionador da propagação de fungos do género *Phytophtora*, um grupo de protistas que já conta com mais de cem espécies reconhecidas e caraterizadas (Kroon et al., 2012). Para além disso, é de destacar a presença de dois pontos críticos, PC0004 e PC0017, relacionados com descargas de efluentes da SONAE e da ETAR de Moreira, respetivamente, fator que pode estar relacionado diretamente com a elevada degradação da casca das árvores e a propagação rápida de fungos e doenças devido aos elevados teores de matéria orgânica (Figura 35). Dito isto, esta zona em específico da área de amostragem requer um estudo mais aprofundado, não só da qualidade das águas do local, como também da integridade estrutural das árvores. É possível afirmar, não obstante, que a qualidade da água do local pode ter um impacto significativo nos

solos circundantes, devido aos elevados teores de infiltração, já que, cruzando estes dados com os das cartas de condicionantes, denota-se que o local em questão está

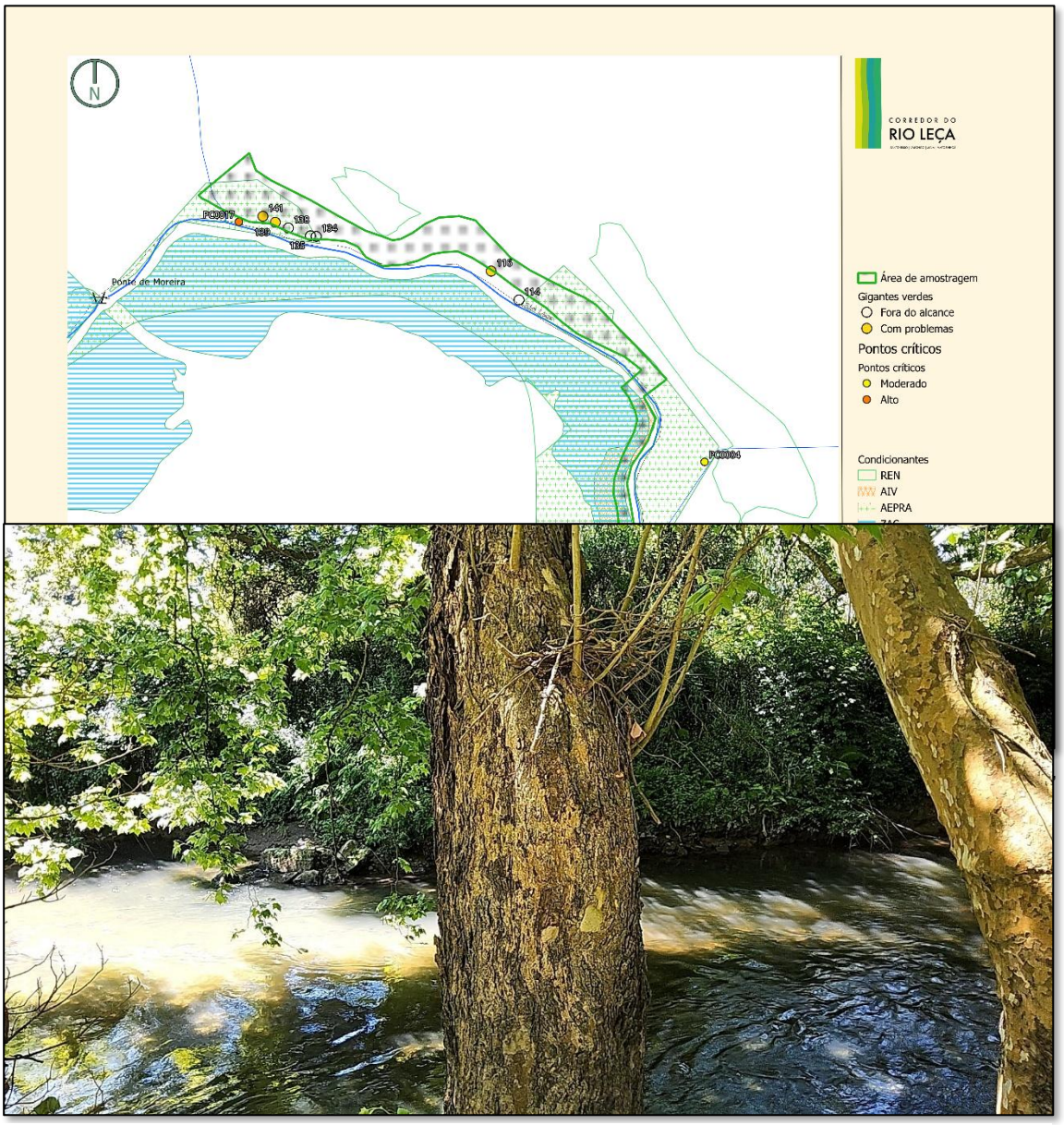



Figura 34: exemplo de plátano com sinais de apodrecimento da casca, possivelmente provocados por uma infeção fúngica.

identificado como uma Área Estratégica de Proteção e Recarga de Aquíferos.

### 5.6.2. Plantas invasoras

Como segundo bioindicador, optou-se por realizar um cadastro de espécies de plantas ripícolas invasoras ao longo do mesmo setor das gigantes verdes. Após uma primeira observação, destacou-se a presença forte de três espécies distintas: sanguinária-do-Japão (*Fallopia japónica*), mil-folhas-aquático (*Myriophyllum aquaticum)* e cana-do-reino (*Arundo donax L.*).

A sanguinária-do-Japão é uma erva perene da família *Polygonaceae*, de folhas largas e ovadas cujos caules aéreos podem atingem os 3m de altura no seu máximo (Figura 36). Destes surgem ainda pequenas flores esbranquiçadas acima da parte vegetativa da planta. Quando bem desenvolvida, os caules avermelhados tornam-se ocos e cilíndricos de nós e entrenós bem demarcados e ápices em zig-zag. As folhas, gladulosas, são truncadas na base e possuem pecíolos avermelhados. A sua natureza invasora é-lhes facilitada pela presença de rizomas subterrâneos cuja riqueza em amido atinge os 50% peso seco, chegando a estar soterrados a profundidades de até 3 m. A sua reprodução pode dar-se de forma assexuada, através de sementes, ou por propagação vegetativa e a sua grande capacidade de adaptação a climas temperados provoca o sufocamento da vegetação circundante por sombreamento e a necrose nas suas raízes