



INSTITUTO POLITÉCNICO DE LEIRIA

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO DE LEIRIA

Avaliação da Qualidade da Água no Rio Lis

Relatório de Projeto elaborado por:

Jéssica Marques Portela Cardoso

Sónia Mondego Franco

Orientado por:

Sandra Jesus Martins Mourato

Leiria, 5 de julho de 2018

RESUMO

A água sendo um recurso essencial há que preservá-lo e manter a sua qualidade. Com as atividades agrícolas, industriais e domésticas é necessário proceder à monitorização da qualidade da água, para posteriormente ser utilizada. O aumento da temperatura do ar e da água, a modificação do padrão de precipitação, a alteração do regime de circulação atmosférica e o aumento do dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera têm consequências nos recursos hídricos.

O presente estudo enquadra-se no projeto CLIMRisk - Medidas de adaptação às alterações climáticas na gestão dos riscos naturais e ambientais, e pretende caracterizar a bacia hidrográfica do Rio Lis e analisar a qualidade da água.

No decorrer de duas campanhas ao rio Lis, efetuaram-se medições de parâmetros físico-químicos no local, análises desses mesmos parâmetros em laboratório e identificaram-se macroinvertebrados bentónicos de modo a classificar a qualidade da água do rio, em quatro pontos de amostragem distintos.

Em ambas as campanhas, as amostras revelaram uma classificação entre o “bom” e o “razoável”, nos parâmetros físico-químicos, e entre “poluição suave” e “poluição severa”, nos bioindicadores.

Palavras-chave: Qualidade da Água; Rio Lis; Bacia Hidrográfica; Macroinvertebrados Bentónicos; Parâmetros Físico-Químicos

Agradecimentos

Após concluirmos mais uma fase tão importante das nossas vidas, não poderíamos deixar de agradecer a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste projeto.

Um agradecimento sincero à nossa orientadora, Professora Doutora Sandra Mourato, por todo o apoio demonstrado e pela partilha de informação essencial para a realização do projeto.

Ao Engenheiro André Fonseca, técnico de laboratório da ESTG, cujos conhecimentos transmitidos e a sua total disponibilidade foram notáveis e imprescindíveis para cumprir os objetivos do projeto.

À Engenheira Maria Carlos, técnica de laboratório da ESTG, por toda a disponibilidade e ajuda na realização das análises laboratoriais.

E por fim, mas não menos importante, às nossas famílias por todo o apoio no decorrer do projeto.

Índice

Resumo.....	i
Simbologia e notações	v
Lista de Tabelas	vi
Lista de Figuras.....	vii
1. Introdução.....	1
2. Estado da arte.....	3
2.1 Riscos naturais	3
2.2 Adaptação às alterações climáticas.....	4
2.3 Caraterização da qualidade da água	7
3. Metodologia	9
3.1 Caraterização do caso de estudo	9
3.1.1 Enquadramento geográfico	9
3.1.2 Morfologia e geologia	10
3.1.3 Ocupação do solo	13
3.1.4 Fontes poluidoras	14
3.2 Caraterização hidrológica	14
3.3 Caraterização meteorológica	15
3.4 Análise da qualidade da água.....	15
4. Apresentação e discussão de resultados.....	18
4.1 Regime hídrico	18
4.2 Qualidade da água	20
4.2.1 Parâmetros físico-químicos	20
4.2.2 Nitratos	21
4.2.3 Fosfatos	25
4.3 Bioindicadores	30
5. Conclusões	35

Bibliografia	36
6. Bibliografia.....	Erro! Marcador não definido.
Anexo A – Ocupação do solo	39
Anexo B – Registo do escoamento mensal nas estações hidrométricas no Rio lis	41
Anexo C – Registo do precipitação mensal nas estações Meteorológicas no Rio lis..	43
Anexo D – Registo Fotográfico dos equipamentos utilizados nas campanhas e dos métodos utilizados.....	49
Anexo E – Manuais com os procedimentos dos equipamentos portáteis Utilizados nas campanhas	53
Anexo F – Protocolos das Análises em laboratório	54
Determinação de Nitratos (NP 4338-1, 1996).....	54
Determinação de Fosfatos (Standard Methods 4500-P)	56
Determinação de Nitratos (Brucina)	57
Anexo G – Estação Hidrométrica de monte real e estação udométrica de leiria.....	60
Anexo H – Fichas de Campo	62
Anexo I – Resultados do caudal.....	64
Anexo j- Classificação e quantificação de macroinvertebrados recolhidos na 1ª e 2ª campanha, nos quatro pontos de amostragem	66
Anexo k – Tabelas de grau de sensibilidade e níveis associados à quantidade	69

SIMBOLOGIA E NOTAÇÕES

CO₂ – Dióxido de Carbono

DQA – Diretiva Quadro da Água

EMAAC – Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas

EN AAC – Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas

ESTG – Escola Superior de Tecnologia e Gestão

GEE – Gases de Efeitos de Estufa

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*

IPT – Instituto Politécnico de Tomar

OD – Oxigénio Dissolvido

PNAC – Programa Nacional para as Alterações Climáticas

QEPiC – Quadro Estratégico para a Política Climática

SNIAmb – Sistema Nacional de Informação de Ambiente

SNIRH – Sistema Nacional de Informação dos Recursos Hídricos

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: IMPACTES ASSOCIADOS AOS PRINCIPAIS EVENTOS CLIMÁTICOS NO MUNICÍPIO DE LEIRIA (FONTE: EMAAC DE LEIRIA).....	5
TABELA 2: GRUPOS LITOLÓGICOS.....	11
TABELA 3: TIPO DE SOLO.	13
TABELA 4: USO DO SOLO AO LONGO DOS ANOS.	13
TABELA 5: INDÚSTRIAS ABRANGIDAS PELO DECRETO-LEI N.º 150/2015.	14
TABELA 6: CAUDAL MEDIDO NOS QUATRO PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	19
TABELA 7: PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DOS QUATRO PONTOS DE AMOSTRAGEM – 1ª CAMPANHA.....	20
TABELA 8: PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DOS QUATRO PONTOS DE AMOSTRAGEM – 2ª CAMPANHA.....	21
TABELA 9: SOLUÇÕES PADRÃO – 1ª CAMPANHA NO RIO LIS (08/05/2018).....	22
TABELA 10: AMOSTRAS – 1ª CAMPANHA NO RIO LIS (08/05/2018).	22
TABELA 11: NITRATOS (KIT IPT) – 1ª CAMPANHA NO RIO LIS (08/05/2018).	23
TABELA 12: COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DE NITRATOS – 1ª CAMPANHA NO RIO LIS (08/05/2018).	23
TABELA 13: SOLUÇÕES PADRÃO – 2ª CAMPANHA NO RIO LIS (12/06/2018).....	24
TABELA 14: AMOSTRAS – 2ª CAMPANHA NO RIO LIS (12/06/2018).	24
TABELA 15: NITRATOS (KIT IPT) – 2ª CAMPANHA NO RIO LIS (12/06/2018).	25
TABELA 16: COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DE NITRATOS – 2ª CAMPANHA NO RIO LIS (12/06/2018).	25
TABELA 17: SOLUÇÕES PADRÃO – 1ª CAMPANHA NO RIO LIS (08/05/2018).....	26
TABELA 18: AMOSTRAS – 1ª CAMPANHA NO RIO LIS (08/05/2018).	26
TABELA 19: COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DE FOSFATOS - 1ª CAMPANHA NO RIO LIS (08/05/2018).	27
TABELA 20: SOLUÇÕES PADRÃO – 2ª CAMPANHA NO RIO LIS (12/06/2018).....	27
TABELA 21: AMOSTRAS – 2ª CAMPANHA NO RIO LIS (12/06/2018).	28
TABELA 22: COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DE FOSFATOS – 2ª CAMPANHA NO RIO LIS (12/06/2018).....	28
TABELA 23: CLASSIFICAÇÃO DOS CURSOS DE ÁGUA SUPERFICIAIS.	29
TABELA 24: PONTUAÇÃO ATRIBUÍDA A CADA MACROINVERTEBRADO RECOLHIDO NO PONTO DE AMOSTRAGEM A (FONTES) – 1ª CAMPANHA NO RIO LIS (08/05/2018)	30
TABELA 25: RESUMO DA PONTUAÇÃO ATRIBUÍDA.....	31
TABELA 26: CLASSIFICAÇÕES TENDO EM CONTA AS PONTUAÇÕES.....	33

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: BACIAS HIDROGRÁFICAS DE PORTUGAL CONTINENTAL.	9
FIGURA 2: REDE HIDROGRÁFICA DO RIO LIS.....	10
FIGURA 3: MODELO DIGITAL DO TERRENO.	10
FIGURA 4: LITOLOGIA.	11
FIGURA 5: TIPO DE SOLO.....	12
FIGURA 6: PONTOS DE AMOSTRAGEM NO RIO NABÃO.	16
FIGURA 7: PONTOS DE AMOSTRAGEM NO RIO LIS	16
FIGURA 8: DADOS DE PRECIPITAÇÃO NA ESTAÇÃO UDOMÉTRICA DE LEIRIA.	18
FIGURA 9: DADOS DE ALTURA DE ÁGUA MEDIDOS NA ESTAÇÃO HIDROMÉTRICA DE MONTE REAL.	19
FIGURA 10: DIAGRAMA DE QUADRANTES.....	31

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Gerais

Ao longo dos anos as alterações climáticas têm se tornado uma preocupação devido aos impactes causados a nível ambiental, social ou económico. Segundo o Decreto-Lei n.º 20, de 21 de junho de 1993 [1], as alterações climáticas significam *“uma modificação no clima atribuível, directa ou indirectamente, à actividade humana que altera a composição da atmosfera global e que, conjugada com as variações climáticas naturais, é observada durante períodos de tempo comparáveis”*, ou seja, as mudanças climáticas referem-se à mudança nos padrões climáticos devido às atividades humanas, para além da variabilidade natural do clima. Estas mudanças estão essencialmente relacionadas com as emissões de gases de efeito de estufa (GEE), emitidas pelas atividades antropogénicas, que constituem uma ameaça sem precedentes sobre o Homem e a natureza.

As alterações climáticas causam impactos diretos nos ecossistemas, na economia, na sociedade e na saúde humana. Portugal encontra-se entre os países europeus mais vulneráveis aos impactes das alterações climáticas [2]. Estas têm como consequências o custo para a sociedade e a economia, a fusão do gelo e subida das águas do mar, os fenómenos meteorológicos extremos, as alterações nos padrões de pluviosidade e os riscos para a vida selvagem.

Em determinadas zonas os fenómenos meteorológicos extremos e o aumento da pluviosidade são cada vez mais frequentes, enquanto noutras verifica-se o agravamento das vagas de calor e da seca. A Europa meridional e central regista mais frequentemente vagas de calor, incêndios florestais e secas, enquanto no norte da Europa, chove mais e as cheias poderão tornar-se comuns no inverno. Estes fenómenos são responsáveis pelas inundações, pela diminuição da qualidade da água, mas também pela redução crescente da disponibilidade dos recursos hídricos [3].

A água sendo um recurso essencial há que preservá-lo e manter a sua qualidade. Com as atividades agrícolas, industriais e domésticas é necessário proceder à monitorização da qualidade da água, para posteriormente ser utilizada. Cada vez mais e com o agravamento das alterações climáticas a qualidade da água superficial está a diminuir. O aumento da temperatura do ar e da água, a modificação do padrão de precipitação, a alteração do regime de circulação atmosférica e o aumento do dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera têm consequências nos recursos hídricos. Futuramente, verificar-se-á um aumento da procura de água e uma diminuição da disponibilidade da mesma.

As alterações climáticas estão a dificultar a capacidade de adaptação de muitas plantas e animais, de água doce e marinha, obrigando a que estas tenham a necessidade de mudar para novos habitats. Os efeitos das mudanças climáticas associados à urbanização estão a afetar as comunidades de macroinvertebrados bentónicos, que são usados como indicadores da qualidade da água [4]. As comunidades de macroinvertebrados bentónicos são utilizados para avaliar a qualidade dos ecossistemas lóticos, uma vez que estes apresentam uma

elevada sensibilidade aos fatores ecológicos, como à contaminação orgânica, à acidificação, à degradação morfológica, entre outros [5]. Caso se mantenha o contínuo aumento da temperatura global do planeta verificar-se-á a extinção de algumas espécies vegetais e animais.

Com isto, é necessário consciencializar e sensibilizar a sociedade para esta problemática de modo a agir corretamente, minimizando e adaptando-nos às mudanças que se impõem. Assim, é necessário estudar os efeitos das alterações climáticas nos recursos hídricos, mais concretamente na qualidade da água que será menor com a previsível diminuição da quantidade.

1.2. Objetivos do Projeto

A nível nacional as alterações climáticas têm consequências de magnitude considerável e a nível local os efeitos destas alterações fazem-se sentir através da seca, de ondas de calor, de fogos florestais, de inundações, entre outros. Este estudo enquadra-se no projeto CLIMRisk - Medidas de adaptação às alterações climáticas na gestão dos riscos naturais e ambientais. Os objetivos específicos são a caracterização da bacia hidrográfica do Rio Lis e a análise da qualidade da água.

No decorrer de duas campanhas ao rio Lis, pretende-se medir os parâmetros físico-químicos no local, através de kits, e em laboratório. Para além disso, será efetuada uma classificação e quantificação de macroinvertebrados bentónicos.

Desta forma, este projeto apresenta uma metodologia que poderá ser mantida e implementada, com o objetivo de analisar os efeitos causados na qualidade da água. A avaliação da qualidade da água só é possível com recurso a dados de monitorização regulares e obtidos sempre nos mesmos locais, de forma contínua.

1.3. Organização do Texto

O presente projeto encontra-se estruturado em cinco capítulos. O Capítulo 1 efetua o enquadramento do tema a que se refere o presente projeto bem como, os objetivos a que este se propõe. No Capítulo 2 é referido os estudos anteriormente realizados. O Capítulo 3 engloba a caracterização do caso de estudo e apresenta a metodologia necessária à análise da qualidade da água (métodos de análise utilizados e procedimentos experimentais executados em laboratório). No Capítulo 4 são apresentados os resultados decorrentes das campanhas efetuadas no Rio Lis realizados em laboratório e no campo. Sendo, em simultâneo, efetuada uma análise crítica aos resultados experimentais obtidos. Por último, no Capítulo 5 apresentam-se as conclusões finais obtidas e possíveis sugestões de trabalhos a realizar futuramente.

2. ESTADO DA ARTE

2.1 Riscos naturais

Com a origem da civilização humana, as povoações iniciam a sua localização junto às margens dos cursos de água. Isto deveu-se maioritariamente à possibilidade de ter terras agrícolas próximas, dispostas em férteis planícies de inundação, e à facilidade de transporte ao longo do rio. Porém, o crescimento da população e por consequência a elevada ocupação das cidades ao longo das margens do rio, originou um aumento nos riscos de inundação.

Ao longo dos anos, foram notórios vários episódios de cheias no Rio Lis, resultantes da elevada intensidade e duração da precipitação. A última grande cheia ocorreu a 12 de fevereiro de 2014, causando grandes estragos em campos agrícolas, habitações e empresas. Este episódio originou impactos negativos na economia local, devido ao fecho do complexo termal de Monte Real, afetando o comércio e a hotelaria. Após as cheias, para além das reparações das estruturas danificadas, as únicas ações de prevenção foram de limpeza e remoção de vegetação no rio Lis. Com isto, persiste a preocupação pela possibilidade de ocorrência de novas inundações [6].

Estas cheias são causadas principalmente por:

- Desbravamento da bacia hidrográfica do rio Lis para uso agrícola
- Erosão dos terrenos e encostas, causando assoreamento dos vales e leitos;
- Baixa permeabilização dos terrenos argilosos.

Os incêndios florestais também têm revelado uma maior preocupação, pois causam diversos prejuízos materiais. A destruição das florestas leva à deterioração dos solos, pois aumenta a sua perda por erosão hídrica e arrasa com as propriedades químicas e atividade biológica do mesmo.

A vegetação é essencial para a proteção do solo, para além de evitar o impacto direto das gotas da chuva sobre o solo também facilita a infiltração da água, impedindo o escoamento superficial. Após um incêndio, a vegetação está destruída e o solo totalmente desprotegido, fazendo com que nas épocas de maior precipitação ocorram enormes perdas de solo por erosão.

Para além dos solos, outra grande problemática é a contaminação dos recursos hídricos por cinzas e outros contaminantes devido ao escoamento superficial [17].

2.2 Adaptação às alterações climáticas

As alterações climáticas têm originado uma preocupação crescente, revelando-se uma ameaça ambiental, social e económica.

São evidentes as mudanças no clima a nível global, constituindo num grande desafio no que diz respeito à adaptação da sociedade, sendo por isso necessário adotar estratégias que visem essa adaptação.

Sendo Portugal um dos países europeus mais vulneráveis aos impactes das alterações climáticas, têm sido desenvolvidas estratégias e programas políticos de modo a combater tal vulnerabilidade, tais como:

- Quadro Estratégico para a Política Climática (QEPiC);
- Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC 2020/2030);
- Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas (ENAAC 2020).

De modo a minimizar os efeitos das alterações climáticas no território e na população, a nível local, o Município de Leiria desenvolveu em 2015 um documento, no âmbito do projeto ClimAdaPT.Local, denominado Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas (EMAAC) de Leiria. Esta estratégia tem como objetivos:

- Identificar e avaliar as fragilidades atuais e futuras;
- Implementar opções de adaptação tendo em conta as fragilidades identificadas;
- Divulgar a EMAAC para sensibilização e participação pública;
- Divulgar a experiência municipal sobre a adaptação a outros municípios e entidades.

Segundo o mesmo documento, que se baseou em dados fornecidos pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2013), no período entre 1880 e 2012 a temperatura média global à superfície aumentou cerca de 0,85°C. Entre 2016 e 2035, a projeção para o aumento da temperatura está entre 0,3°C a 0,7°C e de 0,3°C a 4,8°C para o período entre 2081 a 2100, comparando com a época entre 1986 a 2005.

No que diz respeito ao clima futuro, refere que as contínuas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) originarão um aumento adicional da temperatura média global e várias alterações no clima, que só poderão ser minimizados reduzindo tais emissões.

Para o caso específico de Leiria, a EMAAC evidencia como principais alterações climáticas o aumento da temperatura média anual (especialmente das máximas), a diminuição da precipitação média anual, a subida do nível médio da água do mar e o aumento dos fenómenos extremos de precipitação.

Relativamente ao aumento de temperatura e com base em projeções de vários modelos e cenários, em termos de médias anuais e sazonais, a subida da temperatura média anual estará entre 1°C e 4°C, no final do século, e é no outono que ocorrerá um aumento mais acentuado das temperaturas máximas (entre 2°C e 5°C). Refere ainda o aumento do número de dias com temperaturas elevadas ($\geq 35^{\circ}\text{C}$) e de noites tropicais com temperaturas mínimas $\geq 20^{\circ}\text{C}$.

Para a diminuição da precipitação, a média anual pode variar entre os 7% e os 33% no final do século XXI. Em termos sazonais, nos meses de inverno a tendência não é clara, apresentando variações entre os -31%

e +11%, enquanto no resto do ano a projeção é de diminuição, variando entre os 10% e os 33% na primavera e entre os 9% e os 36% no outono. A EMAAC evidencia ainda que o número de dias de precipitação irá diminuir (entre 9 e 29 dias por ano) e que segundo o IPCC (2013) a frequência e intensidade das secas no sul da Europa irá aumentar.

Através do levantamento das ocorrências climáticas que afetaram o município de Leiria no período entre 2002 e 2014, o documento evidencia como principais eventos climáticos a ondulação forte/subida do nível do mar, a precipitação excessiva, as temperaturas elevadas/ondas de calor e o vento forte. Na Tabela 1 estão expressos os impactes associados a cada evento climático.

Tabela 1: Impactes associados aos principais eventos climáticos no município de Leiria (Fonte: EMAAC de Leiria).

Evento climático	Impactes associados
Ondulação forte/Subida do nível médio do mar	• Erosão costeira • Danos em edifícios e infraestruturas • Destruição do cordão dunar • Danos para a vegetação e biodiversidade
Precipitação excessiva (cheias/inundações/danos)	• Danos em edifícios e infraestruturas • Danos em espaços de lazer/mobiliário urbano • Danos para a produção agrícola e pecuária • Isolamento de populações • Condicionamentos de tráfego/encerramento de vias • Interrupção/redução do fornecimento de água e/ou redução da sua qualidade • Danos para as telecomunicações
Temperaturas elevadas/Ondas de calor	• Aumento do risco de incêndio e ocorrência de incêndios • Danos em edifícios e/ou conteúdo • Danos para a vegetação e alterações na biodiversidade • Danos para a produção silvícola e pecuária • Danos para a saúde humana
Vento forte	• Danos em edifícios e infraestruturas • Danos para a vegetação • Condicionamentos de tráfego/encerramento de vias/alterações nos estilos de vida • Falhas no fornecimento de energia

Para além dos impactes já existentes, também são projetados para o município impactes climáticos futuros, referindo que estes poderão vir a estar associados a:

- Aumento do processo erosivo das zonas costeiras;

- Mudanças no escoamento superficial e recarga de aquíferos e por sua vez na disponibilidade de água;
- Abastecimento e consumo de água limitados;
- Diminuição da qualidade dos recursos hídricos;
- Maior ocorrência de cheias rápidas e inundações em meio urbano;
- Danos em equipamentos, infraestruturas e vias de comunicação;
- Aumento do risco de incêndio e suas consequências;
- Intensificação dos danos para a saúde;
- Alteração dos estilos de vida;
- Alterações na biodiversidade;
- Danos nos vários setores económicos como a agricultura, silvicultura e floresta.