através de substâncias alelopáticas. Para além de danos biológicos e paisagísticos, esta espécie também é responsável pela diminuição da visibilidade nas estradas nos caminhos ferroviários, danos em canais fluviais, construções e obras públicas. O controlo do seu crescimento pode ser feito de várias formas, nomeadamente o arranque manual, que não é fácil dada a necessidade de remoção de todos os fragmentos subterrâneos e a fácil propagação por transporte; a utilização de geotêxtis subterrâneos; o controlo químico com glifosato (tóxico para invertebrados aquáticos) e o controlo biológico através de insetos e animais ruminantes. Apesar de originária do Japão, Coreia e China, distribui-se em Portugal como invasora nas regiões do Minho, Douro Litoral, Beira Litoral e Estremadura (Invasoras.pt, 2023a).



Figura 36: núcleo de *Fallopia japonica* encontrado nas margens do Leça, com mais de 2 m de altura. Nesta imagem é possível observar a elevada desidade que estes núcelos podem atingir.

Conhecida vulgarmente como pinheirinha e milefólio-aquático, a *Myriophyllum aquaticum* é uma erva aquática de aspeto semelhante a um pequeno sublenhoso na base, de folhas emergentes azul-esverdeadas, podendo atingir 2 m de altura (Figura 37). Cada nó possui entre quatro e seis folhas emergentes, com 15-40 mm de comprimento, cobertas por glândulas hemisféricas muito pequenas, transparentes e recortadas em oito a trinta segmentos de 3-6 mm. As flores, unissexuais, apresentam um aspeto amarelado ou rosa-claro e a sua propagação é facilitada por fragmentação dos caules, provocado por ações mecânicas, pelo que os rizomas resistentes conseguem viajar grandes distâncias agarrados aos cascos dos barcos e é feita através do crescimento de tapetes que podem cobrir totalmente a superfície da água e reduzir a sua qualidade, a sua biodiversidade, a quantidade de luz e o seu fluxo. Como impactes negativos, destaca-se a diminuição do aproveitamento recreativo das zonas invadidas, problemas em sistemas de rega e o aumento da incidência de mosquitos. O seu controlo pode ser feito através de remoção manual, recorrendo a redes e dragagens; o ensombramento natural ou artificial das áreas afetadas; o controlo químico com herbicida e o controlo biológico com o escaravelho desfolhador (*Lysathia sp.*). Originária dos Estados meridionais do Brasil, Peru, Uruguai, Argentina e Chile, em Portugal distribui-se pelas regiões do Minho, Douro Litoral, Beira Litoral, Estremadura, Ribatejo e Alto Alentejo (Invasoras.pt, 2023b).