Apesar dos aspetos negativos, são também evidenciados alguns impactes positivos e oportunidades resultantes das alterações climáticas, visando o futuro desenvolvimento da cidade. Tais oportunidades relacionam-se com:

- Hipótese de produção ou maximização agrícola de determinadas espécies;
- Fortalecimento das infraestruturas de abastecimento e tratamento de água;
- Busca por novas captações de água;
- Crescimento económico para empresas associadas ao setor florestal e à construção civil;
- Criação de novas regras de construção e urbanização em zonas vulneráveis;
- Diferenciação da atividade turística relacionada com o mar;
- Possibilidade de repensar/implementar novas soluções urbanísticas para o litoral;
- Planeamento dos espaços florestais e agrícolas afetados por incêndios;
- Reflorestação.

Também é referida a oportunidade de identificar e definir indicadores de monitorização dos diferentes sistemas envolvidos, bem como a aposta na informação e sensibilização da população, principalmente no que diz respeito às questões da floresta, água e alterações climáticas, e adoção de normas urbanísticas compatíveis com os eventos climáticos.

Tendo em conta as necessidades, objetivos, fragilidades e riscos climáticos a que o Município de Leiria se encontra exposto no presente e com tendência a aumentar no futuro, foram introduzidas na EMAAC opções de adaptação, tais como:

- Criar um programa de redução do risco de incêndio;
- Criar de um programa municipal de uso eficiente da água;
- Conceber um plano para gestão de risco de cheias;
- Incentivar a práticas agrícolas sustentáveis;
- Promover a valorização, planeamento e gestão do rio Lis;
- Executar e divulgar relatórios relativos à qualidade da água para abastecimento público;

- Entre outras.

A opção de promover a valorização, planeamento e gestão do rio Lis tem como objetivos o incentivo de boas práticas agrícolas, promover o estudo e o cultivo de espécies com potencial de valorização face às alterações climáticas e aos solos, aumentar a água disponível em situações extremas de seca, uma gestão mais eficiente de um recurso cada vez menos abundante e melhorar os sistemas de rega, dando resposta a períodos de elevada precipitação, temperaturas excessivas e secas [8].

2.3 Caraterização da qualidade da água

Com o notório crescimento e desenvolvimento das áreas urbanas e industriais, a qualidade da água dos rios tem-se deteriorado. Essa degradação deve-se aos efluentes industriais, domésticos e suínolas e à poluição consequente do escoamento em áreas urbanas e campos agrícolas.

A Diretiva Quadro da Água (DQA), transportada para a ordem jurídica nacional pela Lei nº 58/2005 de 29 de dezembro, instaura um quadro de ação comunitária no que diz respeito à política da água. Assim, mediante coordenação, integração e adaptação de estruturas normativas e institucionais dos Estados membros, principalmente na definição de qualidade da água em função dos seus usos, é criado um sistema uniforme que possibilite a adaptação de objetivos gerais de qualidade às condições ambientais específicas de cada região hidrográfica, estabelecendo o conceito de “estado ecológico”.

Ao longo dos anos têm sido realizados vários estudos na bacia hidrográfica do rio Lis, cooperando para a avaliação do estado da água. Tais estudos têm comprovado que a água do rio Lis é de má qualidade, tendo sido identificados problemas de eutrofização devido à baixa capacidade de depuração e concentrações elevadas de matéria orgânica, fósforo e coliformes fecais, no troço final do rio Lis [9].

Na água existem contaminantes que podem ser estudados tendo em conta as suas características físicas, químicas e biológicas. Tais características podem ser transpostas na forma de parâmetros de qualidade da água.

Dos parâmetros físicos constam, por exemplo:

- Turvação: causada pela presença de material coloidal ou em suspensão. Esta reduz a entrada da luz nos ambientes aquáticos, prejudicando a fotossíntese.
- Temperatura: mudanças anormais de temperatura poderão estar relacionadas com descargas de efluentes industriais. Maioritariamente, não é um parâmetro indicativo de poluição, contudo influencia a solubilidade dos gases na água e a velocidade das reações químicas e biológicas.
- Condutividade: reflete a concentração de espécies iónicas dissolvidas na água. Valores altos correspondem na maioria a descargas de efluentes industriais.

Os parâmetros químicos podem ser:

- Oxigénio Dissolvido (OD): o aumento ou diminuição de OD está associado à quantidade de resíduos orgânicos presentes na água, devido a descargas de efluentes domésticos. Como estes resíduos são decompostos por microrganismos que utilizam o oxigénio na respiração, quanto maior a quantidade de matéria orgânica, maior o número de decompositores e por consequência maior o consumo de oxigénio. A quantidade de OD aumenta com o aumento da pressão e com a diminuição da temperatura e da salinidade.
- Azoto: está presente na água sob várias formas, sendo uma delas na forma de nitratos. Estes são um elemento essencial para o crescimento de vários organismos, contudo em demasia podem provocar um desenvolvimento excessivo dos mesmos, ao qual se denomina de eutrofização. Elevadas concentrações devem-se a descargas de efluentes domésticos e industriais, uso de fertilizantes nos solos e fezes de animais.
- Fósforo: este elemento dificulta o crescimento de alguns organismos aquáticos. O uso de fertilizantes fosfatados nos solos é uma das causas para esta contaminação. À semelhança do azoto, as concentrações de fósforo na água provocam a eutrofização, tornando-se num problema no que diz respeito ao excessivo desenvolvimento de espécies aquáticas, ao aumento da turvação da água e à diminuição da quantidade de oxigénio disponível aos seres aquáticos.

Segundo um estudo realizado sobre “Transformações Biogeoquímicas na Bacia Hidrográfica do Rio Lis”^[9], que tinha como um dos objetivos avaliar a qualidade da água do rio Lis recorrendo a campanhas ocorridas entre 2003 e 2006, “a qualidade água na bacia hidrográfica do rio Lis apresenta problemas graves de poluição associados essencialmente a contaminação orgânica (CQO, CBO₅), nutrientes (azoto amoniacal, azoto orgânico, nitritos e nitratos e fósforo total) e contaminação fecal, nomeadamente no troço mais a jusante” ^[9].

Na avaliação da qualidade de ecossistemas lóticos, têm sido bastante utilizados como bioindicadores os macroinvertebrados bentónicos.

Estes são organismos que habitam no fundo e nas margens do rio, e podem ser insetos aquáticos, anelídeos (minhocas, sanguessugas), moluscos (mexilhões e caracóis de água doce), crustáceos (anfípodes, isópodes), entre outros.

Através da sua sensibilidade à poluição ou degradação dos ecossistemas aquáticos é possível avaliar a qualidade da água. Por exemplo, a presença de efémeras pode indicar que a água do rio apresenta boa qualidade, já a presença de minhocas (*Oligochaeta*) indica precisamente o oposto. Uma maior diversidade e quantidade de bioindicadores, regra geral, representa uma água de boa qualidade.

3. METODOLOGIA

3.1 Caraterização do caso de estudo

Para a caraterização dos principais riscos naturais, ambientais e da qualidade da água é necessário conhecer a bacia hidrográfica em estudo. Deste modo, este capítulo apresenta a caraterização da bacia hidrográfica do Rio Lis.

3.1.1 Enquadramento geográfico

A bacia hidrográfica do Rio Lis situa-se no litoral centro de Portugal Continental, demarcada a norte pela bacia do Rio Mondego, a este pela bacia do Rio Tejo e a sul pela bacia do Rio Alcoa, **Figura 1**. O Rio Lis nasce na freguesia de Fontes no concelho de Leiria (a 400 m de altitude), percorre 39,5 km, e desagua em Vieira de Leiria, segundo a direção sul – norte. Ao longo do percurso atravessa os concelhos de Leiria e Marinha Grande.



Figura 1: Bacias Hidrográficas de Portugal Continental.

(Fonte: Carta I.17 – Carta da Hidrografia Continental)

A bacia hidrográfica do Rio Lis, com uma área total de 850 km², abrange os concelhos de Leiria, Pombal, Ourém, Batalha, Marinha Grande e Porto de Mós, ou seja, desenvolve-se no distrito de Leiria, na sua maioria, e no distrito de Santarém. A bacia hidrográfica do Rio Lis contempla as freguesias de Coimbrão, Cortes, Leiria e Pousos, Marrazes, Monte Real, Monte Redondo e Carreira, Ortigosa e Regueira de Pontes. O Rio Lis tem como principais linhas de água afluentes o Rio Lena e a Ribeira Leca, na margem esquerda e a Ribeira Seco e Sete Rios, na margem direita, **Figura 2**.



(Fonte: Carta I.17 – Carta da Hidrografia Continental)

3.1.2 Morfologia e geologia

Ao nível morfológico, a bacia do Rio Lis possui uma topografia pouco acidentada, variando entre os -1 metros e os 605 metros. Os declives mais acentuados localizam-se nas zonas mais altas da bacia, a Sul e os declives menos acentuados localizam-se a norte onde desagua o Rio Lis, **Figura 3**.



Figura 3: Modelo Digital do Terreno

(Fonte: Modelos Digitais do Terreno (MDT)

A nível geológico a bacia hidrográfica do Rio Lis situa-se na Orla Mesocenozóica Ocidental. Esta é composta maioritariamente por areias, calhaus rolados, arenitos pouco consolidados e argilas, do Plió-Plistocénico, conglomerados, arenitos, calcários, calcários dolomíticos, calcários margosos e margas do período

Jurássico e Paleogénico. A bacia é ainda composta por outros grupos litológicos em menor percentagem, **Figura 4**.



Figura 4: Litologia.

(Fonte: Carta I.13 – Carta Litológica)

Os diferentes grupos litológicos apresentam graus distintos de permeabilidade e devido a isso diferentes capacidades hidrogeológicas capazes de afetar o regime dos cursos de água. Assim, a presença de areias e aluviões como de alguns calcários conferem ao solo uma elevada permeabilidade, enquanto os calcários margosos e as margas têm permeabilidade nula quando presentes no solo. Os arenitos e areias com diferentes graus de consolidação têm permeabilidade variável com cascalheiras permeáveis e níveis argilosos impermeáveis. Alguns calcários e os calcários margosos são pouco permeáveis.

A **Tabela 2** apresenta os grupos litológicos presentes na bacia hidrográfica do Rio Lis assim como a área ocupada por cada um.

Tabela 2: Grupos litológicos.

(Fonte: Carta I.13 – Carta Litológica)

Composição litológica	Período litológico	Designação	Área (ha)	Percentagem
Formações sedimentares	Plio-Plistocénico	Areias, calhaus rolados, arenitos pouco consolidados, argilas	24817,1	28%
Formações sedimentares	Jurássico	Conglomerados, arenitos, calcários, calcários dolomíticos, calcários margosos, margas	15174,0	17%
Formações sedimentares	Paleogénico	Arenitos, conglomerados, calcários, calcários dolomíticos, calcários margosos, margas	14842,8	17%
Formações sedimentares	Jurássico	Calcários, calcários dolomíticos, calcários margosos, margas	11705,0	13%
Formações sedimentares	Mio-Plistocénico	Arenitos, calcários mais ou menos margosos, areias, cascalheiras, argilas	8419,3	9%
Formações sedimentares	Holocénico	Dunas e areias eólicas	6440,2	7%

Formações sedimentares	Holocénico	Aluviões	3946,6	4%
Formações sedimentares	Jurássico - Triássico	Grês vermelhos (de Silves), conglomerados, margas, calcários geralmente dolomíticos	1953,6	2%
Formações sedimentares	Paleogénico	Conglomerados, arenitos, calcários brancos, margas avermelhadas	1659,4	2%
Formações sedimentares	Plistocénico	Areias e cascalheiras	804,5	1%
Rochas eruptivas vulcânicas	-	Teschenitos	288,7	0%
Formações sedimentares	Holocénico	Depósitos de vertente, areias superficiais e de terraço	102,6	0%
Rochas eruptivas vulcânicas	-	Doleritos	95,4	0%

A bacia do Rio Lis apresenta três grandes grupos, correspondendo a cada um deles um tipo de solo, ou seja os Cambissolos, os Fluvisolos, os Luvisolos e os Podzóis, **Figura 5**. A maior área da bacia é ocupada por solos Podzóis, a jusante do Rio Lis. São solos pobres, arenosos, ácidos, com fraca capacidade de retenção de água, com horizonte de eluviação claro, acumulam ferro, alumínio ou húmus e estão associados a solos de florestas húmidas e prados. Os Cambissolos surgem sobretudo em colinas gresio-argilosas, a jusante dos calcários. São solos medianamente ricos e passíveis de serem utilizados para agricultura intensiva, derivam de materiais transportados de outros locais pela água, vento ou gravidade e são caracterizados por terem sofrido pouca eluviação. Os Luvisolos apresentam uma boa capacidade de retenção de água, têm uma elevada fertilidade, são solos de florestas húmidas e prados e com eluviação de argila com teor de bases médio ou alto. Por último, os Fluvisolos são classificados como solos recentes de aluvião, encontrados principalmente no fundo dos vales.



Figura 5: Tipo de solo.

(Fonte: Carta III.1 – Carta dos solos)

Na Tabela 3 estão apresentadas as áreas dos diferentes tipos de solos presentes na bacia hidrográfica, assim como a sua percentagem.

Tabela 3: Tipo de solo.

(Fonte: Carta III.1 – Carta dos solos)

Tipo de Solo	Área (ha)	Percentagem
Cambissolos cálcicos	209,4	0%
Cambissolos crómicos	2015,0	2%
Cambissolos êutricos	20749,8	23%
Fluvissois êutricos	2798,8	3%
Luvissolos rodocrómicos cálcicos	25417,4	28%
Podzóis órticos	39058,7	44%

3.1.3 Ocupação do solo

A ocupação do solo na bacia hidrográfica em estudo tem-se vindo a alterar ao longo dos anos, **Anexo A**. Em 1990, era constituída maioritariamente por florestas de resinosas (27611,2 ha), florestas mistas (13673,8 ha) e por sistemas culturais e parcelares complexos (11174,9 ha). Em 2000, a ocupação do solo manteve-se sem grandes alterações exceto a diminuição da área da floresta de resinosas, que passou a ter 26307,8 ha e o aumento da área de florestas abertas, cortes e novas plantações (5899,0 ha). A bacia hidrográfica do Rio Lis, em 2006, era ocupada em maioria por florestas de resinosas (22217,0 ha), florestas mistas (10916,1 ha) e por sistemas culturais e parcelares complexos (10859,2 ha), tal como nos anos anteriores. A diferença dos anos anteriores é a diminuição consecutiva da área das florestas de resinosas e da área das florestas mistas e o aumento da área de florestas abertas, cortes e novas plantações (12210,9 ha). De 2006 a 2012, a ocupação do solo manteve-se, aumentando apenas a área de florestas mistas (11893,2 ha) e diminuindo a área de florestas abertas, cortes e novas plantações (10060,7 ha) [10].

A evolução da percentagem de área ao longo dos anos para os diferentes usos do solo é apresentada na Tabela 4. Nesta tabela consta os usos do solo maioritariamente encontrados na bacia hidrográfica, podendo se observar a variação da área ao longo dos anos. A bacia hidrográfica é também composta por outros diferentes usos do solo, ao longo dos anos. Estes representam uma minoria da área e mantêm sem alterações de 1990 a 2012.

Tabela 4: Uso do solo ao longo dos anos.

(Fonte: Corine Land Cover Portugal)

Uso do solo	Percentagem de área em 1990	Percentagem de área em 2000	Percentagem de área em 2006	Percentagem de área em 2012
Florestas de resinosas	31%	29%	25%	25%
Florestas mistas	15%	15%	12%	13%
Sistemas culturais e parcelares complexos	12%	12%	12%	12%
Agricultura com espaços naturais e semi-naturais	9%	9%	9%	9%

Tecido urbano descontínuo	7%	7%	7%	7%
Florestas abertas, cortes e novas plantações	6%	7%	14%	11%

De um modo geral, a bacia do Rio Lis apresenta uma aptidão essencialmente florestal na maioria da área e restante aptidão agrícola.

3.1.4 Fontes poluidoras

O conhecimento geológico do solo permite conhecer as áreas com maior potencial de contaminação dos recursos hídricos. Neste projeto pretende-se analisar a qualidade da água do Rio Lis e assim sendo é importante ter em consideração as potenciais fontes de contaminação. No distrito de Leiria as principais fontes de poluição proveem do setor agrícola, do setor pecuário e do setor industrial. Foi feito o levantamento das indústrias que utilizam substâncias perigosas no seu processo de produção, no distrito de Leiria e Santarém, **Tabela 5** [11].

Tabela 5: Indústrias abrangidas pelo Decreto-Lei n.º 150/2015.

(Fonte: SNIAmb)

Estabelecimentos abrangidos (Decreto-Lei n.º 150/2015)	Nível de perigosidade	Estado de seveso
CRISAL - Cristalaria Automática, SA	Nível inferior	Exploração
Fábrica Maceira-Liz	Nível inferior	Exploração
Globalpetróleos - Derivados do Petróleo, SA	Nível inferior	Exploração
Brincafestas - Com. Brinquedos e Fogo de Art., lda	Nível inferior	Projeto
RESPOL, Resinas, S.A.	Nível superior	Exploração
Henrique Costa & Filhos, Lda	Nível inferior	Exploração
Vista Alegre Atlantis, SA - Unidade Fabril do Casal da Areia	Nível inferior	Exploração
Microlime-Produtos de Cal e derivados, S.A. - Fábrica da Maxieira	Nível inferior	Projeto

3.2 Caracterização hidrológica

Na bacia hidrográfica do rio Lis existem 3 estações hidrométricas com dados de escoamento mensal, em funcionamento. As análises dos dados de escoamento apresentam algumas limitações devido à inexistência de dados recentes para todas as estações e para o período deste estudo. No **Anexo B** estão representados os gráficos de escoamento mensal das estações do Açude do Arrabalde, da Ponte das Mestras e de Monte Real.

Os dados foram recolhidos do Sistema Nacional de Informação dos Recursos Hídricos (SNIRH), e para um período de 01/10/1938 a 01/09/1990 [12].

Ao longo dos anos o escoamento tem variado, e atualmente verificando-se uma diminuição da precipitação, o que terá consequência no caudal do rio. Com uma diminuição do caudal e como a qualidade da água está relacionada com a quantidade, a qualidade da água será menor.

3.3 Caraterização meteorológica

O concelho de Leiria apresenta um clima mediterrânico, cujas caraterísticas fundamentais são a presença de duas estações bem diferenciadas tanto do ponto de vista térmico como pluviométrico. A região apresenta um Verão quente e praticamente sem precipitação, luminosidade forte, grande insolação e um Inverno com temperaturas suaves, mas fortemente chuvoso.

Na bacia hidrográfica do rio Lis existem 11 estações meteorológicas com dados de precipitação mensais. A análise dos dados de precipitação apresenta algumas limitações devido à inexistência de séries anuais completas e mensais para todas as estações e para o período deste estudo. Os dados foram recolhidos do SNIRH, e para um período de 01/01/1924 a 01/07/2017 [12].

No **Anexo C** estão representados os gráficos de precipitação mensal das estações com resultados mais recentes, ou seja, da estação hidrométrica da Batalha, da Caranguejeira, de Crespos, de Leiria, da Maceira, da Mata da Bidoeira e de Monte Real. Ao longo dos anos a precipitação tem variado, verificando-se uma diminuição da precipitação na bacia hidrográfica do Rio Lis nos últimos anos. No futuro espera-se que os momentos de precipitação tenham uma maior intensidade e que aumentem os períodos de seca.

3.4 Análise da qualidade da água

Como já foi referido este estudo enquadra-se no projeto CLIMRisk que tem como objetivo apresentar medidas de adaptação às alterações climáticas na gestão dos riscos naturais e ambientais na zona centro, onde se incluem as bacias hidrográficas do Rio Nabão e do Rio Lis. Ao longo do projeto foram realizadas três campanhas essenciais à obtenção dos resultados. A primeira campanha realizou-se no dia 27 de fevereiro de 2018, em Tomar. Esta campanha consistiu na aprendizagem da metodologia da análise *in situ* da qualidade da água do Rio Nabão, através da análise de parâmetros físico-químicos e da recolha de macroinvertebrados com equipamentos portáteis, disponibilizados pelo Instituto Politécnico de Tomar (IPT). Foram selecionados locais de amostragem ao longo do Rio Nabão, pelo docente do Instituto Politécnico de Tomar. O primeiro ponto de amostragem estava localizado após uma estação de tratamento de águas residuais, o segundo ponto na nascente do Agroal, o terceiro ponto estava situado junto a uma antiga fábrica de papel, e por último o quarto ponto após a cidade de Tomar, **Figura 6**.