Figura 37: pequeno núcleo de *Myriophyllum aquaticum* nas margens do Leça. Na área observada, esta espécie encontra-se ainda pouco propagada, contudo, deve ser observada com atenção, dados os rsiscos que representa para as espécies de fauna e flora aquáticas locais.

O *Arundo donax* L., conhecido vulgarmente como cana, canavieira, cana-do-reino ou cana-comum é uma erva perene de grande porte com até 6 m, rizomatosa, de caules longos, robustos, cilíndricos, ocos, simples ou pouco ramificados e com os nós envolvidos pelas bainhas das folhas (Figura 38). A sua folha dispõe-se com 1-8 cm de largura, apresentando um aspeto lancelado-linear, de margens cortantes, aurículas verde-amareladas na base e longamente atenuadas em pontas finas. Quanto às flores, estas dão-se entre agosto e outubro e reúnem-se em panículas violáceas, com 30-90 cm, oblongas, densas e contraídas, geralmente com pedúnculo curto e ráquila lisa e sem pelos e os frutos consistem em cariopses oblongas, desprovidas de sementes viáveis fora das áreas de distribuição nativa. Tal como para a sanguinária, estas reproduzem-se unicamente por via vegetativa através do transporte de rizomas pelos cursos de água, originando novos focos a grandes distâncias, apresentando taxas de crescimento muito altas, que podem mesmo ser aceleradas pelo corte. Os seus ramos, quando mortos, são inflamáveis e esta é capaz de se regenerar após ser queimada. Nas áreas afetadas, esta planta ocupa áreas externas, impedindo o desenvolvimento da vegetação nativa de zonas ribeirinhas a afetando diretamente a nidificação de algumas espécies de aves de forma grave. A sua remoção implica custos elevados e em linhas de água constitui um problema ao escoamento aumentando o risco de cheias e enxurradas, podendo, em casos extremos, impedir a circulação de embarcações e provocar danos estruturais em pontes e barragens. Devido À inflamabilidade das canas,

mesmo quando verdes, constitui também um risco de incêndio. O seu controlo pode ser feito através da do arranque manual ou corte de espécimes jovens com rizomas de dimensões reduzidas, com até 2 m de altura, preferencialmente, na época das chuvas e do controlo químico através de herbicidas, sendo que estas duas opções podem ser aplicadas em conjunto para uma maior eficácia. Não havendo muito conhecimento sobre a origem da espécie, presume-se que seja nativa da parte oriental da Europa e Ásia temperada e tropical, sendo que em Portugal invade toda a região continental e das ilhas.



Figura 38: foco de crescimento de *Arundo donax L.* junto ao Leça. É nesta fase de crescimento que a remoção dos rizomas desta espécie é mais importante para evitar o crescimento descontrolado.

De uma forma geral, todas estas espécies crescem em pequenos núcleos pouco propagados. Embora os núcleos de sanguinária-do-Japão apresentem áreas de propagação mais pequenas, o seu crescimento na área em questão revela-se muito mais denso e mais avançado, atingindo os 2 m de altura em alguns locais. Isto torna-a, das três espécies registadas, a mais preocupante e cuja monitorização deve ser feita de forma mais atenta. Já os núcleos de cana-do-reino revelam-se muito mais dispersos entre si e com áreas bastante mais alargadas de crescimento de pequenos caules, chegando a atingir os 189 $m^2$ de área de dispersão. Destas, são ainda encontrados alguns locais de crescimento avançado a não ultrapassar os 2 m de altura. Apesar da pequena dimensão dos focos encontrados, a atuação sobre esta espécie, isto é, a sua remoção, deve começar a ser efetuada nos focos de menor altura de maneira a prevenir a sua dispersão desenfreada. Relativamente aos mil-folhas-aquáticos, estes tendem a

propagar-se em pequenos núcleos aquáticos junto das margens, não excedendo os 30 cm de altura e os 20 m de área de propagação. Assim, de momento, não representam uma situação preocupante, contudo, a sua monitorização deve ser feita devido aos riscos que a mesma representa para espécies aquáticas de fauna e flora.