Figura 6: Pontos de amostragem no Rio Nabão.

(Fonte: Carta I.17 – Carta da Hidrografia Continental)

No Rio Lis foram realizadas duas campanhas, no dia 8 de maio de 2018 e no dia 12 de junho de 2018. Foram seleccionados os pontos de amostragem que se localizavam na nascente no Rio Lis (Fontes), a montante da estação de tratamento de águas residuais (Parque Radical), junto ao estádio (Açude do Arrabalde) e nos Campos do Lis, após a ribeira dos Milagres (**Figura 7**). Em cada campanha procedeu-se análise *in situ* da qualidade da água do Rio Nabão, através da análise de parâmetros físico-químicos, com equipamentos portáteis, da recolha de macroinvertebrados e de amostras analisadas posteriormente em laboratório.

No **Anexo D** encontram-se as fotografias dos equipamentos utilizados nas campanhas, assim como algumas fotografias nos momentos de recolha de macroinvertebrados e das análises à qualidade da água.



Figura 7: Pontos de amostragem no Rio Lis

(Fonte: Carta I.17 – Carta da Hidrografia Continental)

Foram utilizados como equipamentos o molinete, o sensor de turbidez, os sensores avançados de qualidade da água (temperatura, pH, condutividade e oxigénio dissolvido), os kits de nitratos e fosfatos e o colorímetro, cujos procedimentos se encontram no **Anexo E**. Para além destes foi ainda utilizada a sonda multiparamétrica da Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTG) e a rede de amostragem.

Os métodos de análise basearam-se no Standard Methods, na Norma NP NP 4338-1 e no Método da Brucina[13]. Para a quantificação dos fosfatos, com o kit, o método utilizado é o método do cloreto de estanho (II), do Standard Methods (Method 4500-P). Este método consiste em numa solução ácida, o ortofosfato reage com o molibdato de amónio para formar o ácido molibodofosfórico, que é então reduzido pelo cloreto de estanho (II) ao azul de molibdénio intensamente colorido. A cor azul resultante é diretamente proporcional a concentração de fosfato. Com o kit o método de ensaio dos nitratos utiliza o método de redução de zinco, do Standard Methods (Method 4500-NO₃). O nitrato é reduzido a nitrito na presença de zinco. Numa solução ácida, o nitrito diazotiza com uma amina aromática primária e depois agrega-se a outra molécula orgânica para produzir um corante altamente colorido. Este método é aplicável a águas residuais industriais, a água potável, a águas superficiais e a água do mar. Em laboratório, os métodos utilizados foram o método espectrométrico do 2,6-dimetilfenol, da Norma NP NP 4338-1, o método do ácido ascórbico, do Standard Methods (Method 4500-P) e o método da Brucina (Method 352.1). No **Anexo F** encontram-se os protocolos com as alterações efetuadas aos métodos anteriormente referidos.

A recolha dos macroinvertebrados efetuou-se com a rede de amostragem, segundo o Protocolo de Amostragem e Análise para os Macroinvertebrados Bentónicos. A classificação da qualidade da água baseou-se num método denominado *SIGNAL 2* ^[18], que atribui um nível (1 a 5) tendo em conta a quantidade de macroinvertebrados encontrados e um valor correspondente ao grau de cada classe, ordem ou filo (1 a 10). Multiplicando um valor pelo outro, obtemos a pontuação atribuída a cada espécie encontrada. Por fim, somando as pontuações de todos os macroinvertebrados, pertencentes ao mesmo ponto de amostragem, e dividindo pelo valor total dos níveis da quantidade obtemos a pontuação conferida naquele ponto (equação 1).

$$\text{Pontuação Ponto Amostragem} = \frac{\text{Total pontuação de macroinvertebrados}}{\text{Total níveis da quantidade}} \quad \text{Equação 1}$$

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1 Regime hídrico

Por forma a avaliar o regime hidrológico do Rio Lis foram-nos fornecidos dados recolhidos na estação hidrométrica de Monte Real (**Anexo G**) e na estação udométrica instalada no topo do estádio (**Anexo G**). O período de análise dos dados corresponderá ao período total do projeto, ou seja, entre 27 de fevereiro de 2018 e 12 de junho de 2018.

A estação udométrica em Leiria regista a precipitação a cada minuto, caso se verifique. Quando não ocorre precipitação os dados são recolhidos hora a hora, ao longo dos dias. Na Figura 8 podemos observar a ocorrência de precipitação ao longo das campanhas. Verifica-se uma maior ocorrência de precipitação nos meses de fevereiro, março e abril, registando-se o valor mais elevado no dia 14 de março, pelas 12 horas e 52 minutos.

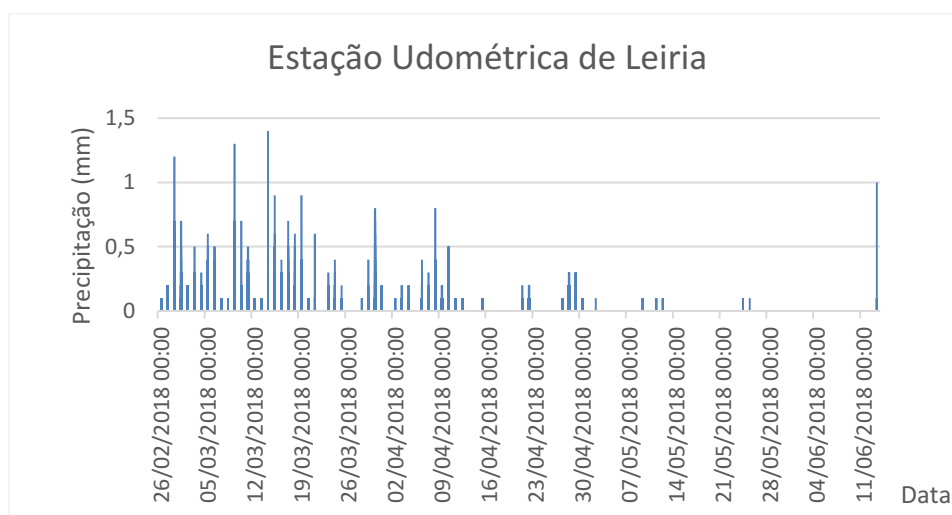


Figura 8: Dados de precipitação na estação udométrica de Leiria.

Após a campanha realizada no Rio Nabão, e com aumento da precipitação e a interrupção letiva da Páscoa não foi possível realizar a primeira campanha antes de 8 de maio de 2018, condicionando o trabalho do projeto.

A estação hidrométrica de Monte Real regista o nível hidrométrico horário. Verifica-se uma oscilação na altura hidrométrica de fim de fevereiro a fim de março, registando-se o maior nível de água no dia 17 de março, pelas 10 horas, sendo este de 2,06 metros, **Figura 9**. Os valores registados estão condicionados pela existência de açudes ao longo do curso do rio, ou seja, após a abertura verifica-se maior altura hidrométrica. De abril a junho verifica-se a permanência do nível hidrométrico aproximadamente constante nos 0,53 metros. A estação localiza-se a jusante do último ponto de amostragem (Campos do Lis).

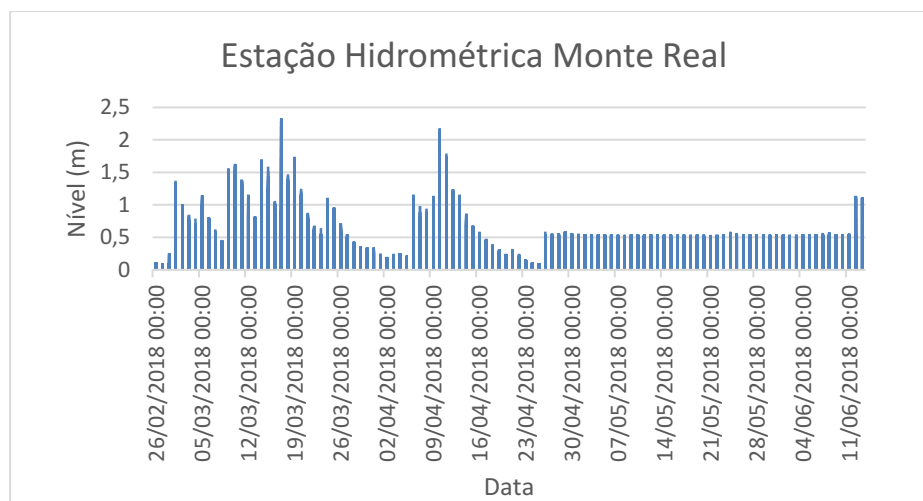


Figura 9: Dados de altura de água medidos na estação hidrométrica de Monte Real.

Durante as campanhas foi medido com o molinete a velocidade da água em m/s, assim como a distância à margem em cada ponto de amostragem e a profundidade média, em ambas as campanhas, como representado no **Anexo H**. A profundidade média foi medida em cada ponto, na margem direita (D), ao centro e na margem esquerda (E) do troço. Por forma a conhecer as características dos locais de amostragem foi feito o levantamento do tipo de habitat e do tipo de corrente, os quais terão influência na presença de macroinvertebrados.

Através da distância à margem, da profundidade e da velocidade da água foi possível obter o caudal em cada secção ou ponto de amostragem, para ambas as campanhas, **Tabela 6**. No **Anexo I** pode-se verificar os resultados obtidos para cada ponto de amostragem.

Tabela 6: Caudal medido nos quatro pontos de amostragem.

Ponto de amostragem	Campanha 1	Campanha 2
A (Fontes)	0,346 m ³ /s	0,209 m ³ /s
B (Parque radical)	1,972 m ³ /s	1,645 m ³ /s
C (Açude do Arrabalde)	2,024 m ³ /s	-
D (Campos do Lis)	3,024 m ³ /s	4,165 m ³ /s

Apesar das campanhas se terem realizado em dias diferentes, o que altera de forma significativa a quantidade de caudal, assim como a qualidade da água, é possível verificar uma aproximação dos valores obtidos em cada campanha. No ponto de amostragem C, relativamente à segunda campanha, não foi possível medir a velocidade da água devido à elevada profundidade do rio, por consequência do aumento de caudal devido à abertura do açude no momento da medição.

O tipo de solo da bacia hidrográfica do Rio Lis tem influência no escoamento e consequentemente na altura hidrométrica. Com o aumento da precipitação na presença de solos impermeáveis verifica-se um aumento do escoamento que influenciará no caudal do rio. Por outro lado, com solos permeáveis verifica-se uma diminuição do escoamento. Como já foi referido a bacia hidrográfica do Rio Lis apresenta a montante solos impermeáveis (Luvissolos) e a jusante solos permeáveis (Podzóis). Como seria esperado estando o ponto de amostragem A localizado em solos impermeáveis a contribuição da precipitação é maior verificando-se um

maior caudal do rio, e a secção D estando localizada em solos permeáveis verifica-se um menor caudal. Os pontos de amostragem B e C estão localizados em solos designados por Cambissolos êutricos. Quanto mais para jusante maior a bacia contributiva logo o caudal aumenta sempre para jusante, podendo aumentar a taxas variáveis de acordo com a permeabilidade dos solos.

4.2 Qualidade da água

Os contaminantes existentes na água podem ser classificados de acordo com as suas características físicas, químicas e biológicas. Estas características podem ser utilizadas como parâmetros de qualidade da água.

4.2.1 Parâmetros físico-químicos

Dos parâmetros físico-químicos analisados constam o pH, a temperatura, a condutividade, o oxigénio dissolvido, a turvação, os sólidos dissolvidos totais e a salinidade. Estes parâmetros foram medidos com sondas diferentes, as sondas portáteis do IPT e a sonda multiparamétrica da ESTG, para comparação e verificação da credibilidade dos resultados. Na Tabela 7 e Tabela 8, constam os valores registados na primeira e segunda campanha, respetivamente.

Tabela 7: Parâmetros físico-químicos dos quatro pontos de amostragem – 1ª Campanha.

Ponto de Amostragem	Parâmetros Físico-Químicos	Sondas do IPT	Sonda da ESTG	Unidades
A	pH	7,8	7,6	
	Temperatura	16	15,91	°C
	Condutividade	521	513	μS/cm
	Oxigénio Dissolvido	7,13	8,47	mg/L
	Turvação	0	-	NTU
	Sólidos Dissolvidos Totais	-	257	mg/L
	Salinidade	-	0,25	g/kg
B	pH	9,22	7,7	
	Temperatura	15,84	15,73	°C
	Condutividade	640	522	μS/cm
	Oxigénio Dissolvido	9,1	10,89	mg/L
	Turvação	0	-	NTU
	Sólidos Dissolvidos Totais	-	261	mg/L
	Salinidade	-	0,25	g/kg
C	pH	9,93	8,03	
	Temperatura	16,15	16,02	°C
	Condutividade	577	517	μS/cm
	Oxigénio Dissolvido	8,93	10,35	mg/L
	Turvação	0	-	NTU
	Sólidos Dissolvidos Totais	-	259	mg/L
	Salinidade	-	0,25	g/kg
D	pH	8,25	7,78	
	Temperatura	19,51	16,3	°C
	Condutividade	690	615	μS/cm
	Oxigénio Dissolvido	7,78	9,77	mg/L
	Turvação	0	-	NTU

Sólidos Dissolvidos Totais	-	307	mg/L
Salinidade	-	0,3	g/kg

Com a observação dos dados verifica-se a existência de alguma diferença em determinados parâmetros, obtidos por sondas diferentes, em ambas as campanhas. É de notar que as sondas do IPT poderão não ser as mais eficazes na medição, uma vez que não é efetuada a calibração antecipadamente, o que poderá introduzir erros após diversas utilizações.

Tabela 8: Parâmetros físico-químicos dos quatro pontos de amostragem – 2ª Campanha

Ponto de Amostragem	Parâmetros Físico-Químicos	Sondas do IPT	Sonda da ESTG	Unidades
A	pH	8,24	7,02	
	Temperatura	16,3	16,22	°C
	Condutividade	610	491	μS/cm
	Oxigénio Dissolvido	7,03	5,87	mg/L
	Turvação	0	-	NTU
	Sólidos Dissolvidos Totais	-	246	mg/L
	Salinidade	-	0,24	g/kg
B	pH	9,66	7,95	
	Temperatura	16,54	16,41	°C
	Condutividade	648	514	μS/cm
	Oxigénio Dissolvido	9	7,77	mg/L
	Turvação	0	-	NTU
	Sólidos Dissolvidos Totais	-	257	mg/L
	Salinidade	-	0,25	g/kg
C	pH	7,93	7,91	
	Temperatura	17,31	17,19	°C
	Condutividade	621	490	μS/cm
	Oxigénio Dissolvido	8,98	7,9	mg/L
	Turvação	0	-	NTU
	Sólidos Dissolvidos Totais	-	245	mg/L
	Salinidade	-	0,24	g/kg
D	pH	8,29	7,76	
	Temperatura	17,63	17,43	°C
	Condutividade	731	613	μS/cm
	Oxigénio Dissolvido	8,05	7,06	mg/L
	Turvação	0	-	NTU
	Sólidos Dissolvidos Totais	-	307	mg/L
	Salinidade	-	0,3	g/kg

Apesar da qualidade da água variar ao longo dos dias, por diversos fatores, comparando os resultados obtidos nas duas campanhas o único parâmetro físico-químico que regista uma maior variação é o do oxigénio dissolvido, em todos pontos de amostragem.

4.2.2 Nitratos

De maneira a analisar a qualidade da água procedeu-se à determinação da quantidade de nitratos presentes na água do Rio Lis. Esta determinação foi feita com o kit do IPT e em laboratório após a recolha das amostras em cada ponto de amostragem segundo os protocolos presentes nos **Anexos E e F**.

Em laboratório, e segundo a NP 4338-1, 1996, prepararam-se 5 soluções padrão com as concentrações de 1,0 mgNO₃⁻/L, 3,0 mgNO₃⁻/L, 5,0 mgNO₃⁻/L, 7,0 mgNO₃⁻/L e 9,0 mgNO₃⁻/L, para a primeira campanha. Estas soluções foram lidas no espectrofotômetro e registados os valores da absorvância a 324 nanômetros, **Tabela 9**.

Tabela 9: Soluções padrão – 1ª campanha no Rio Lis (08/05/2018).

C (mgNO ₃ ⁻ /L)	Abs (324nm)	Abs-Br
Branco (Br)	0,2655	
1,0	0,2875	0,0220
3,0	0,3496	0,0841
5,0	0,3783	0,1128
7,0	0,4035	0,1380
9,0	0,4232	0,1577

Foram preparadas as amostras e lidas no espectrofotômetro, cujos resultados se encontram na **Tabela 10**. Na primeira leitura das amostras não houve diluição, mas como se pode verificar os resultados obtidos da absorvância foram superiores ao limite de quantificação do padrão 1,0 mgNO₃⁻/L. Assim sendo, procedeu-se a uma diluição e a uma nova leitura da absorvância.

Para obter a concentração de nitratos nas amostras foi determinada uma reta de calibração com a absorvância e concentração dos padrões (equação 2):

$$y = 0,0123x + 0,0493 \quad \text{Equação 2}$$

com um coeficiente de correlação (R²) de 0,9933. Para melhorar o coeficiente de correlação, ou seja, aproximá-lo de 1 não foi utilizado o padrão com concentração de 1,0 mgNO₃⁻/L. A concentração de nitratos obtida em cada amostra está presente na **Tabela 10**, assim como a concentração média, uma vez que foi realizado um duplicado para cada amostra.

A concentração para cada amostra foi calculada da seguinte forma (equação 3):

$$C_{\text{NO}_3^-} = \frac{(\text{Abs}-\text{Br}) - 0,0493}{0,0123} \quad \text{Equação 3}$$

Tabela 10: Amostras – 1ª campanha no Rio Lis (08/05/2018).

Amostra	Abs (1ª leitura)	Abs (2ª leitura)	Abs(2ª leitura)-Br	C (mgNO ₃ ⁻ /L)	Va (mL)
A1	0,4600	0,3681	0,1026	4,3293	4,8252
		0,3803	0,1148	5,3211	
A2	0,5169	0,3809	0,1154	5,3699	5,4919
		0,3839	0,1184	5,6138	
A3	0,4905	0,4205	0,1550	8,5894	8,4024
		0,4159	0,1504	8,2154	
A4	0,4884	0,4146	0,1491	8,1098	8,5041
		0,4243	0,1588	8,8984	

Durante a campanha foi analisado, nos locais, o azoto com o kit do IPT, cujos resultados obtidos estão expressos na **Tabela 11**.

Tabela 11: Nitratos (kit IPT) – 1ª campanha no Rio Lis (08/05/2018).

	Azoto (mg N/L)
Fontes	1,29
Parque Radical	2,16
Açude do Arrabalde	1,52
Campos do Lis	0,84

Por forma a comparar os resultados obtidos, o azoto foi convertido em nitratos da seguinte forma (equação 4):

$$C_{\text{NO}_3^-} = C_N \times \left(\frac{M_{\text{NO}_3^-}}{M_N} \right) \quad \text{Equação 4}$$

Em que, $C_{\text{NO}_3^-}$ é a concentração de nitratos, C_N é a concentração de azoto, $M_{\text{NO}_3^-}$ é a massa molar dos nitratos e M_N a massa molar do azoto. Na **Tabela 12** estão presentes os resultados da conversão de azoto em nitratos e os resultados obtidos no laboratório, de maneira a comparar os mesmos. Nos resultados obtidos em laboratório, a concentração de nitratos é crescente, notando-se uma maior concentração nos últimos dois pontos de amostragem.

Tabela 12: Comparação dos resultados de nitratos – 1ª campanha no Rio Lis (08/05/2018).

	KIT IPT	Laboratório ESTG
	Nitratos (mg NO_3^-/L)	Nitratos (mg NO_3^-/L)
Fontes	5,71	4,8252
Parque Radical	9,56	5,4919
Açude do Arrabalde	6,73	8,4024
Campos do Lis	3,72	8,5041

Da comparação dos resultados obtidos verifica-se uma elevada diferença nos valores. Assim sendo, o kit do IPT poderá não ser o mais eficaz neste tipo de medição. Apesar dos erros experimentais passíveis de ocorrer em laboratório, os resultados obtidos são mais fiáveis, uma vez que conhecemos a incerteza dos materiais utilizados em laboratório. Esses erros refletiram-se na eficiência do 2,6-Dimetilfenol, utilizado na preparação dos reagentes, tendo sido necessário a alteração do método na segunda campanha.

Os nitratos provêm da agricultura intensiva com a utilização de fertilizantes orgânicos e químicos, de descargas industriais, esgotos urbanos domésticos, fossas sépticas, estações de tratamento de águas residuais, entre outras. Na bacia hidrográfica a maior área é florestal e a segunda agrícola. O primeiro ponto de amostragem situa-se em zonas florestais, e os três últimos em zonas agrícolas, o que comprova a existência de maior concentração de nitratos.

Na segunda campanha prepararam-se 5 soluções padrão com as concentrações de 5,0 mgNO₃⁻/L, 10,0 mgNO₃⁻/L, 15,0 mgNO₃⁻/L, 20,0 mgNO₃⁻/L e 25,0 mgNO₃⁻/L, em laboratório, segundo o Método da Brucina. Estas soluções foram lidas no espectrofotômetro e registados os valores da absorvância a 324 nanómetros, **Tabela 13**.

Tabela 13: Soluções padrão – 2ª campanha no Rio Lis (12/06/2018).

C (mgNO ₃ ⁻ /L)	Abs (324nm)	Abs-Br
Branco (Br)	0,341	
5,0	0,339	-0,0020
10,0	0,383	0,0420
15,0	0,462	0,1210
20,0	0,518	0,1770
25,0	0,61	0,2690

Foram preparadas as amostras e lidas no espectrofotômetro, cujos resultados estão apresentados na **Tabela 14**. Para obter a concentração de nitratos nas amostras foi efetuada uma reta de calibração com a absorvância e concentração dos padrões, em que se obteve (equação 5):

$$y = 0,0147x - 0,1057 \quad \text{Equação 5}$$

com um coeficiente de correlação de 0,9921. Para melhorar o coeficiente de correlação, ou seja, aproximá-lo de 1 não foi utilizado o padrão com concentração de 5,0 mgNO₃⁻/L. A concentração de nitratos obtida em cada amostra está presente na Tabela 10, assim como a concentração média, uma vez que foi realizado um duplicado para cada amostra. A forma de cálculo da concentração de nitratos foi a seguinte (equação 6):

$$C_{\text{NO}_3^-} = \frac{(Abs-Br)+0,1057}{0,0147} \quad \text{Equação 6}$$

Tabela 14: Amostras – 2ª campanha no Rio Lis (12/06/2018).

Amostra	Abs	Abs-Br	C (mgNO ₃ ⁻ /L)		Va (mL)
A1	0,4310	0,0900	13,2768	13,1411	5,0
	0,427	0,0860	13,0054		
A2	0,408	0,0670	11,7164	11,4450	5,0
	0,400	0,0590	11,1737		
A3	0,426	0,0850	12,9376	12,2252	5,0
	0,405	0,0640	11,5129		
A4	0,419	0,0780	12,4627	13,1072	5,0
	0,438	0,0970	13,7517		

Durante a campanha foi analisado, nos locais, o azoto com o kit do IPT, cujos resultados obtidos estão expressos na **Tabela 15**.

Tabela 15: Nitratos (kit IPT) – 2ª campanha no Rio Lis (12/06/2018).

	Nitratos (mg N/L)
Fontes	2,46
Parque Radical	1,05
Açude do Arrabalde	1,10
Campos do Lis	0,49

A fórmula de cálculo de conversão de azoto em nitratos foi a mesma que anteriormente enunciada.

Na **Tabela 16** estão presentes os resultados da conversão de azoto em nitratos e os resultados obtidos no laboratório. Nos resultados obtidos em laboratório, a concentração de nitratos é relativamente constante e elevada.

Tabela 16: Comparação dos resultados de nitratos – 2ª campanha no Rio Lis (12/06/2018).

	KIT IPT	Laboratório ESTG
	Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)	Nitratos (mg NO ₃ ⁻ /L)
Fontes	10,89	13,1411
Parque Radical	4,65	11,4450
Açude do Arrabalde	4,87	12,2252
Campos do Lis	2,17	13,1072

Da comparação dos resultados obtidos verifica-se uma diferença significativa nos valores. Como já se verificou o kit do IPT poderá não ser o mais eficaz neste tipo de medição, contudo verifica-se uma melhor correlação em relação aos resultados obtidos no laboratório. O método utilizado em laboratório poderá não ser o mais adequado e poderá ter ocorrido erros experimentais, uma vez que foi a primeira vez que foi implementado. Para além disso as amostras foram analisadas passado as 48 horas, tendo como consequência a possível diminuição da quantidade de nitratos presentes nas amostras.

Estando o primeiro ponto de amostragem situado em zona florestal, e os três últimos em zonas agrícolas, seria esperado uma diferença de concentração de nitratos entre ambos.

Comparando as duas campanhas, houve uma diminuição, de forma geral, na concentração de nitratos analisados com o kit e um aumento significativo da concentração de nitratos analisados em laboratório.

4.2.3 Fósforos

De maneira a analisar a qualidade da água procedeu-se à determinação da quantidade de fósforos presentes na água do Rio Lis. Esta determinação foi feita com o kit do IPT e em laboratório após a recolha das amostras em cada ponto de amostragem, segundo os protocolos presentes nos **Anexos E e F**.

Em laboratório, prepararam-se 5 soluções padrão com as concentrações de 0,10 mgP/L, 0,25 mgP/L, 0,50 mgP/L, 0,75 mgP/L e 1,0 mgP/L, para a primeira campanha. Estas soluções foram lidas no espectrofotómetro e registados os valores da absorvância a 880 nanómetros, **Tabela 17**.

Tabela 17: Soluções padrão – 1ª campanha no Rio Lis (08/05/2018).

C (mgP/L)	Abs (880nm)	Abs-Br
Branco	0,0902	
0,10	0,1630	0,0728
0,25	0,2544	0,1642
0,50	0,4199	0,3297
0,75	0,5702	0,4800
1,00	0,7355	0,6453

Foram preparadas as amostras e lidas no espectrofotómetro, cujos resultados se encontram na **Tabela 18**. Devido á contaminação do material com detergente foi necessário realizar a análise das amostras no dia seguinte. Assim, se justifica o facto de se ter determinado novamente um branco para as amostras.

Para obter a concentração de fósforo nas amostras foi determinada uma reta de calibração com a absorvância e concentração dos padrões (equação 7):

$$y = 0,6353x + 0,008 \quad \text{Equação 7}$$

com um coeficiente de correlação de 0,9998. A concentração de fósforo obtida em cada amostra está presente na **Tabela 18**, assim como a concentração média de fósforo, uma vez que foi realizado um duplicado para cada amostra e a concentração média de fosfatos depois de convertida. A conversão foi feita através da equação 8:

$$C_{\text{PO}_4^{3-}} = C_P \times \left(\frac{M_{\text{PO}_4^{3-}}}{M_P} \right) \quad \text{Equação 8}$$

Em que, $C_{\text{PO}_4^{3-}}$ é a concentração de fosfatos, C_P é a concentração de fósforo, $M_{\text{PO}_4^{3-}}$ é a massa molar dos fosfatos e M_P a massa molar do fósforo.

A concentração de fósforo para cada amostra foi calculada da seguinte forma (equação 9):

$$C_P = \frac{(Abs-Br) - 0,008}{0,6353} \quad \text{Equação 9}$$

Tabela 18: Amostras – 1ª campanha no Rio Lis (08/05/2018).

Branco	0,0854					
Amostra	Abs	Abs-Br	C (mgP/L)		Va (mL)	C (mgPO ₄ ³⁻ /L)
A1	0,0928	0,0074	-0,0010	-0,0060	50,0	-0,0184
	0,0864	0,0010	-0,0110			
A2	0,1068	0,0214	0,0211	0,0189	50,0	0,0581
	0,1041	0,0187	0,0168			
A3	0,1467	0,0613	0,0839	0,0831	50,0	0,2547
	0,1457	0,0603	0,0823			
A4	0,1813	0,0959	0,1383	0,1364	50,0	0,4183

0,1789	0,0935	0,1345
--------	--------	--------

Verifica-se através dos resultados que a concentração de fosfatos na amostra A1 é inferior ao limite de quantificação do padrão, deste modo posteriormente a concentração desta amostra será quantificada como nula, ou seja, não há concentração de fosfatos neste ponto.

Durante a campanha foi analisado, nos locais, os fosfatos com o kit do IPT. Na **Tabela 19** estão presentes os resultados obtidos com o kit do IPT e em laboratório, de maneira a comparar os mesmos. Nos resultados obtidos em laboratório, a concentração de fosfatos é crescente, notando-se uma maior concentração nos últimos dois pontos de amostragem.

Tabela 19: Comparação dos resultados de fosfatos - 1ª campanha no Rio Lis (08/05/2018).

	KIT IPT	Laboratório ESTG
	Fosfatos (mg PO ₄ ³⁻ /L)	Fosfatos (mg PO ₄ ³⁻ /L)
Fontes	2,60	0,0
Parque Radical	0,16	0,0581
Açude do Arrabalde	0,55	0,2547
Campos do Lis	2,30	0,4183

Da comparação dos resultados obtidos verifica-se uma elevada diferença nos valores. Assim sendo, o kit do IPT poderá não ser o mais eficaz, como já se tinha verificado anteriormente.

Os fosfatos são utilizados na agricultura e no tratamento do solo para renovação de culturas. Os fosfatos são utilizados em indústrias como por exemplo na eliminação da dureza da água ou como desengordurante.

Como já foi referido, na bacia hidrográfica a maior área é florestal e a segunda agrícola. O primeiro ponto de amostragem situa-se em zonas florestais, e os três últimos em zonas agrícolas, o que comprova a existência de maior concentração de fosfatos.

Na segunda campanha prepararam-se 5 soluções padrão, em laboratório, com as mesmas concentrações anteriormente referidas. Estas soluções foram lidas no espectrofotómetro e registados os valores da absorvância a 880 nanómetros, **Tabela 20**.

Tabela 20: Soluções padrão – 2ª campanha no Rio Lis (12/06/2018).

C (mgP/L)	Abs (880nm)	Abs-Br
Branco	0,082	
0,10	0,1520	0,0700
0,25	0,238	0,1560
0,50	0,396	0,3140
0,75	0,556	0,4740
1,00	0,706	0,6240

Foram preparadas as amostras e lidas no espectrofotômetro, cujos resultados estão apresentados na **Tabela 21**. Para obter a concentração de fosfatos nas amostras foi efetuada uma reta de calibração com a absorvência e concentração dos padrões, em que se obteve (equação 10):

$$y = 0,6205x + 0,0049 \quad \text{Equação 10}$$

com um coeficiente de correlação de 0,9998. A concentração de fósforo obtida em cada amostra está presente na **Tabela 21**, assim como a concentração média de fósforo, uma vez que foi realizado um duplicado para cada amostra e a concentração média de fosfatos depois de convertida. A fórmula de conversão foi apresentada anteriormente.

A forma de cálculo da concentração de fósforo foi pela seguinte (equação 11):

$$C_p = \frac{(Abs-Br) - 0,0049}{0,6205} \quad \text{Equação 11}$$

Tabela 21: Amostras – 2ª campanha no Rio Lis (12/06/2018).

Amostra	Abs	Abs-Br	C (mgP/L)		Va (mL)	C (mgPO ₄ ³⁻ /L)
A1	0,1020	0,0200	0,0243	0,0211	50,0	0,0646
	0,098	0,0160	0,0178			
A2	0,101	0,0190	0,0227	0,0227	50,0	0,0695
	0,101	0,0190	0,0227			
A3	0,124	0,0420	0,0597	0,0606	50,0	0,1857
	0,125	0,0430	0,0614			
A4	0,171	0,0890	0,1355	0,1444	50,0	0,4426
	0,182	0,1000	0,1532			

Verifica-se através dos resultados que a concentração de fosfatos na amostra A1, A2 e A3 é inferior ao limite de quantificação do padrão de 0,10 mgP/L, deste modo posteriormente a concentração desta amostra será quantificada como nula, ou seja, não há concentração de fosfatos nestes pontos.

Durante a campanha foi analisado, nos locais, os fosfatos com o kit do IPT, cujos resultados obtidos estão expressos na **Tabela 22**.

Na Tabela 22 estão presentes os resultados obtidos com o kit do IPT e em laboratório. Nos resultados obtidos em laboratório, só se verifica a presença de fosfatos no último ponto de amostragem, ou seja, nos Campos do Lis.

Tabela 22: Comparação dos resultados de fosfatos – 2ª campanha no Rio Lis (12/06/2018).

	KIT IPT	Laboratório ESTG
	Fosfatos (mg PO ₄ ³⁻ /L)	Fosfatos (mg PO ₄ ³⁻ /L)
Fontes	18,80	0,0
Parque Radical	0,50	0,0
Açude do Arrabalde	2,51	0,0
Campos do Lis	7,00	0,4426

Da comparação dos resultados obtidos verifica-se uma diferença significativa nos valores.

Estando o primeiro ponto de amostragem situado em zona florestal, e os três últimos em zonas agrícolas, seria esperado uma diferença de concentração de nitratos entre ambos.

Comparando as duas campanhas, houve uma diminuição, de forma geral, na concentração de fosfatos analisados em laboratório e um aumento significativo da concentração de fosfatos analisados com o kit do IPT. Por um lado, há uma degradação da qualidade da água para jusante, pelos resultados obtidos da primeira campanha, em laboratório. A diminuição da qualidade da água é devida essencialmente à agricultura.

Segundo a Classificação dos Cursos de Água Superficiais [14], **Tabela 23**, e os resultados obtidos com a sonda da ESTG (parâmetros físico-químicos) e em laboratório (nitratos e fosfatos) é possível obter uma classificação da qualidade da água no Rio Lis.

Tabela 23: Classificação dos Cursos de Água Superficiais.

Parâmetro	Unidade	Classe				
		A	B	C	D	E
		Excelente	Boa	Razoável	Má	Muito má
Condutividade	µS/cm	≤750	≤1000	≤1500	≤3000	>3000
Fósforo	mg/L	≤0,2	≤0,25	≤0,4	≤0,5	>0,5
Nitratos	mg/L	≤5	≤25	≤50	≤80	>80
Oxigénio dissolvido	%saturação	≥90	≥70	≥50	≥30	<30
pH		6,5 – 8,5	5,5 – 9,0	5,0 - 10,0	4,5 – 11,0	

Através dos resultados obtidos e com os parâmetros passíveis de classificação, na primeira campanha a qualidade da água é classificada como “excelente” em todos os parâmetros exceto nos nitratos no Parque Radical, no Açude do Arrabalde e nos Campos do Lis, que é classificada como “boa”. Na segunda campanha obteve-se uma classificação de “excelente” para os parâmetros de condutividade, fósforo e pH. Relativamente ao oxigénio dissolvido, nas Fontes, verificou-se uma menor quantidade do que no Parque Radical, no Açude do Arrabalde e nos Campos do Lis. Assim, a qualidade da água nas Fontes é classificada como “razoável” e nos restantes pontos de amostragem como “boa”. Por último, com os resultados obtidos em relação aos nitratos, em todos os pontos de amostragem, a classificação da qualidade da água é de “boa”. De uma forma geral, na primeira campanha a qualidade da água é classificada como boa e na terceira campanha como razoável.

Num estudo elaborado anteriormente [9] a qualidade água na bacia hidrográfica do rio Lis apresentava problemas graves de poluição associados essencialmente à contaminação orgânica, aos nutrientes (nitratos e fósforo total) e à contaminação fecal, nomeadamente no troço mais a jusante. Concluíram que a poluição na bacia do Lis é maioritariamente pontual, proveniente da descarga de efluentes domésticos, pecuários e industriais e que a contribuição associada a fenómenos naturais como variações no clima, precipitação e tipo de solos e às características geomorfológicas da bacia e poluição difusa é menos significativa. Comparando ambos os casos verifica-se uma concordância na existência de poluição nas águas do Rio Lis, quer mais ou menos significativa.

No futuro com a diminuição do caudal e continuação das práticas agrícolas e indústrias, que atualmente são praticadas, a verificar-se-á uma diminuição da qualidade da água, por aumento da concentração das cargas poluentes. A diminuição do caudal deve-se ao aumento da temperatura global e à diminuição da precipitação e aumento de períodos de seca.

4.3 Bioindicadores

Em cada ponto de amostragem, para ambas as campanhas, foram recolhidas amostras com o intuito de identificar e contabilizar os macroinvertebrados bentónicos existentes.

No **Anexo J** constam as tabelas onde estão identificados os macroinvertebrados encontrados, na 1ª e 2ª campanha, nos pontos A, B, C e D, respetivamente. Estes foram classificados tendo em conta a filo, classe, ordem e família.

No **Anexo K** estão presentes as tabelas onde constam os valores ponderados associados às quantidades de macroinvertebrados bem como os níveis taxonómicos associados a cada classe, ordem ou filo, que serviram de auxílio para os cálculos e tabelas seguintes [15].

De seguida, estão expressas, a título de exemplo, as pontuações correspondentes aos macroinvertebrados encontrados no ponto de amostragem A (Fontes) da 1ª Campanha (**Tabela 24**), assim como a pontuação total atribuída a esse mesmo ponto (Equação 12) utilizando o método SIGNAL 2 [18]. As restantes tabelas e equações, quer da 1ª como da 2ª Campanha, estão presentes no **Anexo L**. No **Anexo M** estão algumas imagens dos macroinvertebrados recolhidos nos quatro pontos de amostragem.

Tabela 24: Pontuação atribuída a cada macroinvertebrado recolhido no ponto de amostragem A (Fontes) – 1ª Campanha no rio Lis (08/05/2018)

Macroinvertebrados (Classe/Ordem/Filo)	Nome comum	Grau de sensibilidade (a)	Quantidade	Quantidade - Classe (b)	Pontuação (a × b)
Amphipoda	Anfípode	3	40	5	15
Ephemeroptera	Efemeróptero	9	1	1	9
Diptera	Quironomídeo (Larva)	3	10	3	9
Coleoptera	Besouro (Larva)	5	4	2	10
Total	-	-	-	11	43

Equação 12: Cálculo da pontuação atribuída ao ponto de amostragem A (Fontes) – 1ª Campanha no rio Lis (08/05/2018)

$$Pontuação A (Fontes) = \frac{43}{11} = 3,9$$

Equação 12

Na **Tabela 25** estão expressas as pontuações obtidas em cada ponto de amostragem, para a 1ª e 2ª Campanha no rio Lis.

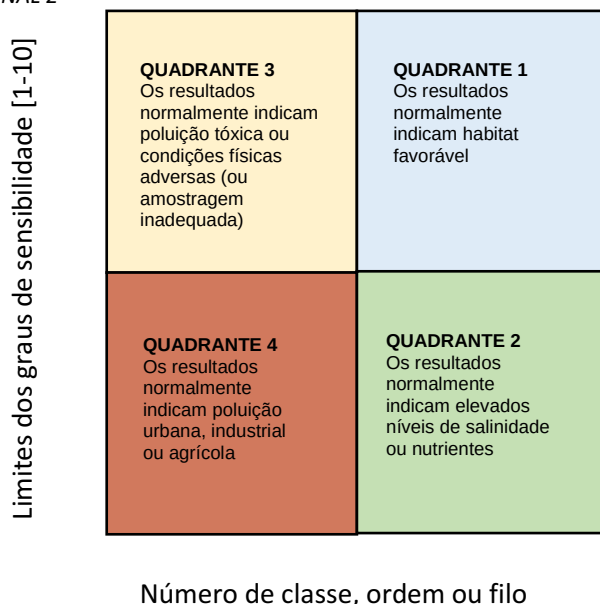
Tabela 25: Resumo da pontuação atribuída

Pontos de amostragem	1ª Campanha (08/05/2018)	2ª Campanha (12/06/2018)
Fontes (A)	3,9	3,8
Parque Radical (B)	5,5	4,7
Açude do Arrabalde (C)	3	4,2
Campos do Lis (D)	5,5	3,7

Através de um diagrama de quadrantes é possível contextualizar o resultado, ou seja, o diagrama é dividido em quatro quadrantes, onde cada um refere o grau de poluição existente naquele ponto (**Figura 10**).

Figura 10: Diagrama de quadrantes

Fonte: *SIGNAL 2*



Quadrante 1: representa altos valores de pontuação e de tipos de espécies. A presença de diversos tipos de macroinvertebrados sugere que a diversidade de habitats físicos é elevada e que não estão presentes contaminantes e condições físicas adversas. Altas pontuações do *SIGNAL 2* sugerem que as concentrações de turvação, salinidade e nutrientes são baixas.

Quadrante 2: representa as pontuações mais baixas e elevada diversidade de tipos de macroinvertebrados. Os que se enquadram neste quadrante, possivelmente apresentam níveis mais altos de turvação, salinidade ou nutrientes, do que os que se encontram no quadrante 1. Porém estes níveis podem ser naturais, devido à geologia local e tipos de solo. A diversidade de macroinvertebrados pode indicar que as condições físicas ainda são favoráveis e que não estão presentes contaminantes em grandes quantidades.