# 6. Conclusão

Num ambiente fluvial dinâmico e constantemente pressurizado pelo sufoco do crescimento populacional e urbano constantes, é importante manter um processo de monitorização regular e consistente que seja capaz de ter em conta os aspetos mais importantes do cenário ripícola. Para tal, não só a existência de uma equipa profissional de campo é essencial, como também um sistema eficiente e intuitivo de registo e cadastro de objetos. Este processo de cadastro torna-se depois importante na implementação de medidas de intervenção nas margens ribeirinhas e até mesmo na mitigação de problemas como focos de poluição, falhas de infraestruturas importantes, focos de crescimento de plantas invasoras e até mesmo áreas sujeitas a risco de incêndio. No âmbito deste mesmo registo foram construídas várias camadas com o intuito de criar uma ferramenta que, para além de servir como um braço de apoio aos guarda-rios, responsáveis pela monitorização e salvaguarda das margens da bacia do Leça, pretende também servir como uma ferramenta de consulta aos membros da associação.

Este trabalho teve assim como principal objetivo a exemplificação das funcionalidades das camadas criadas através da análise de vários parâmetros significativamente relevantes da bacia do Leça, para possíveis análises de intervenções futuras, análises essas que foram efetuadas através do cruzamento dos dados recolhidos, compilados e categorizados. Foram ainda criados vários *layouts* com o intuito de tornar mais apelativa a divulgação do panorama geral da bacia a vários níveis. Desta forma, o projeto tendeu a criar as bases para o desenvolvimento de uma base de dados mais complexa e que até pode ser integrada num *websig* no *website* da própria associação através de um mapa interativo que pretenda tornar o processo de valorização ainda mais acessível.

Ao longo do traçado do Leça é encontrado um cenário topográfico que vê os seus declives a crescerem conforme se avança para montante, juntamente com um panorama de urbanização decrescente na mesma direção, que vê grandes centros

históricos virarem pequenos aglomerados rurais e grandes florestas interrompidas por infraestruturas dedicadas à exploração de minério e rocha. Tudo isto enquanto a principal linha de água se afina e se distribui por bacias mais recheadas de pequenas artérias fluviais que perdem a necessidade de ser entubadas e circulam através de cambissolos e luvissolos húmidos graníticos e xistosos. No meio deste cenário, observam-se várias zonas sensíveis associadas a vertentes instáveis e locais ameaçados pelas cheias e pela erosão hídrica que ameaçam, não só as populações, mas também o património nelas inserido, o qual, como seria de esperar de um ambiente fluvial antigo, se revela maioritariamente constituído por moinhos e pontes históricas, alguns já num estado de decomposição avançado.

Não só é feito o Leça de valores antropológicos, mas também de uma riqueza natural que, ao longo das últimas décadas, tem vindo a crescer graças a projetos como os da Associação do Corredor do Rio Leça e que se dá como provada através da grande biodiversidade da região, quer animal, quer vegetal. Assim, no sentido de dar algum realce a essa mesma biodiversidade, mais concretamente à parte vegetal, foi efetuado um registo de espécies arbóreas de grande porte e de espécies invasoras, quer arbustivas, quer arbóreas, quer aquáticas. Os registos destes dois parâmetros tornam-se importante, pois as árvores de grande porte, para além da função de arrefecimento dos solos e da absorção carbónica, são habitat de várias espécies importantes de aves e insetos, e as invasoras, que representam um risco para as espécies nativas, quer de plantas, quer de animais, devem ser monitorizadas e ter o seu crescimento regulado e monitorizado.