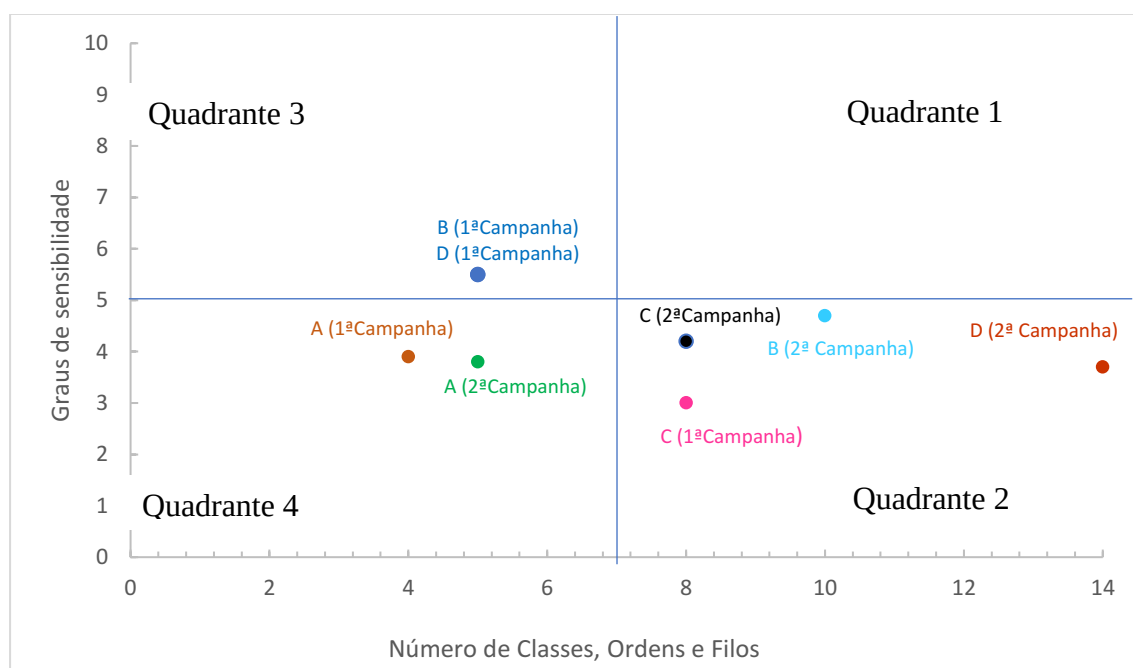
Quadrante 3: representa pontuações altas, mas pouca diversidade de espécies. Locais com poluição tóxica, como aqueles com zonas de mineração abaixo da superfície, onde a drenagem ácida resulta em pH baixo

e elevadas concentrações de metais, normalmente ocupam este quadrante. Isto deve-se ao facto de o mesmo macroinvertebrado apresentar tolerâncias distintas a diferentes tipos de poluição, como por exemplo os caracóis são tolerantes à maioria das formas de poluição, mas são sensíveis aos metais. Os rios que se enchem de água após a seca também podem conter alguns tipos de macroinvertebrados, sem que estes tenham tido tempo de colonizar e reproduzir. Uma técnica de amostragem ou um tempo de esforço de amostragem inadequados também pode resultar num local pertencente ao quadrante 3, porque poucos macroinvertebrados são recolhidos, embora muitos estejam presentes.

Quadrante 4: representa baixos valores de pontuação e diversidade de macroinvertebrados. A maioria dos locais inseridos neste quadrante sofre de uma ou mais fontes de poluição [18]

Para classificar utilizando este método, é necessário fazer um gráfico com os valores de pontuação previamente calculados para cada ponto de amostragem, dividi-lo em quatro quadrantes e analisar em que quadrante se encontra cada ponto. O eixo dos yy corresponde aos limites dos graus de sensibilidade [1-10] e o eixo dos xx ao número máximo de classes, ordens ou filos encontrados, que neste caso não ultrapassa os 14 (Gráfico 1).

Gráfico 1: Distribuição dos pontos de amostragem por quadrante



O método do diagrama de quadrantes permite graficamente obter uma perceção sobre a qualidade da água e grau de impactes induzidos por fatores antropogénicos. Contudo, os limites dos quadrantes devem ser adaptados a cada caso de estudo, de forma a fazer corresponder os locais amostrados e métodos de amostragem empregues aos níveis de qualidade da água estimados (colocar referência SIGNAL PDF). Ou seja, os limites devem ser ajustados de forma a que locais pouco influenciados por fenómenos de poluição e que mantêm um estado ecológico pouco perturbado caiam no quadrante I. Contudo, não dispomos de dados

suficientes para definir os limites adaptados ao caso de estudo. Para tal seria necessário efetuar uma maior caracterização de cada ponto, bem como proceder a um maior número de amostragens.

Fica explícita a importância de continuar o estudo, melhorando o método, de modo a obter uma classificação da qualidade da água mais rigorosa.

Para além do gráfico, através da **Tabela 26** de classificação [16] é possível classificar a qualidade da água de cada ponto considerando a pontuação adquirida.

Tabela 26: Classificações tendo em conta as pontuações

<6	Habitat Saudável
Entre 5 e 6	Poluição Suave
Entre 4 e 5	Poluição Moderada
>4	Poluição Severa

Relativamente à 1ª Campanha, verifica-se que tanto nas Fontes (A) como no Açude do Arrabalde (C) a massa de água é classificada com “poluição severa”, enquanto no Parque Radical (B) e nos Campos do Lis (D) é classificada com “poluição suave”.

Comparando com a 2ª Campanha, a classificação das Fontes foi a única que não se alterou, havendo uma melhoria no Açude do Arrabalde e uma deterioração pouco significativa no Parque Radical e bastante significativa nos Campos do Lis.

Esta classificação encontra-se em conformidade com a informação que se tem sobre os locais de amostragem, pois apesar de as Fontes serem um local pouco perturbado com atividades antropogénicas, trata-se de uma zona de nascente onde tipicamente a velocidade do escoamento é maior e a temperatura e quantidade de nutrientes dissolvidos na água menor, originando condições não tão favoráveis para a fixação de um significativo número de macroinvertebrados bentónicos em termos de quantidade e diversidade. Os ecossistemas das zonas de cabeceira são geralmente heterotróficos, suportados por energia produzida fora do sistema (essencialmente matéria orgânica fornecida pela vegetação ripícola), correspondendo a locais onde não se encontra uma grande quantidade e diversidade de organismos como nos troços médio e inferior do rio. Acresce ainda o facto de serem conhecidos os problemas de contaminação inerentes ao facto de o rio Lis ter origem no maciço cársico, o que origina níveis de poluição na nascente que podem ajudar a justificar os baixos níveis de O₂ dissolvido registados e a baixa diversidade de macroinvertebrados recolhida.

No Parque Radical era esperada a melhor classificação devido ao facto de este local se encontrar já no troço intermédio do rio, mas ainda antes da entrada na cidade percorrendo locais pouco perturbados pela atividade humana

O Açude do Arrabalde localiza-se na zona intermédia do rio, depois da cidade, sendo expectável maior contaminação tendo em conta o contributo da descarga da ETAR das Olhalvas (localizada a jusante do Parque Radical e a montante do Açude do Arrabalde), a afluência de ribeiras com problemas de poluição conhecidos

(ex: ribeira do Sirol), os lixiviados urbanos que drenam para o rio em maior escala na zona da cidade e eventuais descargas de efluentes no troço entre o Parque Radical e o Açude do Arrabalde.

Nas zonas intermédias do rio (Parque Radical, Açude do Arrabalde e Campos do Lis), a água contém bastante matéria em suspensão tornando-a mais rica em nutrientes. Normalmente, é nestas zonas que se encontram o maior número de espécies, ao qual se verificou nas tabelas de classificação e quantificação.

Comparando com a classificação obtida através dos parâmetros físico-químicos, esta não é concordante.

Os resultados não são totalmente conclusivos, necessitando de um maior número de amostragens em cada ponto.

5. CONCLUSÕES

Do presente estudo retiram-se conclusões essenciais da análise da qualidade da água no Rio Lis, ou seja, através dos resultados obtidos pelos parâmetros físico-químicos e pelos bioindicadores da qualidade da água. Através dos resultados da condutividade, dos fosfatos, dos nitratos, do oxigénio dissolvido e do pH é possível classificar a qualidade da água do Rio Lis. De uma forma geral, na primeira campanha a qualidade da água é classificada como boa e na terceira campanha como razoável.

De acordo com os bioindicadores da qualidade da água na primeira campanha, verifica-se que tanto nas Fontes como no Açude do Arrabalde a massa de água é classificada com “poluição severa”, enquanto no Parque Radical e nos Campos do Lis é classificada com “poluição suave”. Comparando com a segunda campanha, a classificação das Fontes foi a única que não se alterou, havendo uma melhoria no Açude do Arrabalde e uma deterioração pouco significativa no Parque Radical e bastante significativa nos Campos do Lis.

O projeto efetuado cumpriu os objetivos propostos uma vez que se realizaram, com sucesso, todas as atividades e se ficaram a conhecer diferentes métodos de análise da qualidade da água. Aquando do início do projeto, Portugal encontrava-se em seca extrema e este estudo tinha como principal objetivo o estudo das alterações climáticas nos recursos hídricos. Contudo, verificou-se não ser possível analisar esses efeitos uma vez que o mês de março e abril foi de precipitação persistente, alterando as previsões projetadas de diminuição da quantidade de água e consequentemente da sua qualidade.

No presente estudo utilizaram-se diversos métodos de análise quer em laboratório ou em campo, quer no tratamento de resultados dos bioindicadores da qualidade da água. Os métodos utilizados em laboratório revelam-se mais precisos, em relação aos dos kits. Relativamente ao método dos quadrantes seria necessário efetuar uma maior caracterização de cada ponto, bem como proceder a um maior número de amostragens.

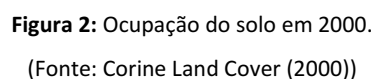
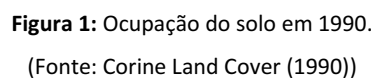
Futuramente seria importante dar continuidade ao estudo tendo como base a metodologia apresentada que poderá ser mantida e implementada, com o objetivo de analisar os efeitos causados na qualidade da água. A avaliação da qualidade da água só é possível com recurso a dados de monitorização regulares e obtidos sempre nos mesmos locais, de forma contínua.

BIBLIOGRAFIA

- [1] “Decreto-Lei 20/93, 1993-01-26 - DRE.” [Online]. Available: <https://dre.pt/pesquisa-avancada/-/asearch/601285/details/normal?types=SERIEI&numero=20%2F93&tipo=%22Decreto-Lei%22>. [Accessed: 05-Jul-2018].
- [2] “APA - Políticas > Alterações Climáticas > Quadro Estratégico para a Política Climática (QEPiC).” [Online]. Available: <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=1181>. [Accessed: 11-Jun-2018].
- [3] “Consequências das alterações climáticas | Ação climática.” [Online]. Available: https://ec.europa.eu/clima/change/consequences_pt. [Accessed: 09-Jun-2018].
- [4] T. Williamson, S. Parker, E. Matys, J. Maisonpierre, and P. Goodman, “The Effects of Climate Change on Benthic Macroinvertebrate Communities: Ecological Risks Associated with Future Anthropogenic Impacts in Vermont Streams.”
- [5] “MANUAL PARA A AVALIAÇÃO BIOLÓGICA DA QUALIDADE DA ÁGUA EM SISTEMAS FLUVIAIS SEGUNDO A DIRECTIVA QUADRO DA ÁGUA Protocolo de amostragem e análise para os MACRÓFITOS MINISTÉRIO DO AMBIENTE, DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL,” 2008.
- [6] “Cheias dos últimos anos ameaçam repetir-se por falta de intervenção.” [Online]. Available: <https://www.jornaldeleiria.pt/noticia/cheias-dos-ultimos-anos-ameacam-repetir-se-por-falta-de-inte-2606>. [Accessed: 05-Jul-2018].
- [7] “MUNICÍPIO ESTRATÉGIA MUNICIPAL DE ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS.”
- [8] “ESTUDO HIDROLÓGICO/HIDRÁULICO DO RIO LIS, NA ZONA DE INTERVENÇÃO DO PROGRAMA POLIS NA CIDADE DE LEIRIA MEMÓRIA DESCRITIVA NOVEMBRO 2001.”
- [9] O. Doutora, C. Maria De Sousa Botelho, D. Rui, A. Da, and R. Boaventura, “Transformações Biogeoquímicas na Bacia Hidrográfica do Rio Lis Dissertação de Doutoramento em Ciências da Engenharia por Judite dos Santos Vieira,” 2007.
- [10] “DGTerritório - Cartografia CORINE Land Cover.” [Online]. Available: http://www.dgterritorio.pt/dados_abertos/clc/. [Accessed: 05-Jul-2018].
- [11] “Visualizador SNIAmb | SNIAmb.” [Online]. Available: <https://sniamb.apambiente.pt/content/geo-visualizador?language=pt-pt>. [Accessed: 05-Jul-2018].
- [12] “SNIRH > Dados de Base.” [Online]. Available: <https://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=2&idItem=3>. [Accessed: 05-Jul-2018].
- [13] U. Epa, “Method 352.1: Nitrogen, Nitrate (Colorimetric, Brucine) by Spectrophotometer.”
- [14] “Classificação dos Cursos de Água Superficiais.” [Online]. Available: https://snirh.apambiente.pt/snirh/_dadossintese/qualidadeanuario/boletim/tabela_classes.php. [Accessed: 05-Jul-2018].

-
- [15] B. C. Chessman, "New sensitivity grades for Australian river macroinvertebrates," 2003.
- [16] "Waterway and catchment health resources." [Online]. Available: http://www.vic.waterwatch.org.au/cb_pages/waterway_and_catchment_health_resources.php. [Accessed: 05-Jul-2018].
- [17] B. M. Menese, "O Impacto dos Incêndios Florestais na Perda de Solo por Erosão Hídrica na Serra de Santa Helena," vol. n.º 51, pp. 215-232, 2013.
- [18] B. Chessman, SIGNAL 2.iv - A Scoring System for Macroinvertebrates ("Water Bugs") in Australian Rivers, Australian.

Anexos



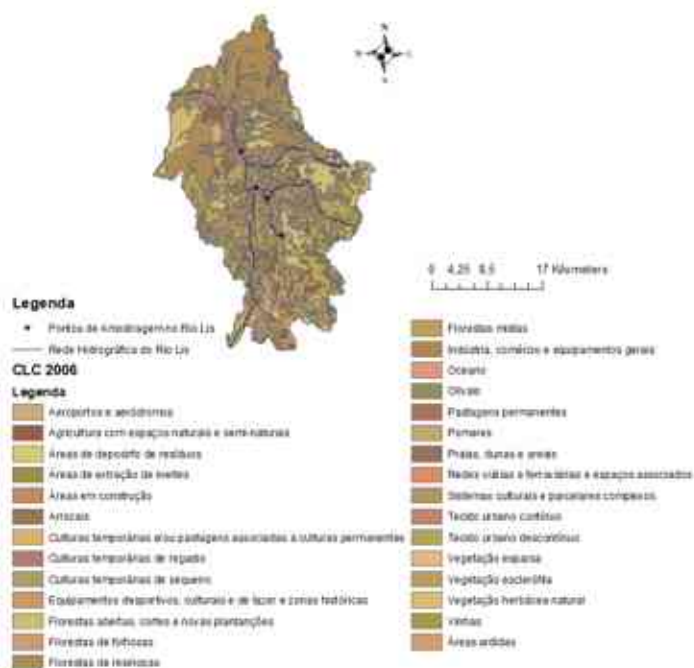


Figura 3: Ocupação do solo em 2006.

(Fonte: Corine Land Cover (2006))

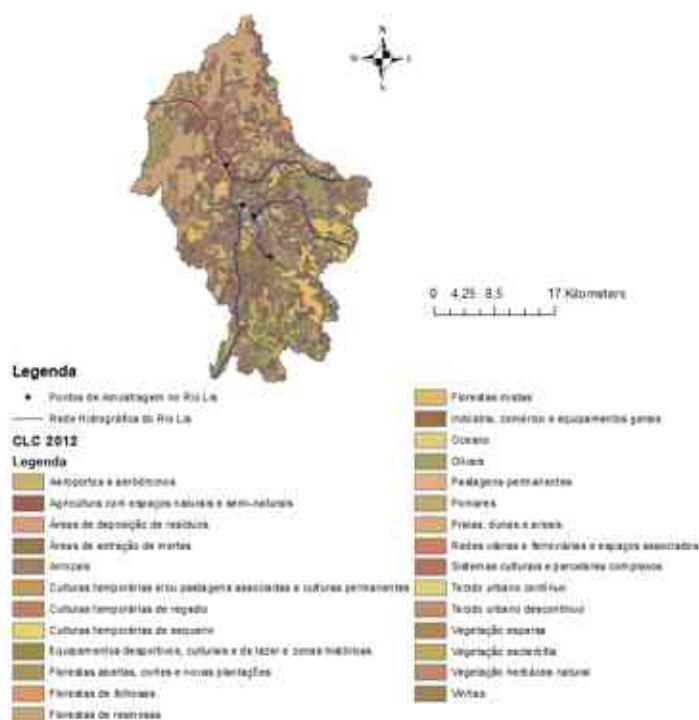


Figura 3: Ocupação do solo em 2012.

(Fonte: Corine Land Cover (2012))

ANEXO B – REGISTO DO ESCOAMENTO MENSAL NAS ESTAÇÕES HIDROMÉTRICAS NO RIO LIS

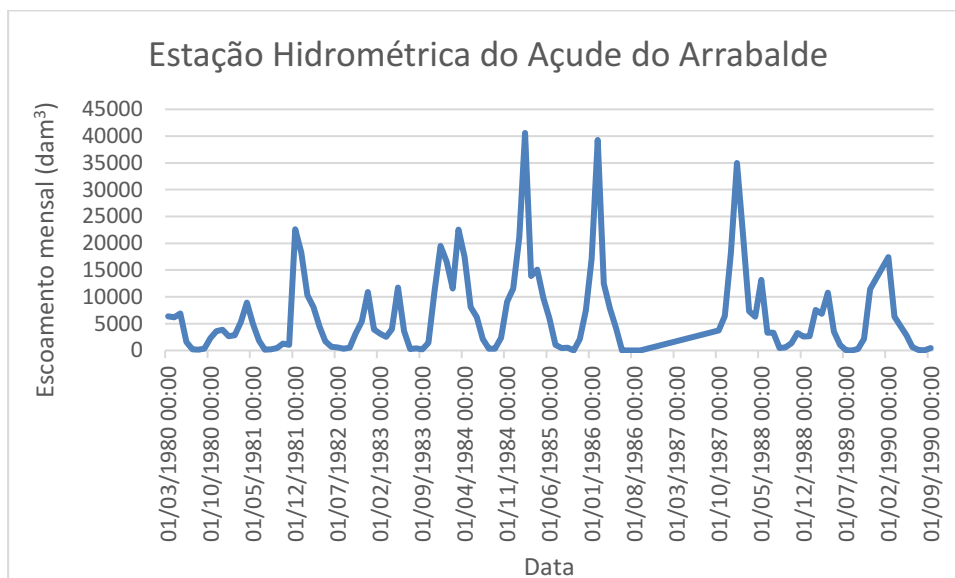


Figura 5: Escoamento mensal na estação hidrométrica do Açude do Arrabalde.

(Fonte: SNIRH)

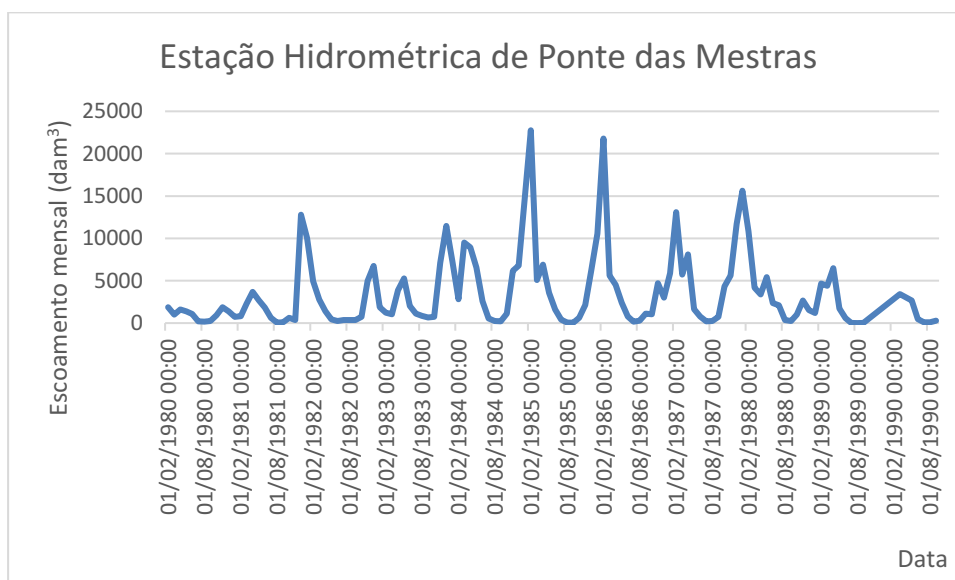


Figura 6: Escoamento mensal na estação hidrométrica de Ponte das Mestras.