Estes valores naturais são muitas vezes ameaçados por fatores externos aos fenómenos naturais, nomeadamente fatores das intensivas atividades humanas, sejam estas industriais ou urbanas. Todas estas atividades têm como resultado a produção de resíduos a diferentes escalas, que depois são transportados por extensas redes de saneamento até centros de tratamento, cujas águas tratadas são depois largadas na linha de água mais próxima ou até mesmo no oceano. Apesar de toda a complexidade dos processos de tratamento das águas residuais, por vezes os caudais dos afluentes das estações elevatórias e mesmo das estações de tratamento atingem o limite, o que resulta em descargas de emergência de efluentes não tratados, por vezes extremamente poluentes, dados os elevados teores de matéria orgânica e sólidos suspensos. Apesar de tudo, estas descargas não apresentam qualquer tipo de ilegalidade e servem para manter o normal funcionamento dos equipamentos no caso de sobrecarga. Já as descargas ilegais, essas podem provir de falhas nas próprias redes

de saneamento e até mesmo ligações ilegais de origem desconhecida, como foi um dos casos analisados neste trabalho. Num caso distinto, as águas residuais podem surgir a partir das redes de águas pluviais e muitas vezes resultam do processo de lavagem de equipamentos industriais, pelo que o teor destas águas tende a variar consoante a sua origem.

Ao longo das últimas décadas, os espaços verdes do Leça têm vindo a ser alvo de grandes melhorias, quer a nível estrutural, quer a nível natural, graças a projetos de reabilitação como o da Associação Corredor do Rio Leça, dado que, projetos como este, incentivam a valorização dos espaços naturais da bacia por parte dos municípios e por parte das populações. Ao longo deste trabalho, foi possível observar alguns efeitos dessas melhorias na preservação do património histórico e natural destes espaços e contribuir para essa mesma preservação na forma da construção de uma ferramenta de cadastro que permita aos intervenientes e, num futuro próximo, aos forasteiros, interagir e acompanhar todo o processo de intervenção e reabilitação em tempo real.

Assim, para projetos futuros, os dados e os *layouts* aqui partilhados e muitos outros que possam vir a surgir através do desenvolvimento da base de dados, poderão ser divulgados através da integração de um *websig* interativo. Através da elaboração de *layouts* como os que aqui foram mostrados, poderá também ser feita uma mostra ao longo do Leça através da instalação de painéis informativos que tenham como principal intuito sensibilizar a população para os problemas que ainda assolam a sua rede hidrográfica. Esses mesmo layouts poderão ainda ser utilizados em campanhas de sensibilização em escolas e exposições. Fontes como o Sistema de Monitorização da Ocupação do Solo (SMOS) e o SNIG e poderão também ser utilizadas na avaliação do estado da vegetação ripícola através de produtos como os Mapas Intra-Anuais do Estado da Vegetação (MIAEV) (DGT, 2025). Para além da contínua caraterização dos aspetos biofísicos da bacia para uma melhor aproximação no que toca à implementação de medidas de intervenção, sugere-se também a continuação da categorização e catalogação dos dados disponibilizados no *Masterplan*, tendo sempre em atenção a sua atualidade.

# Referências Bibliográficas

Agencia Estatal de Meteorología (Ed.). (2011). *Atlas climático ibérico: Temperatura del aire y precipitación (1971-2000) = Iberian climate atlas*. Instituto Nacional de Meteorología.

Agência Portuguesa do Ambiente. (2017). *Sobre o SNIAmb*. SNIAmb - Sistema Nacional de Informação do Ambiente. https://sniamb.apambiente.pt/content/sobre-o-sniamb?language=pt-pt

Ambisitus - Projetos, Gestão e Avaliação Ambiental, Lda. (2014). *Estudo de Impacte Ambiental do Loteamento do Parque de Negócios das Empresas Sonae* (pp. 7 e 8) [Resumo não técnico]. https://siaia.apambiente.pt/AIADOC/AIA2808/rnt2808201411179210.pdf

Asadollahfardi, G., Asadi, M., Jafari, H., Moradi, A., & Asadollahfardi, R. (2015). Experimental and statistical studies of using wash water from ready-mix concrete trucks and a batching plant in the production of fresh concrete. *Construction and Building Materials*, *98*, 305–314. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.053

Assembleia da República. (s.d.). *Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG)* [Ficha institucional, PDF]. Assembleia da República. https://app.parlamento.pt/webutils/docs/doc.pdf?path=6148523063446f764c324679626d56304c334e706447567a4c31684a5355786c5a793944543030764f454e4651304d76523152444c305276593356745a57353062334e4259335270646d6c6b5957526c5132397461584e7a595738765a4459784e7a68685a4449744d3255304f4330304d5751304c546c6c595451744e6d466a4d7a55314d47526a4e7a45344c6e426b5a673d3d&fich=d6178ad2-3e48-41d4-9ea4-6ac3550dc718.pdf&Inline=true

Baier, H. (2018, março). Unlocking Moroccos´s co-processing potential. *International Cement Review*, 34–52.

Beaulieu, A. (2009). *Learning SQL* (2nd ed). O'Reilly Media.

Cardoso, C. A., Dias, H. C. T., Soares, C. P. B., & Martins, S. V. (2006). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Revista Árvore*, *30*(2), 241–248. https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000200011

CCDR Norte. (2022). *Relatório de Atividades—CCDR-NORTE 2023* (No. V1). Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte. https://www.ccdr-n.pt/storage/app/media/uploaded-files/PA2023_CCDR-NORTE.pdf

CCDR Norte. (2025a, abril). *História*. Quem somos e o que fazemos? - História. https://www.ccdr-n.pt/pagina/institucional/quem-somos-e-o-que-fazemos/historia

CCDR Norte. (2025b, abril). *Missão*. Quem somos e o que fazemos? - Missão. https://www.ccdr-n.pt/pagina/institucional/quem-somos-e-o-que-fazemos/missao

Cerdeira, L. (2008). *Acompanhamento do Arranque/Exploração de uma ETAR* [Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto]. Repositório Aberto da Universidade do Porto. https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59291/2/Texto%20integral.pdf

CIMPOR. (n. d.). *Contactos*. CIMPOR. https://www.cimpor.com/contactos

CM Maia. (2025, fevereiro 17). *ETAR de Ponte Moreira*. Maia - Sorrir para a Vida. https://www.cm-maia.pt/ambiente/ambiente/agua/mais-informacao/sobre-a-rede-de-saneamento-municipal-e-tratamento-de-efluentes/etar-de-ponte-moreira

CM Matosinhos. (2024). *Plano Municipal de Emergência de Proteção Civil—Parte I - Enquadramento*. Câmara Municipal de Matosinhos. https://www.cm-

matosinhos.pt/servicos-municipais/protecao-civil/servico-municipal-de-protecao-civil/plano-municipal-de-emergencia-de-matosinhos

CM Porto. (2018, novembro 30). *Acordo de Cooperação—Plano intermunicipal para a recuperação do Rio Leça*. https://www.cm-valongo.pt/cmvalongo/uploads/document/file/3358/Acordo_de_Coopera__o_-_Plano_intermunicipal_para_a_recupera__o_do_Rio_Le_a.pdf

Decreto-lei nº236/98, de 1 de agosto, 236/98, República Portuguesa, 176/1998, Série I-A Diário da República 3676 (1998). https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/236-1998-430457

DGADR. (n. d.). *Reserva Agrícola Nacional (RAN)*. Direção-Geral da Agricultura e Desenvolvimento Rural. https://www.dgadr.gov.pt

DGRSP. (2023, dezembro 11). *Estabelecimento Prisional do POrto—Caraterísticas*. DGRSP - Direção-Geral de Reinserção e Serviços Prisionais. https://dgrsp.justica.gov.pt/Justi%C3%A7a-de-adultos/Penas-e-medidas-privativas-de-liberdade/Estabelecimentos-prisionais/%C3%81rea-territorial-alargada-do-tribunal-de-execu%C3%A7%C3%A3o-de-penas-do-Porto/Estabelecimento-Prisional-do-Porto#Caractersticas

DGT. (2024). *Carta de Ocupação do Solo Conjuntural—2024 Pré-Verão* (Pré-Verão) [Cartografia temática: uso e ocupação do solo]. DGT. https://dados.gov.pt/en/datasets/carta-de-ocupacao-do-solo-conjuntural-2024-pre-verao/