(Fonte: SNIRH)

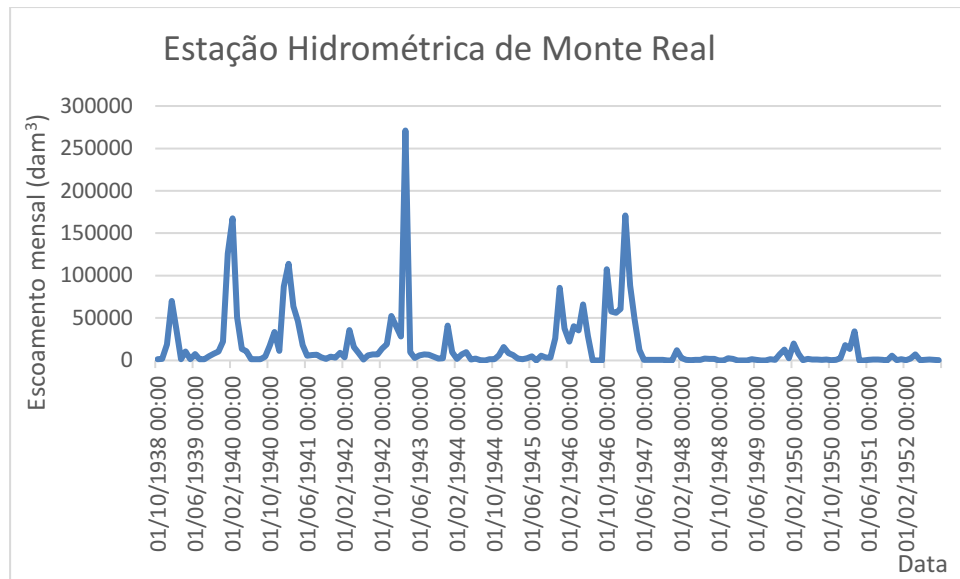


Figura 7: Escoamento mensal na estação hidrométrica de Monte Real.

(Fonte: SNIRH)

ANEXO C – REGISTO DO PRECIPITAÇÃO MENSAL NAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS NO RIO LIS

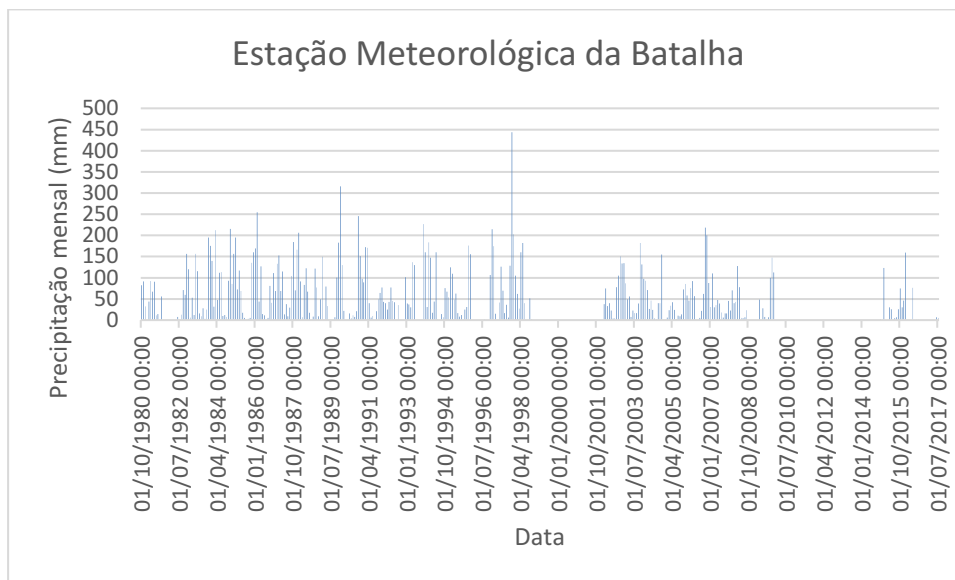


Figura 8: Precipitação mensal na estação meteorológica da Batalha.

(Fonte: SNIRH)

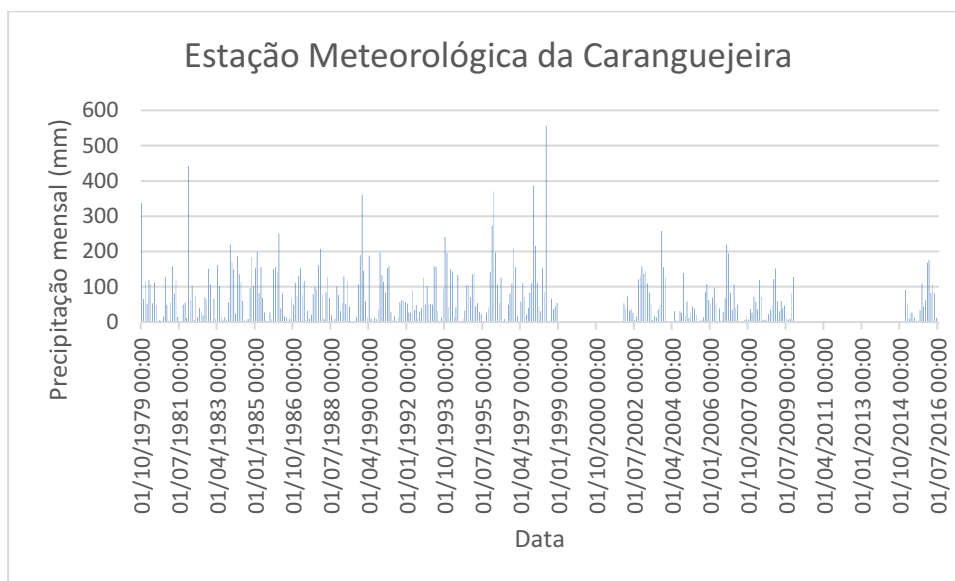


Figura 9: Precipitação mensal na estação meteorológica da Caranguejeira.

(Fonte: SNIRH)

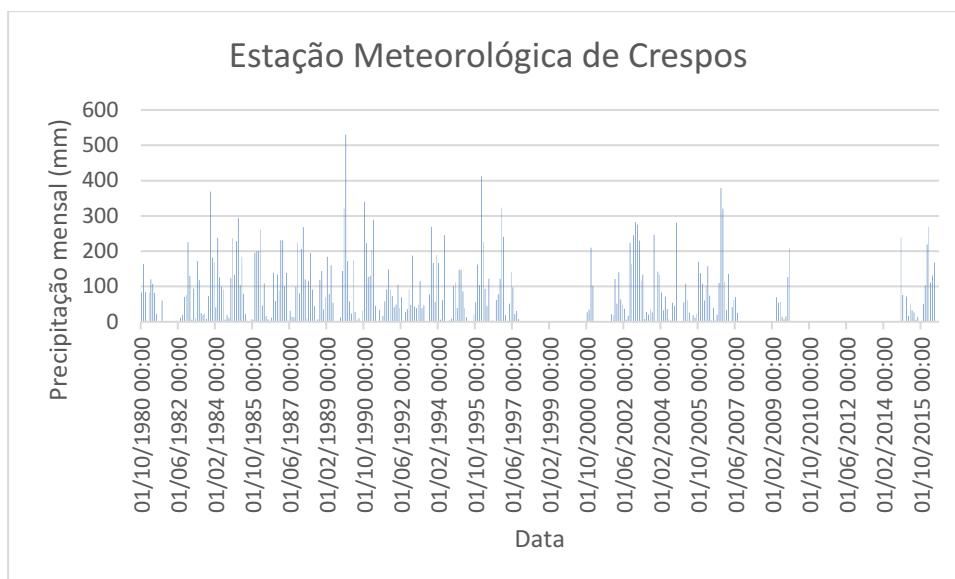


Figura 10: Precipitação mensal na estação meteorológica de Crespos.

(Fonte: SNIRH)

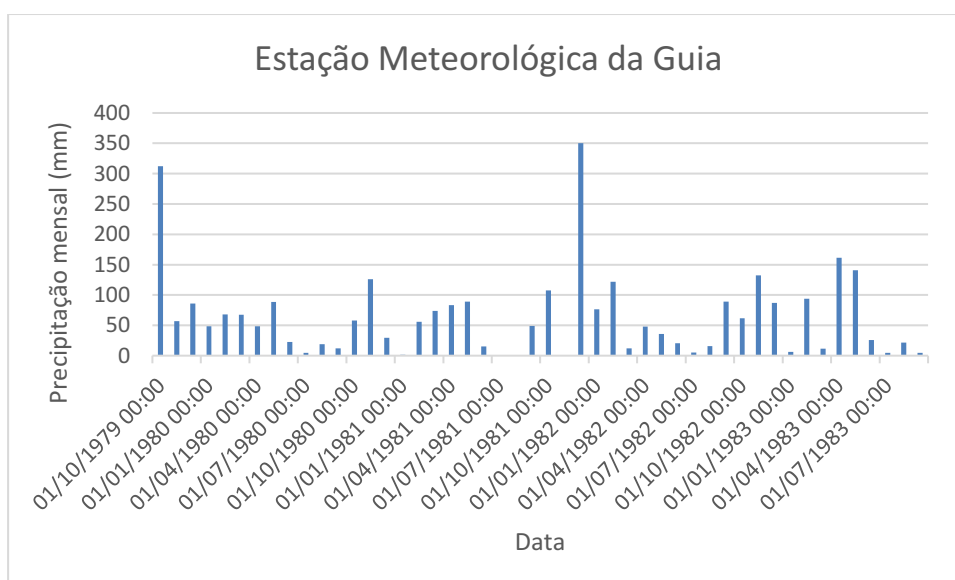


Figura 11: Precipitação mensal na estação meteorológica da Guia.

(Fonte: SNIRH)

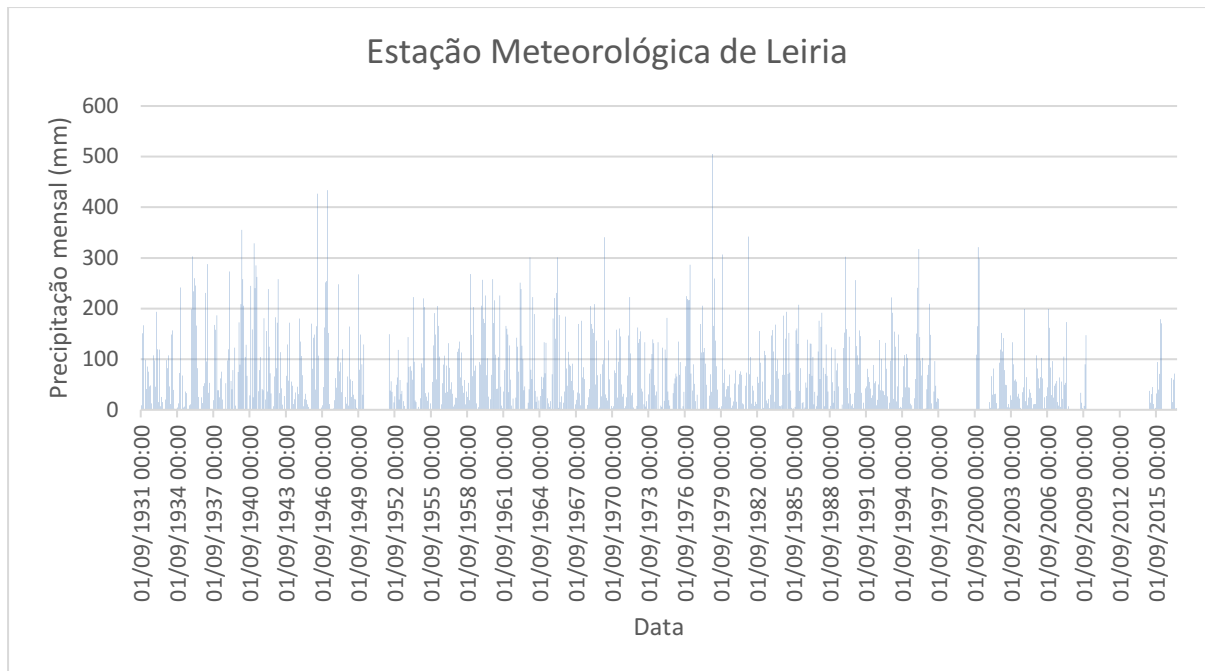


Figura 12: Precipitação mensal na estação meteorológica de Leiria.

(Fonte: SNIRH)

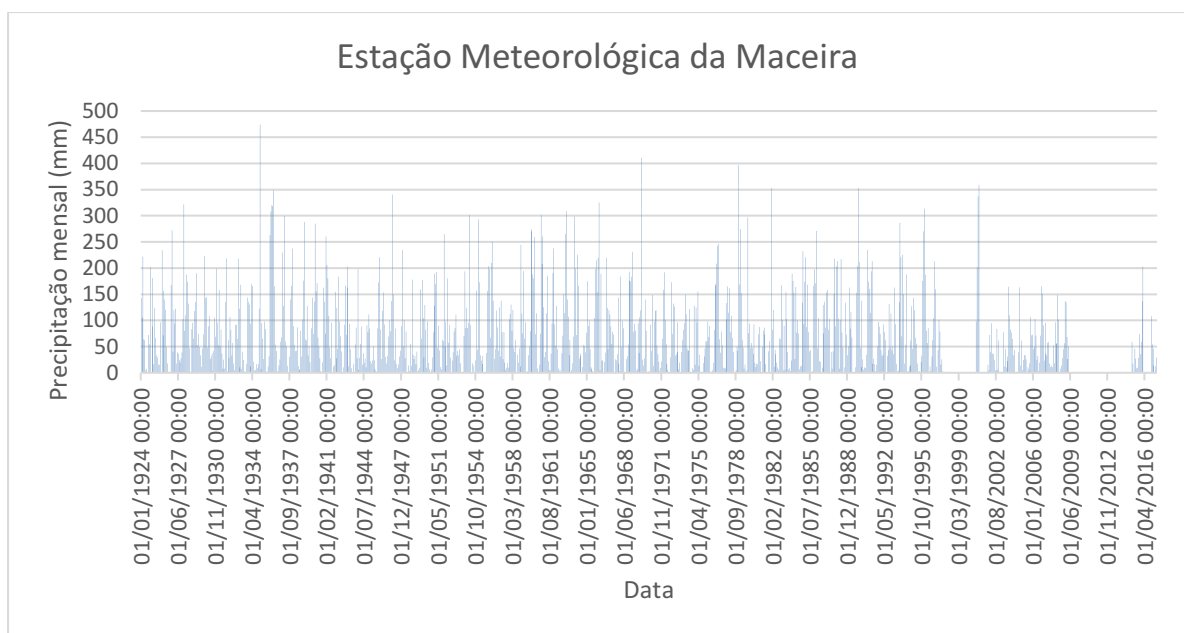


Figura 13: Precipitação mensal na estação meteorológica da Maceira.

(Fonte: SNIRH)

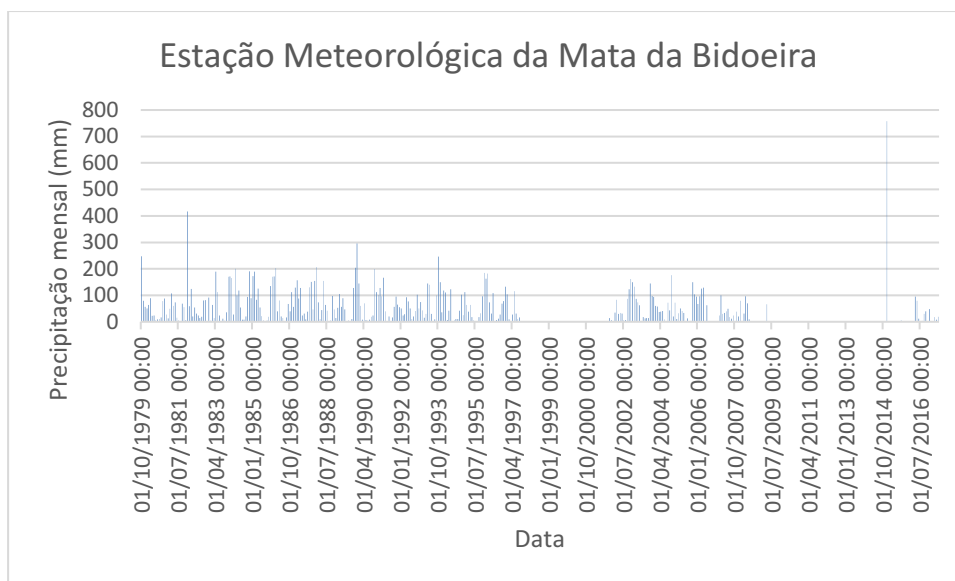


Figura 14: Precipitação mensal na estação meteorológica da Mata da Bidoeira.

(Fonte: SNIRH)

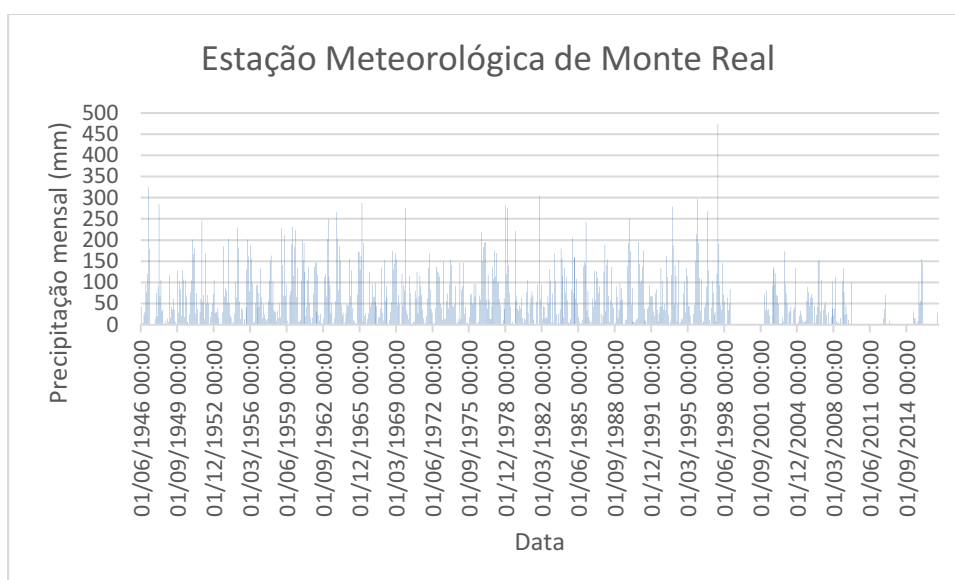


Figura 15: Precipitação mensal na estação meteorológica de Monte Real.

(Fonte: SNIRH)

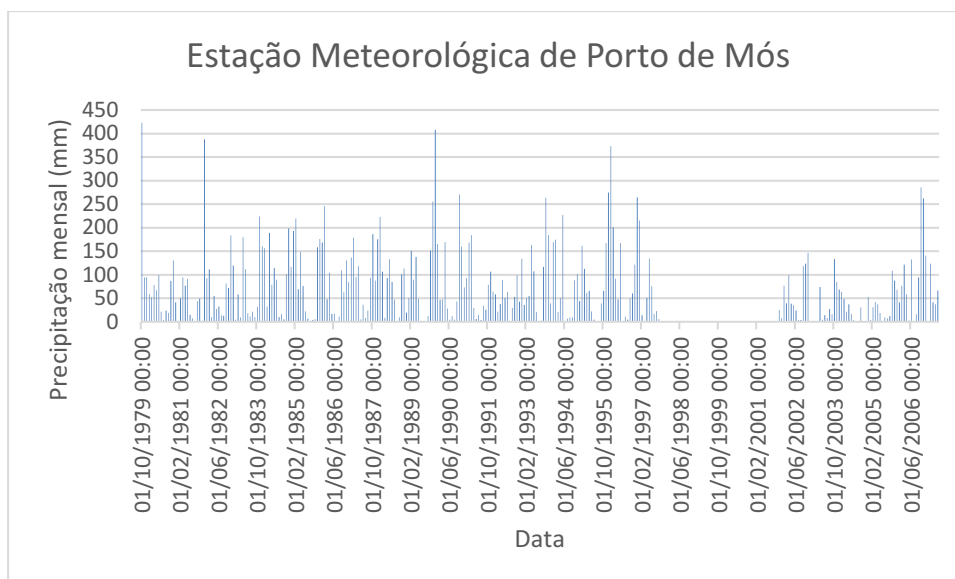


Figura 16: Precipitação mensal na estação meteorológica de Porto de Mós.

(Fonte: SNIRH)

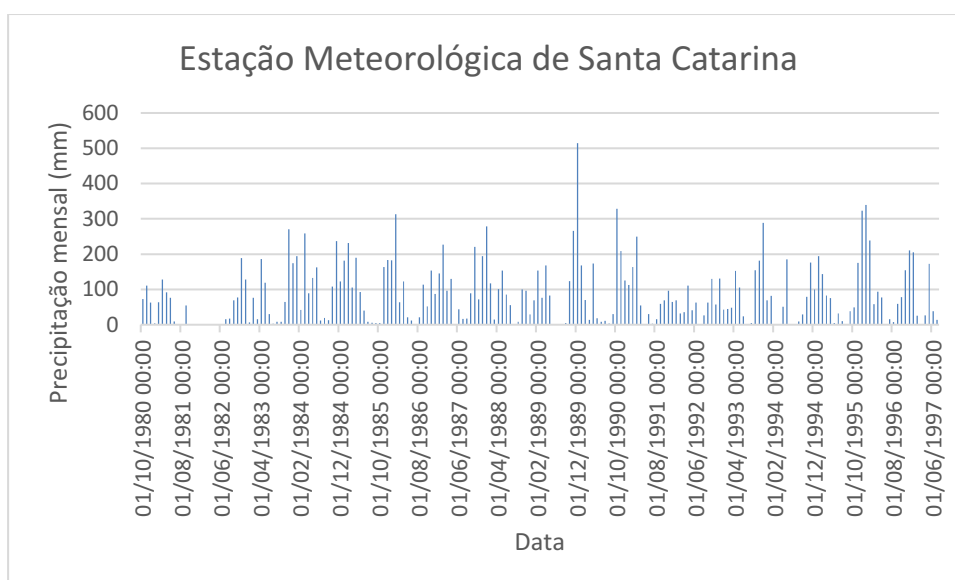


Figura 17: Precipitação mensal na estação meteorológica de Santa Catarina.