DGT. (2025, fevereiro 22). *Produtos Cartográficos Específicos | SMOS*. SMOS - Sistema de Monitorização da Ocupação do Solo. https://smos.dgterritorio.gov.pt/produtos-cartograficos-especificos

Direção de Serviços de Geodesia, Cartografia e Informação Geográfica (DSGCIG) da DGT. (2024, maio 10). *Normas e especificações técnicas de Cartografia Topográfica Vetorial e de Imagem*.

https://www.dgterritorio.gov.pt/sites/default/files/ficheiros-cartografia/NormasEspecificacoesTecnicasCartTopV2.0.2.pdf

E. Rio, Unipessoal Lda. (2021). *Reabilitação e Valorização das Margens do Rio Leça e Principais Afluentes* [Projeto Base].

Everard, M., & Moggridge, H. L. (2012). Rediscovering the value of urban rivers. *Urban Ecosystems*, *15*(2), 293–314. https://doi.org/10.1007/s11252-011-0174-7

Fehily, C. (2008). *SQL* (3rd ed). Peachpit Press. https://www.fehily.com/sql.html#about-sql

Insere disposições relativas a solucionar vários problemas sobre zonas de protecção para os estabelecimentos prisionais e tutelares de menores, 265/71, Assembleia da República, 142/1971, Série I Diário da República 902 (1971). Diploma ainda em vigor com alterações https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/265-643297

Invasoras.pt. (2023a, agosto 24). *Fallopia japonica* | *Plantas Invasoras em Portugal*. Invasoras.pt. https://invasoras.pt/pt/planta-invasora/fallopia-japonica

Invasoras.pt. (2023b, agosto 28). *Myriophyllum aquaticum* | *Plantas Invasoras em Portugal*. Invasoras.pt. https://www.invasoras.pt/pt/planta-invasora/myriophyllum-aquaticum

Kroon, L. P. N. M., Brouwer, H., De Cock, A. W. A. M., & Govers, F. (2012). The Genus *Phytophthora* Anno 2012. *Phytopathology®*, *102*(4), 348–364. https://doi.org/10.1094/PHYTO-01-11-0025

Lei de Bases do Património Cultural, 107/2001, República Portuguesa, 209/2001, Série I-A Diário da República (2001). Diploma ainda em vigor com alterações https://diariodarepublica.pt/dr/legislacao-consolidada/lei/1900-72871514

Lei de bases gerais da política pública de solos, de ordenamento do território e de urbanismo, 31/2014, República Portuguesa, 104/2014, Série I Diário da

República (2014). https://diariodarepublica.pt/dr/legislacao-consolidada/lei/2014-57377208-57381209

Magalhães, M. R. (2001). *A arquitectura paisagista: Morfologia e complexidade* (1.a ed). Editorial Estampa.

Milani, A. (2008). *Postgresql*. Novatec Editora. https://pt.scribd.com/document/618056446/PostgreSQL-Guia-do-programador

Moussa, R. (2009). Definition of new equivalent indices of Horton-Strahler ratios for the derivation of the Geomorphological Instantaneous Unit Hydrograph. *Water Resources Research*, *45*(9). https://doi.org/10.1029/2008WR007330

Pacheco, C. C. C. (2014). *Geologia da área do Porto de Leixões, com base em dados geofísicos, sondagens e levantamentos de campo* [Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto]. FEUP - Dissertação. https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/77541

Pimenta, S. F. P. (2012). *Comparação entre a biorremediação de água natural e água residual utilizando Chlorella vulgaris* (Portugal) [Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade do POrto]. Repositório Aberto da Universidade do Porto. https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/65171/2/24308.docx

Plantas Invasoras em Portugal. (2020). *O que são plantas invasoras*. Invasoras.pt. https://invasoras.pt/pt/o-que-s%C3%A3o-plantas-invasoras

Regime da utilização dos recursos hídricos, 226-A/2007, República Portuguesa, 105/2007, Série I (2º suplemento) Diário da República 2400 (2007). https://files.dre.pt/1s/2007/05/10502/00240049.pdf