(Fonte: SNIRH)

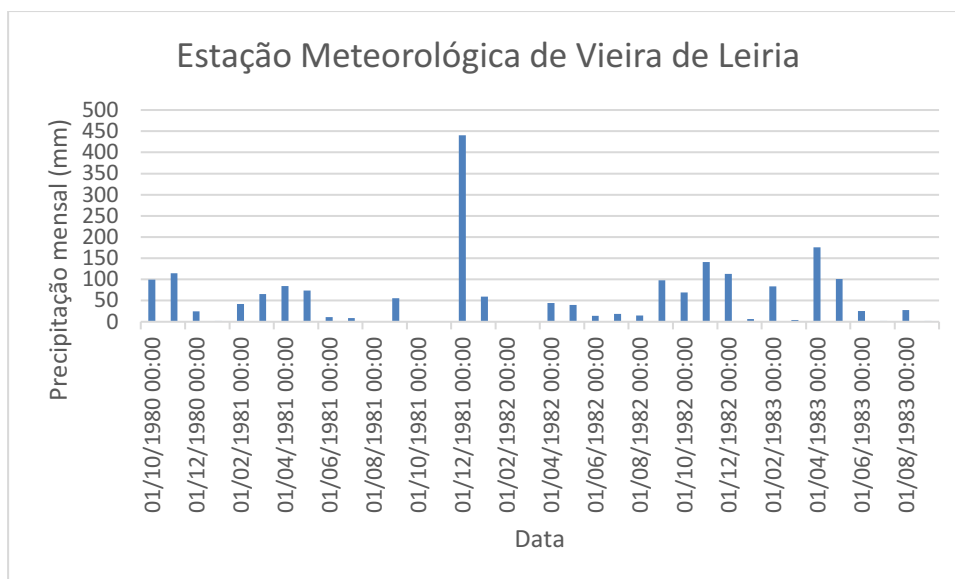


Figura 18: Precipitação mensal na estação meteorológica de Vieira de Leiria.

(Fonte: SNIRH)

ANEXO D – REGISTO FOTOGRÁFICO DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS CAMPANHAS E DOS MÉTODOS UTILIZADOS



Figura 19: Kit portátil para medição da turvação da água.



Figura 20: Rede de amostragem para recolha de macroinvertebrados.



Figura 21: Sensores de análise da qualidade da água.



Figura 22: Kit portátil para análise de nitratos na água.



Figura 23: Kit portátil para análise de fosfatos na água.



Figura 24: Molinete para obtenção da velocidade da água.



Figura 25: Sonda multiparamétrica da ESTG.



Figura 27: Colorímetro portátil.



Figura 29: 1º ponto de amostragem no Rio Nabão.



Figura 26: 3º ponto de amostragem no Rio Nabão.



Figura 28: Recolha de macroinvertebrados no Rio Nabão (27/02/2018).

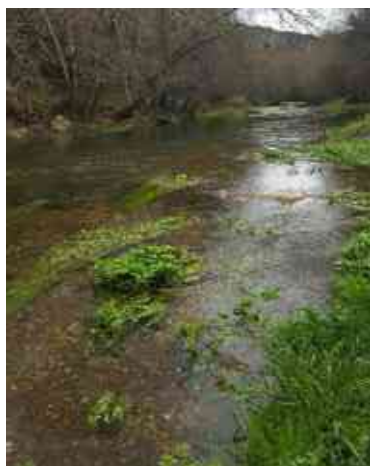


Figura 30: 2º ponto de amostragem no Rio Nabão.



Figura 32: 4º ponto de amostragem no Rio Nabão.



Figura 34: 1º ponto de amostragem no Rio Lis.



Figura 31: 2º ponto de amostragem no Rio Lis.



Figura 33: 4º ponto de amostragem no Rio Lis.



Figura 35: Análise da qualidade da água com as sondas de qualidade da água no Rio Lis (08/05/2018).



Figura 36: 3º ponto de amostragem no Rio Lis.



Figura 38: Recolha de macroinvertebrados no Rio Lis (12/06/2018).



Figura 40: Medição da profundidade e da velocidade da água no Rio Lis (08/05/2018).



Figura 37: Medição dos parâmetros físico-químicos no Rio Lis (08/05/2018).



Figura 39: Medição da distância à margem do Rio Lis (08/05/2018).

ANEXO E – MANUAIS COM OS PROCEDIMENTOS DOS EQUIPAMENTOS PORTÁTEIS UTILIZADOS NAS CAMPANHAS

ANEXO F – PROTOCOLOS DAS ANÁLISES EM LABORATÓRIO

Determinação de Nitratos (NP 4338-1, 1996)

Para a quantificação dos nitratos na água do Rio Lis utilizou-se o método espectrométrico do 2,6-dimetilfenol. Neste método foram necessários reagentes, os quais se apresentam de seguida:

1. Ácido acético glacial, CH_3COOH ($C = 1,05 \text{ g/mL}$);
2. 2,6-Dimetilfenol a 98%;
3. Ácido sulfúrico, H_2SO_4 ($C = 1,84 \text{ g/mL}$);
4. Ácido ortofosfórico, H_3PO_4 ($C = 1,69 \text{ g/mL}$);
5. Ácido amidossulfónico ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$);
6. Nitrato de potássio, KNO_3 ;
7. Água destilada.

Para execução do método em laboratório foi utilizado o seguinte material:

1. Frascos de vidro;
2. Vidros de relógio;
3. Gobelés de 5 mL e 100 mL;
4. Copo de precipitação de 2000 mL;
5. Balão volumétrico de 50 mL ($\pm 0,06 \text{ mL}$);
6. Balão volumétrico de 100 mL ($\pm 0,10 \text{ mL}$);
7. Balão volumétrico de 500 mL ($\pm 0,25 \text{ mL}$);
8. Pipeta graduada de 5 mL ($\pm 0,03 \text{ mL}$);
9. Pipeta volumétrica;
10. Pipeta de Pasteur;
11. Espátula;
12. Balança analítica;
13. Agitador magnético;
14. Magnete;
15. Estufa;
16. Exsiccador.

Antes de efetuar as análises foi necessário preparar as seguintes soluções:

1. Solução de 2,6-dimetilfenol a 1,2 g/L

Pesou-se 0,12g, dissolveu-se em cerca de 1mL de ácido acético, colocou-se num balão volumétrico e perfez-se os 100mL com ácido. Colocou-se num frasco de vidro.

2. Mistura ácida

Misturaram-se 500mL de ácido sulfúrico e 500 mL de ácido ortofosfórico num copo de precipitação de 2000 mL. Adicionou-se 0,040 g de ácido amidossulfónico, previamente pesados. Dissolveu-se e colocou-se num frasco de vidro rolhado.

3. Solução-padrão de nitrato (1000 mg NO₃⁻/L)

Num balão volumétrico de 500 mL, dissolvem-se 0,8125g de nitrato de potássio, previamente seco a 105 °C durante, pelo menos 2h, em cerca de 100 mL de água. Perfaz-se o volume com água e homogeneiza-se. Colocou-se num frasco de vidro.

4. Solução-padrão de nitrato (100 mg NO₃⁻/L)

Para balão de volumétrico, de 50 mL medem-se, com uma pipeta, 5 mL da solução-padrão de nitrato (1000 mg NO₃⁻/L). Perfaz-se o volume com água até ao traço e homogeneiza-se. Colocou-se num frasco de vidro.

Depois de se preparar as soluções procedeu-se à análise das amostras recolhidas e armazenadas em frascos de polietileno, nos diversos pontos de amostragem.

Preparou-se 5 padrões com as respetivas concentrações de 1,0 mg NO₃⁻/L, 3,0 mg NO₃⁻/L, 5,0 mg NO₃⁻/L, 7,0 mg NO₃⁻/L, 9,0 mg NO₃⁻/L. Foi necessário determinar o volume de solução-padrão de nitrato (100 mg NO₃⁻/L) a colocar em balões volumétricos de 50 mL.

Tabela 1: Concentração final dos padrões e volume da solução-padrão a utilizar para análise dos nitratos.

Concentração (Cf)	Volume (Vi)
1,0 mg NO ₃ ⁻ /L	0,5 mL
3,0 mg NO ₃ ⁻ /L	1,5 mL
5,0 mg NO ₃ ⁻ /L	2,5 mL
7,0 mg NO ₃ ⁻ /L	3,5 mL
9,0 mg NO ₃ ⁻ /L	4,5 mL

Para a determinação o volume de solução-padrão de nitrato utilizou-se a seguinte equação (equação 1):

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f \Leftrightarrow V_i = \frac{C_f \times V_f}{C_i} \quad \text{Equação 1}$$

Em que, C_i é a concentração inicial da solução-padrão (100 mg NO₃⁻/L), V_i é o volume inicial da solução-padrão, C_f é a concentração final de cada padrão e V_f é o volume final (50 mL).

Depois de pipetados os volumes, com uma pipeta volumétrica, para os respetivos balões volumétricos de 50 mL, homogeneizou-se cada padrão. Em cada Erlenmeyer colocou-se 5 mL de cada padrão, 35 mL de mistura ácida e 5 mL de solução de 2,6-dimetilfenol. Foi ainda necessário preparar um branco que continha 5 mL de água destilada, pipetados com a pipeta volumétrica, 35 mL de mistura ácida e 5 mL de solução de 2,6-dimetilfenol. De seguida colocou-se em Erlenmeyers e agitou-se.

Para as análises às amostras foi necessário colocar em Erlenmeyers 5 mL de amostra de cada ponto de amostragem e adicionar a cada um 35 mL de mistura ácida e 5 mL de solução de 2,6-dimetilfenol. As análises às

amostras foram realizadas em duplicado. De seguida, esperou-se entre 10 a 60 minutos para ler as amostras no espectrofotómetro a 324 nanómetros. Depois de lidas foram registados as absorvâncias obtidas dos padrões e das amostras.

Determinação de Fosfatos (Standard Methods 4500-P)

Para a quantificação dos fosfatos na água do Rio Lis utilizou-se o método do ácido ascórbico. Neste método foram necessários reagentes, os quais se apresentam de seguida:

1. Ácido sulfúrico, H_2SO_4 , 5N;
2. Tartarato de potássio antimónio, $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$;
3. Molibdato de amónio $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$;
4. Ácido ascórbico, 0,1M;
5. Água destilada;

Para execução do método em laboratório foi utilizado o seguinte material:

1. Frascos de vidro;
2. Gobelés de 50 mL, 100 mL e 150 mL;
3. Copo de precipitação de 2000 mL;
4. Balão volumétrico de 500 mL ($\pm 0,25$ mL);
5. Proveta de 50 mL ($\pm 0,50$ mL), 5 mL ($\pm 0,05$ mL) e 25 mL ($\pm 0,25$ mL);
6. Pipeta de Pasteur;
7. Pipeta volumétrica;
8. Espátula;
9. Balança analítica;
10. Agitador magnético;
11. Magnete;

Antes de efetuar as análises foi necessário preparar as seguintes soluções:

1. Solução de tartarato de potássio antimónio

Dissolveu-se 0,13715 g de tartarato de potássio antimónio em 50 mL de água destilada e colocou-se num balão volumétrico de 500 mL, perfazendo o volume com água destilada. Colocou-se num frasco de vidro.

2. Solução de molibdato de amónio

Dissolveu-se 2g de molibdato de amónio em 50 mL de água destilada. Colocou-se num frasco de vidro.

3. Ácido ascórbico

Dissolveu-se cerca de 1,76g de ácido ascórbico em 100 mL de água destilada. Colocou-se num frasco de vidro.

4. Reagente combinado

Misturou-se 50 mL de solução de ácido sulfúrico 5N com 5 mL de solução de tartarato de potássio antimónio, 15 mL de solução de molibdato de amónio e 30 mL de solução de ácido ascórbico. Colocou-se num frasco de vidro.

Depois de se preparar as soluções procedeu-se à análise das amostras recolhidas e armazenadas em frascos de vidro, nos diversos pontos de amostragem.

Preparou-se 5 padrões com as respetivas concentrações de 0,1 mgP/L, 0,25 mgP/L, 0,5 mgP/L, 0,75 mgP/L, 1,0 mgP/L. Foi necessário determinar o volume de solução-padrão de nitrato (50 mg P/L) a colocar em balões volumétricos de 50 mL.

Tabela 2: Concentração final dos padrões e volume da solução-padrão a utilizar para análise dos fosfatos.

Concentração (Cf)	Volume (Vi)
0,10 mgP/L	0,10 mL
0,25 mgP/L	0,25 mL
0,50 mgP/L	0,50 mL
0,75 mgP/L	0,75 mL
1,0 mgP/L	1,0 mL

Para a determinação o volume de solução-padrão de fosfato utilizou-se a seguinte equação (equação 2):

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f \leftrightarrow V_i = \frac{C_f \times V_f}{C_i} \quad \text{Equação 2}$$

Em que, C_i é a concentração inicial da solução-padrão (50 mg P/L), V_i é o volume inicial da solução-padrão, C_f é a concentração final de cada padrão e V_f é o volume final (50 mL).

Depois de pipetados os volumes, com uma pipeta volumétrica, para os respetivos balões volumétricos de 50 mL, homogeneizou-se cada padrão. Em cada Erlenmeyer colocou-se 50 mL de cada padrão e 8 mL de reagente combinado. Foi ainda necessário preparar um branco que continha 50 mL de água destilada e 8 mL de reagente combinado. De seguida colocou-se em Erlenmeyers e agitou-se.

Para as análises às amostras foi necessário colocar em Erlenmeyers 50 mL de amostra de cada ponto de amostragem e adicionar a cada um 8 mL de reagente combinado. As análises às amostras foram realizadas em duplicado. De seguida, esperou-se entre 10 a 30 minutos para ler as amostras no espectrofotómetro a 880 nanómetros. Depois de lidas foram registados as absorvâncias obtidas dos padrões e das amostras.

Determinação de Nitratos (Brucina)

Para a quantificação dos nitratos na água do Rio Lis utilizou-se o método da brucina. Neste método foram necessários reagentes, os quais se apresentam de seguida:

1. Ácido sulfúrico (H_2SO_4);
2. Sulfato de brucina $[(\text{C}_{23}\text{H}_{26}\text{N}_2\text{O}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}]$;
3. Ácido sulfanílico ($\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H} \cdot \text{H}_2\text{O}$);
4. Água destilada;

Para execução do método em laboratório foi utilizado o seguinte material:

1. Frascos de vidro;
2. Proveta de 5 mL ($\pm 0,05$ mL) e 100 mL ($\pm 0,5$ mL)
3. Balão volumétrico de 50 mL ($\pm 0,06$ mL);
4. Pipeta volumétrica;
5. Pipeta de Pasteur;
6. Espátula;
7. Gobelé de 10 mL e 500 mL;
8. Balança analítica;
9. Agitador magnético;
10. Erlenmeyers;
11. Magnete;

Antes de efetuar as análises foi necessário preparar as seguintes soluções:

1. Solução de ácido sulfúrico

Adicionou-se 500 mL de H_2SO_4 concentrado a 75 mL de água destilada. Deixou-se arrefecer e manteve-se o frasco rolhado.

2. Reagente de ácido brucina-sulfanílico

Dissolveu-se 1 g de sulfato de brucina e 0,1 g de ácido sulfanílico em 70 mL de água destilada quente. Adicionou-se 3 mL de HCl concentrado e diluído para 100 mL.

Depois de se preparar as soluções procedeu-se à análise das amostras recolhidas e armazenadas em frascos, nos diversos pontos de amostragem.

Preparou-se 5 padrões com as respetivas concentrações de 5,0 mg NO_3^-/L , 10,0 mg NO_3^-/L , 15,0 mg NO_3^-/L , 20,0 mg NO_3^-/L , 25,0 mg NO_3^-/L . Foi necessário determinar o volume de solução-padrão de nitrato (1000 mg NO_3^-/L) a colocar em balões volumétricos de 50 mL.

Tabela 3: Concentração final dos padrões e volume da solução-padrão a utilizar para análise dos nitratos.

Concentração (Cf)	Volume (Vi)
5,0 mg NO_3^-/L	2,5 mL
10,0 mg NO_3^-/L	5,0 mL
15,0 mg NO_3^-/L	7,5 mL
20,0 mg NO_3^-/L	10,0 mL
25,0 mg NO_3^-/L	12,5 mL

Para a determinação o volume de solução-padrão de fosfato utilizou-se a seguinte equação (equação 3):

$$C_i \times V_i = C_f \times V_f \leftrightarrow V_i = \frac{C_f \times V_f}{C_i} \quad \text{Equação 3}$$

Em que, C_i é a concentração inicial da solução-padrão (1000 mg NO_3^-/L), V_i é o volume inicial da solução-padrão, C_f é a concentração final de cada padrão e V_f é o volume final (50 mL).

Depois de pipetados os volumes, com uma pipeta volumétrica, para os respectivos balões volumétricos de 50 mL, homogeneizou-se cada padrão. Em cada Erlenmeyer colocou-se 5 mL de cada padrão, 1 mL de ácido brucina-sulfanílico e 10 mL de H_2SO_4 . Foi ainda necessário preparar um branco que continha 5 mL de água destilada, 1 mL de ácido brucina-sulfanílico e 10 mL de H_2SO_4 . De seguida agitou-se durante 6 minutos. Posteriormente, colocou-se 10 minutos no escuro e voltou-se a adicionar 10 mL de água destilada. Posteriormente, colocou-se 30 minutos no escuro e após esse tempo leu-se os padrões no espectrofotómetro a 410 nanómetros.

Para as análises às amostras foi necessário colocar em Erlenmeyers, 5 mL de amostra de cada ponto de amostragem e adicionou-se a cada um 1 mL de ácido brucina-sulfanílico e 10 mL de H_2SO_4 . Após a adição procedeu-se da mesma forma como descrito anteriormente. As análises às amostras foram realizadas em duplicado. Depois de lidas foram registados as absorvâncias obtidas dos padrões e das amostras.

ANEXO G – ESTAÇÃO HIDROMÉTRICA DE MONTE REAL E ESTAÇÃO UDOMÉTRICA DE LEIRIA

Tabela 4: Caraterísticas da estação hidrométrica de Monte Real (Fonte: SNIRH).

CÓDIGO	14D/03H
NOME	MONTE REAL
ALTITUDE (m)	8
LATITUDE (°N)	39.849
LONGITUDE (°W)	-8.854
COORD_X (m)	138344.157
COORD_Y (m)	320286.643
BACIA	LIS/RIBEIRAS COSTEIRAS
RIO	RIO LIS
ÁREA DRENADA (km2)	631.89
COTA ZERO ESCALA (m)	6.43 (01/01/1935-)
DISTRITO	LEIRIA
CONCELHO	LEIRIA
FREGUESIA	MONTE REAL
ENTIDADE RESPONSÁVEL (AUTOMÁTICA)	Autoridade Nacional da Água
ENTIDADE RESPONSÁVEL (CONVENCIONAL)	CCDR-CENTRO
TIPO ESTAÇÃO (AUTOMÁTICA)	SENSOR DE NÍVEL
TIPO ESTAÇÃO (CONVENCIONAL)	LIMNIMÉTRICA
ENTRADA FUNCIONAMENTO (CONVENCIONAL)	01-10-1935
ENCERRAMENTO (CONVENCIONAL)	01-06-1954
ENTRADA FUNCIONAMENTO (AUTOMÁTICA)	26-06-2015
ENCERRAMENTO (AUTOMÁTICA)	
TELEMETRIA	NÃO
ESTADO	ATIVA



Figura 41: Estação hidrométrica de Monte Real.



Figura 42: Estação udométrica de Leiria.

ANEXO H – FICHAS DE CAMPO

Tabela 5: Ficha de campo – 1ª campanha.

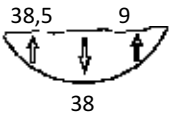
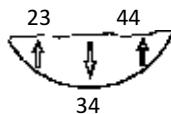
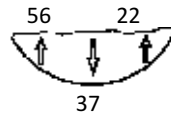
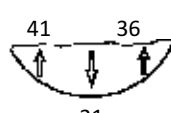
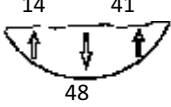
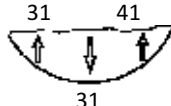
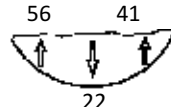
Ponto de amostragem	Profundidade média (cm)	Largura do troço (m)	Velocidade (m/s)	Amostra	Tipo de corrente	Tipo de habitat	Hora recolha
A		4,05		1	Lótico	Calcário 100%; calhaus 20cm Ø	10:50
				2		Calhaus 10/20cm Ø; zona mais profunda	11:00
				3		Raízes de árvores	11:05
B		7,10		1	Lótico	Margem pouco profunda	12:30
				2		Seixo rolado 10/20cm; calcário 90%	12:38
				3		Fundo rochoso na margem direita; zona profunda	12:45
C		8,8		1	Lótico	Areia e canas na margem direita	14:00
				2		Seixo rolado 20/30cm; quartzito 40%	14:08
				3		Seixo rolado 20/30cm; quartzito 40%; margem esquerda mais profunda	14:15
D		14		1	Lótico	Centro leito do rio; seixo rolado 5cm com areia	16:10
				2		Margem direita; rochas 40cm e areia	16:15
				3		-	-

Tabela 6: Ficha de campo – 2ª campanha.