Regime jurídico aplicável ao controlo, à detenção, à introdução na natureza e ao repovoamento de espécies exóticas da flora e da fauna, 92/2019, República Portuguesa, 130/2019, Série I Diário da República (2019).

https://diariodarepublica.pt/dr/legislacao-consolidada/decreto-lei/2019-124568069-124572107

Regime jurídico da classificação de arvoredo de interesse público, 53/2012, República Portuguesa, 172/2012, Série I Diário da República 5124 (2012). https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/lei/53-2012-174836

Regime Jurídico da Reserva Agrícola Nacional, 73/2009, República Portuguesa, 73/2009, Série I Diário da República (2009). https://diariodarepublica.pt/dr/legislacao-consolidada/decreto-lei/2009-34546775

Regime Jurídico da Reserva Ecológica Nacional, 166/2008, República Portuguesa, 162/2008, Série I Diário da República (2008). https://diariodarepublica.pt/dr/legislacao-consolidada/decreto-lei/2008-34501775

Regime jurídico do património imobiliário público, 28/2007, Rápública Portuguesa, 157/2007, Série I Diário da República (2008). https://diariodarepublica.pt/dr/legislacao-consolidada/decreto-lei/2007-34562075

Rosim, S., & De Martino, M. (2021). Agglutination of Sub-Basins Using Shreve Order. *2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium IGARSS*, 3912–3915. https://doi.org/10.1109/IGARSS47720.2021.9554333

Santos, M. (2023, outubro 22). INDAQUA é responsável por um terço da energia produzida na rede em baixa do setor da água. *Grupo INDAQUA*. https://indaqua.pt/indaqua-e-responsavel-por-um-terco-da-energia-produzida-na-rede-em-baixa-do-setor-da-agua/

Seara. (2020). *Lipor | Contactos*. Lipor. https://www.lipor.pt/pt/sobre-nos/contactos/

Simões, C., Rosmaninho, I., & Henriques, A. G. (2008). *Guia para a Avaliação de Impacte Ambiental de Estções de Tratamento de Águas Residuais*. Agência

Portuguesa do Ambiente. https://apambiente.pt/sites/default/files/_SNIAMB_A_APA/Publicacoes/Guias_Manuais/guia_ETAR_final.pdf

Sosa-Franco, I., Pérez-Guerra, G., Machado-García, N., & Pérez, M. E.-R. (2023). Method for Query Processing in a Geographic Information System. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, *32*(2), 1–9.

Teixeira, T. M. C. (2020). *Estudo de Alternativas para o Aumento da Eficiência Energética da Central de Valorização Energética da LIPOR II* [Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto]. https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/128160/2/410850.pdf

Turismo de Portugal. (2016). *SOBRE O REVIVE | REVIVE*. Revive - Reabilitação, Património e Turismo. https://revive.turismodeportugal.pt/pt-pt/guiao-tecnico

União Europeia. (2011, setembro 5). *Para um Sistema de Informação Ambiental Partilhada (SEIS) | EUR-Lex*. Eur-Lex. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=legissum:l28204

United States Geological Survey (USGS). (2014). *SRTM1N41W009V3 – Shuttle Radar Topography Mission Elevation Data* (10/03/2025 ed.) [Modelo Digital de Terreno (MDT)]. https://earthexplorer.usgs.gov/

Velhas, E. (1991). A bacia hidrográfica do rio Leça: Estudo hidroclimatológico. *Revista da Faculdade de Letras: Geografia*, *VII*(1), 139 a 251. Repositório Aberto da Universidade do Porto.

Veolia Portugal. (2020). *Lipor II - Valorização energética de resíduos urbanos*. Veolia Portugal. https://www.veolia.pt/referencias/lipor-ii-valorizacao-energetica-de-residuos-urbanos

VERDE Associação. (n. d.a). *Gigantes Verdes*. VERDE Associação. https://www.verde-associacao.pt/gigantes-verdes

VERDE Associação. (n. d.b). *Manifesto*. VERDE Associação. https://www.verde-associacao.pt/manifesto

VERDE Associação. (n. d.c). *O que é?* | *Carbono Biodiverso*. VERDE Associação. https://www.verde-associacao.pt/carbono-biodiverso

Milani, A. (2008). *PostgreSQL-Guia do Programador*. Novatec Editora.