Ponto de amostragem	Profundidade média (cm)	Largura do troço (m)	Velocidade (m/s)	Amostra	Tipo de corrente	Tipo de habitat	Hora recolha
A		4,05		1	Lótico	Calcário 100%; calhaus 20cm Ø	10:00
				2		Calhaus 10/20cm Ø; zona mais profunda	10:15
				3		Raízes de árvores	10:25
B		7,10		1	Lótico	Margem pouco profunda	11:20
				2		Seixo rolado 10/20cm; calcário 90%	11:30
				3		Fundo rochoso na margem direita; zona profunda	11:45
C	-	8,8		1	Lótico	Areia e canas na margem direita	13:55
				2		Areia e canas na margem direita	14:05
				3		Areia e canas na margem direita	14:15
D		14		1	Lótico	Centro leito do rio; seixo rolado 5cm com areia	15:00
				2		Margem direita; rochas 40cm e areia	15:10
				3		-	15:25

ANEXO I – RESULTADOS DO CAUDAL

Tabela 7: Resultados da caudal nos pontos de amostragem A e B – 1ª campanha.

Ponto de Amostragem A						Caudal (m³/s)
Prumada	Distância à margem (m)	Largura (m)	Profundidade (m)	Área (m²)	Média (m/s)	
ME	0,000		0,000			
I	1,013	1,013	0,385	0,390	0,400	0,156
II	2,025	1,013	0,380	0,385	0,400	0,154
III	3,038	1,013	0,090	0,091	0,400	0,036
MD	4,050	1,013	0,000			
Total						0,346

Ponto de Amostragem B						Caudal (m³/s)
Prumada	Distância à margem (m)	Largura (m)	Profundidade (m)	Área (m²)	Média (m/s)	
ME	0,000		0,000			
I	1,775	1,775	0,230	0,408	1,100	0,449
II	3,550	1,775	0,340	0,604	1,100	0,664
III	5,325	1,775	0,440	0,781	1,100	0,859
MD	7,100	1,775	0,000			
Total						1,972

Tabela 8: Resultados da caudal nos pontos de amostragem C e D – 1ª campanha.

Ponto de Amostragem C						Caudal (m³/s)
Prumada	Distância à margem (m)	Largura (m)	Profundidade (m)	Área (m²)	Média (m/s)	
ME	0,000		0,000			
I	2,200	2,200	0,560	1,232	0,800	0,986
II	4,400	2,200	0,370	0,814	0,800	0,651
III	6,600	2,200	0,220	0,484	0,800	0,387
MD	8,800	2,200	0,000			
Total						2,024

Ponto de Amostragem D						Caudal (m³/s)
Prumada	Distância à margem (m)	Largura (m)	Profundidade (m)	Área (m²)	Média (m/s)	
ME	0,000		0,000			
I	3,500	3,500	0,410	1,435	0,800	1,148
II	7,000	3,500	0,310	1,085	0,800	0,868
III	10,500	3,500	0,360	1,260	0,800	1,008

MD	14,000	3,500	0,000			
					Total	3,024

Tabela 9: Resultados da caudal nos pontos de amostragem A e B – 2ª campanha.

Ponto de Amostragem A						Caudal (m³/s)
Prumada	Distância à margem (m)	Largura (m)	Profundidade (m)	Área (m²)	Média (m/s)	
ME	0,000		0,000			
I	1,013	1,013	0,140	0,142	0,200	0,028
II	2,025	1,013	0,480	0,486	0,200	0,097
III	3,038	1,013	0,410	0,415	0,200	0,083
MD	4,050	1,013	0,000			
					Total	0,209

Ponto de Amostragem B						Caudal (m³/s)
Prumada	Distância à margem (m)	Largura (m)	Profundidade (m)	Área (m²)	Média (m/s)	
ME	0,000		0,000			
I	1,775	1,775	0,310	0,550	0,900	0,495
II	3,550	1,775	0,310	0,550	0,900	0,495
III	5,325	1,775	0,410	0,728	0,900	0,655
MD	7,100	1,775	0,000			
					Total	1,645

Tabela 10: Resultados da caudal nos pontos de amostragem C e D – 2ª campanha.

Ponto de Amostragem C						Caudal (m³/s)
Prumada	Distância à margem (m)	Largura (m)	Profundidade (m)	Área (m²)	Média (m/s)	
ME	0,000		0,000			
I	2,200	2,200		0,000		0,000
II	4,400	2,200		0,000		0,000
III	6,600	2,200		0,000		0,000
MD	8,800	2,200	0,000			
					Total	0,000

Ponto de Amostragem D						Caudal (m³/s)
Prumada	Distância à margem (m)	Largura (m)	Profundidade (m)	Área (m²)	Média (m/s)	
ME	0,000		0,000			
I	3,500	3,500	0,560	1,960	1,000	1,960
II	7,000	3,500	0,220	0,770	1,000	0,770
III	10,500	3,500	0,410	1,435	1,000	1,435
MD	14,000	3,500	0,000			
					Total	4,165

ANEXO J- CLASSIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE MACROINVERTEBRADOS RECOLHIDOS NA 1ª E 2ª CAMPANHA, NOS QUATRO PONTOS DE AMOSTRAGEM

Tabela 11: Classificação e quantificação de macroinvertebrados no ponto A (Fontes) – 1ª Campanha

	Filo	Classe	Ordem	Família	Quantidade
Anfípode	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	<i>Gammaridae</i>	40
Efemeróptero	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	1
Quironomídeo (Larva)	Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Chironomidae</i>	10
Besouro (Larva)	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	<i>Elmidae</i>	4

Tabela 12: Classificação e quantificação de macroinvertebrados no ponto B (Parque Radical) – 1ª Campanha

	Filo	Classe	Ordem	Família	Quantidade
Mosca (Larva)	Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Empididae</i>	3
Efemeróptero	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	47
Quironomídeo (Larva)	Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Chironomidae</i>	21
Simulídeo	Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Simuliidae</i>	1
Tricóptero	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	<i>Ecnomidae</i>	2

Tabela 13: Classificação e quantificação de macroinvertebrados no ponto C (Açude do Arrabalde) – 1ª Campanha

	Filo	Classe	Ordem	Família	Quantidade
Caracol de água doce	Mollusca	Gastropoda	-	<i>Bythinellidae</i>	1
Caracol de água doce	Mollusca	Gastropoda	-	<i>Physidae</i>	2
Efemeróptero	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	1
Quironomídeo (Larva)	Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Chironomidae</i>	35
Oligoqueta	Annelida	Clitellata	Oligochaeta	<i>Oligochaeta</i>	2
Isópode aquático	Arthropoda	Malacostraca	Isopoda	<i>Asellidae</i>	1
Mosca (Larva)	Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Tabanidae</i>	2
Pupa de díptero	Arthropoda	Insecta	Diptera	-	1
Mosca	Arthropoda	Insecta	Diptera	-	1

Tabela 14: Classificação e quantificação de macroinvertebrados no ponto D (Campos do Lis) – 1ª Campanha

	Filo	Classe	Ordem	Família	Quantidade
Anfípode	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	<i>Gammaridae</i>	1
Efemeróptero	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	29
Quironomídeo (Larva)	Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Chironomidae</i>	41
Simulídeo	Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Simuliidae</i>	11
Tricóptero	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	<i>Ecnomidae</i>	7
Tricóptero	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	<i>Hydropsychidae</i>	2

Tabela 14: Classificação e quantificação de macroinvertebrados no ponto A (Fontes)-2ª Campanha

	Filo	Classe	Ordem	Família	Quantidade
Anfípode	Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	<i>Gammaridae</i>	531
Efemeróptero	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	5
Quironomídeo (Larva)	Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Chironomidae</i>	126
Besouro (Larva)	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	<i>Elmidae</i>	1
Caracol de água doce	Mollusca	Gastropoda	-	<i>Bythinellidae</i>	3
Besouro	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	<i>Hydrophilidae</i>	6

Tabela 16: Classificação e quantificação de macroinvertebrados no ponto B (Parque Radical) 2ª Campanha

	Filo	Classe	Ordem	Família	Quantidade
Efemeróptero	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	62
Quironomídeo (Larva)	Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Chironomidae</i>	60
Besouro (Larva)	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	<i>Elmidae</i>	3
Caracol de água doce	Mollusca	Gastropoda	-	<i>Bythinellidae</i>	2
Besouro de água	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	<i>Gyrinidae</i>	1
Tricóptero	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	<i>Ecnomidae</i>	12
Mosca (larva)	Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Athericidae</i>	1
Mosca (larva)	Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Limoniidae</i>	1
Mosquito adulto	Arthropoda	Insecta	Diptera	-	3
Simulídeo	Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Simuliidae</i>	42
Ácaro de água	Arthropoda	Arachnida	Trombidiformes	<i>Hydrachnidae</i>	1
Caracol de água doce	Mollusca	Gastropoda	-	<i>Physidae</i>	1
Pupa de díptero	Arthropoda	Insecta	Diptera	-	2

Tabela 17: Classificação e quantificação de macroinvertebrados no ponto C (Açude do Arrabalde) 2ª Campanha

	Filo	Classe	Ordem	Família	Quantidade
Efemeróptero	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	3
Quironomídeo (Larva)	Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Chironomidae</i>	92
Besouro (Larva)	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	<i>Elmidae</i>	1
Tricóptero	Arthropoda	Insecta	Trichoptera	<i>Hydropsychidae</i>	1
Oligoqueta	Annelida	Clitellata	Oligochaeta	<i>Oligochaeta</i>	5
Mosca (larva)	Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Anthomyiidae</i>	1
Mosca	Arthropoda	Insecta	Diptera	-	1
Simulídeo	Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Simuliidae</i>	2
Mosca (larva)	Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Ephydriidae</i>	1
Besouro (Larva)	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	<i>Noteridae</i>	1

Tabela 18: Classificação e quantificação de macroinvertebrados no ponto D (Campos do Lis) 2ª Campanha

	Filo	Classe	Ordem	Família	Quantidade
Efemeróptero	Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	87
Quironomídeo (Larva)	Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Chironomidae</i>	96
Besouro (Larva)	Arthropoda	Insecta	Coleoptera	<i>Elmidae</i>	3
Camarão do rio	Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	<i>Atyidae</i>	5

Platelminto	Platyhelminthes	Rhabditophora	Tricladida	<i>Dugesidae</i>	1
Isópode	Arthropoda	Malacostraca	Isopoda	<i>Asellidae</i>	2
Alfaiate	Arthropoda	Insecta	Hemiptera	<i>Gerridae</i>	23
Oligoqueta	Annelida	Clitellata	Oligochaeta	<i>Oligochaeta</i>	16
Quironomideo vermelho	Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Chironomidae</i>	1
Sirfídeo	Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Syrphidae</i>	1
Ninfa de donzelinha	Arthropoda	Insecta	Odonata	-	2
mosca	Arthropoda	Insecta	Diptera	-	3
Simulideo	Arthropoda	Insecta	Diptera	<i>Simulidae</i>	14
Pupa de díptero	Arthropoda	Insecta	Diptera	-	1

ANEXO K – TABELAS DE GRAU DE SENSIBILIDADE E NÍVEIS ASSOCIADOS À QUANTIDADE

Tabela 19 : Tabela de níveis tendo em conta as quantidades de macroinvertebrados

Fonte: Signal 2

Tabela de níveis-quantidade	
Quantidade de macroinvertebrados	Nível associado
1-2	1
3-5	2
6-10	3
11-20	4
>20	5

Tabela 20: Graus de sensibilidade associados a cada classe, ordem ou filo e respetivo erro padrão

Fonte: Chessman2003

Classe/Ordem/Filo	Grau sensibilidade	Erro padrão
Amphipoda	3	0,6
Coleoptera	5	0,4
Decapoda	4	0,5
Diptera	3	0,3
Ephemeroptera	9	0,3
Gastropoda	1	0,5
Hemiptera	2	0,5
Isopoda	2	0,7
Odonata	3	0,4
Oligochaeta	2	0,4
Trichoptera	8	0,3

ANEXO L- PONTUAÇÕES DOS MACROINVERTEBRADOS E DOS RESPETIVOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

Tabela 21: Pontuação atribuída a cada macroinvertebrado recolhido no ponto de amostragem B (Parque Radical) – 1ª Campanha no rio Lis (08/05/2018)

Macroinvertebrados (Classe/Ordem/Filo)	Nome comum	Grau de sensibilidade (a)	Quantidade espécies	Quantidade - Nível (b)	Pontuação (a × b)
Diptera	Mosca (Larva)	3	3	2	6
Ephemeroptera	Efemeróptero	9	47	5	45
Diptera	Quironomídeo (Larva)	3	21	5	15
Diptera	Simulídeo	3	1	1	3
Trichoptera	Tricóptero	8	2	1	8
Total	-	-	-	14	77

Equação 1: Cálculo da pontuação atribuída ao ponto de amostragem B (Parque Radical) – 1ª Campanha no rio Lis (08/05/2018)

$$\text{Pontuação B (Parque Radical)} = \frac{77}{14} = 5,5$$

Tabela 22: Pontuação atribuída a cada macroinvertebrado recolhido no ponto de amostragem C (Açude do Arrabalde) – 1ª Campanha no rio Lis (08/05/2018)

Macroinvertebrados (Classe/Ordem/Filo)	Nome comum	Grau de sensibilidade (a)	Quantidade espécies	Quantidade - Nível (b)	Pontuação (a × b)
Gastropoda	Caracol de água doce	1	3	2	2
Ephemeroptera	Efemeróptero	9	1	1	9
Diptera	Quironomídeo (Larva)	3	35	5	15
Oligochaeta	Oligoqueta	2	2	1	2
Isopoda	Isópode aquático	2	1	1	2
Diptera	Mosca (Larva)	3	2	1	3
Diptera	Pupa de díptero	3	1	1	3
Diptera	Mosca	3	1	1	3
Total	-	-	-	13	39

Equação 2: Cálculo da pontuação atribuída ao ponto de amostragem C (Açude do Arrabalde) – 1ª Campanha no rio Lis (08/05/2018)

$$Pontuação C (Açude do Arrabalde) = \frac{39}{13} = 3$$

Tabela 23: Pontuação atribuída a cada macroinvertebrado recolhido no ponto de amostragem D (Campos do Lis) – 1ª Campanha no rio Lis (08/05/2018)

Macroinvertebrados (Classe/Ordem/Filo)	Nome comum	Grau de sensibilidade (a)	Quantidade espécies	Quantidade - Nível (b)	Pontuação (a × b)
Amphipoda	Anfípode	3	1	1	3
Ephemeroptera	Efemeróptero	9	29	5	45
Diptera	Quironomídeo (Larva)	3	41	5	15
Diptera	Simulídeo	3	11	4	12
Trichoptera	Tricóptero	8	9	3	24
Total	-	-	-	18	99

Equação 3: Cálculo da pontuação atribuída ao ponto de amostragem D (Campos do Lis) – 1ª Campanha no rio Lis (08/05/2018)

$$Pontuação D (Campos do Lis) = \frac{99}{18} = 5,5$$

Tabela 24: Pontuação atribuída a cada macroinvertebrado recolhido no ponto de amostragem A (Fontes) – 2ª Campanha no rio Lis (12/06/2018)

Macroinvertebrados (Classe/Ordem/Filo)	Nome comum	Grau de sensibilidade (a)	Quantidade espécies	Quantidade - Nível (b)	Pontuação (a × b)
Amphipoda	Anfípode	3	531	5	15
Ephemeroptera	Efemeróptero	9	5	2	18
Diptera	Quironomídeo (Larva)	3	126	5	15
Coleoptera	Besouro (Larva)	5	7	3	15
Gastropoda	Caracol de água doce	1	3	2	2
Total	-	-	-	17	65

Equação 4: Cálculo da pontuação atribuída ao ponto de amostragem A (Fontes) – 2ª Campanha no rio Lis (12/06/2018)

$$Pontuação A (Fontes) = \frac{65}{17} = 3,8$$

Tabela 25: Pontuação atribuída a cada macroinvertebrado recolhido no ponto de amostragem B (Parque Radical) – 2ª Campanha no rio Lis (12/06/2018)

Macroinvertebrados (Classe/Ordem/Filo)	Nome comum	Grau de sensibilidade (a)	Quantidade espécies	Quantidade - Nível (b)	Pontuação (a × b)
Ephemeroptera	Efemeróptero	9	62	5	45
Diptera	Quironomídeo (Larva)	3	60	5	15
Coleoptera	Besouro (Larva)	5	4	2	10
Gastropoda	Caracol de água doce	1	3	2	2
Trichoptera	Tricóptero	8	12	4	32
Diptera	Mosca (larva)	3	2	1	3
Diptera	Mosquito adulto	3	3	2	6
Diptera	Simulídeo	3	42	5	15
Trombidiformes	Ácaro de água	-	1	1	-
Diptera	Pupa de diptero	3	2	1	3
Total	-	-	-	28	131

Equação 5: Cálculo da pontuação atribuída ao ponto de amostragem B (Parque Radical) – 2ª Campanha no rio Lis (12/06/2018)

$$\text{Pontuação B (Parque Radical)} = \frac{131}{28} = 4,7$$

Tabela 26: Pontuação atribuída a cada macroinvertebrado recolhido no ponto de amostragem C (Açude do Arrabalde) – 2ª Campanha no rio Lis (12/06/2018)

Macroinvertebrados (Classe/Ordem/Filo)	Nome comum	Grau de sensibilidade (a)	Quantidade espécies	Quantidade - Nível (b)	Pontuação (a × b)
Ephemeroptera	Efemeróptero	9	3	2	18
Diptera	Quironomídeo (Larva)	3	92	5	15
Coleoptera	Besouro (Larva)	5	2	1	5
Trichoptera	Tricóptero	8	1	1	8
Oligochaeta	Oligoqueta	2	5	2	4
Diptera	Mosca (larva)	3	2	1	3
Diptera	Mosca	3	1	1	3
Diptera	Simulídeo	3	2	1	3
Total	-	-	-	14	59

Equação 6: Cálculo da pontuação atribuída ao ponto de amostragem C (Açude do Arrabalde) – 2ª Campanha no rio Lis (12/06/2018)

$$\text{Pontuação C (Açude do Arrabalde)} = \frac{59}{14} = 4,2$$

Tabela 27: Pontuação atribuída a cada macroinvertebrado recolhido no ponto de amostragem D (Campos do Lis) – 2ª Campanha no rio Lis (12/06/2018)

Macroinvertebrados (Classe/Ordem/Filo)	Nome comum	Grau de sensibilidade (a)	Quantidade espécies	Quantidade - Nível (b)	Pontuação (a × b)
Ephemeroptera	Efemeróptero	9	87	5	45

Diptera	Quironomídeo (Larva)	3	96	5	15
Coleoptera	Besouro (Larva)	5	3	2	10
Decapoda	Camarão do rio	4	5	2	8
Tricladida	Platelminto	-	1	1	-
Isopoda	Isópode	2	2	1	2
Hemiptera	Alfaiate	2	23	5	10
Oligochaeta	Oligoqueta	2	16	4	8
Diptera	Quironomídeo vermelho	3	1	1	3
Diptera	Sirfídeo	3	1	1	3
Odonata	Ninfa de donzelinha	3	2	1	3
Diptera	Mosca	3	3	2	6
Diptera	Simulídeo	3	14	4	12
Diptera	Pupa de díptero	3	1	1	3
Total	-	-	-	35	128

Equação 7: Cálculo da pontuação atribuída ao ponto de amostragem D (Campos do Lis) – 2ª Campanha no rio Lis (12/06/2018)

$$Pontuação D (Campos do Lis) = \frac{128}{35} = 3,7$$

ANEXO M: IDENTIFICAÇÃO DE ALGUNS MACROINVERTEBRADOS OBSERVADOS



Figura 43: Simulídeo



Figura 44: Isópode aquático



Figura 45: Besouro (F. *Gyrinidae*)



Figura 46: Anfípode (F. *Gammaridae*)



Figura 47: Besouro (F. *Elmidae*)



Figura 48: Camarão (F. *Atyidae*)



Figura 49: Larva mosca (F. *Anthomyiidae*)



Figura 50: Oligoqueta



Figura 51: Pupa de díptero



Figura 52: Tricóptero (F. *Ecnomidae*)



Figura 53: Ácaro de água



Figura 54: Tricóptero (F. *Hydropsychidae*)



Figura 55: Quironomídeo vermelho



Figura 56: Quironomídeo



Figura 57: Efemeróptero



Figura 58: Alfaiate



Figura 59: Caracol (F. Physidae)



Figura 60: Ninfa de donzelinha