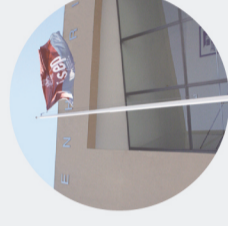




Modelação hidráulica e Reabilitação Fluvial em meio Urbano

JOSE PEDRO FERREIRA LETRA

julho de 2017



Modelação hidráulica e Reabilitação Fluvial em meio Urbano

Modelação hidráulica e Reabilitação Fluvial em meio Urbano



MODELAÇÃO HIDRÁULICA
E
REABILITAÇÃO FLUVIAL EM MEIO URBANO

José Pedro Ferreira Letra

Relatório de Estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de
Mestre em Engenharia Civil – Ramo de Infraestruturas

Orientador: Tiago André Martins de Azevedo Abreu

Coorientador: Maria Manuela Serra Oliveira (Engenho e Rio, Unipessoal Lda.)

Supervisor: Pedro Miguel Teiga (Engenho e Rio, Unipessoal Lda.)

JULHO DE 2017

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto.....	xi
Índice de Figuras	xiii
Índice de Tabelas.....	xv
Glossário.....	xvii
Abreviaturas	xix
CAPÍTULO 1 Introdução	1
CAPÍTULO 2 Enquadramento Legal.....	3
CAPÍTULO 3 Reabilitação Fluvial	7
CAPÍTULO 4 Modelação Hidráulica Fluvial.....	33
CAPÍTULO 5 Estudo de Casos	47
CAPÍTULO 6 Considerações Finais.....	67
Referências Bibliográficas	71
Anexo I – IRR	75
ANEXO II – Lanheses.....	81
ANEXO III – Uima	85
ANEXO IV – Loures	89

RESUMO

O presente relatório descreve o trabalho realizado ao longo de um semestre em ambiente empresarial. Em particular, o estágio decorreu na empresa Engenho e Rio, Unipessoal Lda. A temática deste trabalho visa contribuir para a reabilitação fluvial em meio urbano e respetiva modelação hidráulica.

Os rios e as ribeiras apresentam diversos tipos de problemas com e custos económicos associados. Portugal não é exceção, e.g., as cheias, causadas por fortes precipitações associadas às diversas fisionomias das bacias hidrográficas e a possíveis obstruções ao escoamento na linha de água, tornam-nas mais suscetíveis. A legislação nacional, a Lei da água (LA) e a Diretiva-Quadro da Água (DQA) prevê novas metodologias para minimização destas problemáticas.

Neste estágio pretendeu-se levar a cabo três grupos de atividades: i) Revisão bibliográfica das melhores práticas em meio fluvial; ii) Estado da arte e o enquadramento legal da ocupação do espaço ribeirinho; iii) Desenvolvimento de contributos para três projetos específicos de reabilitação fluvial em meio urbano a nível da modelação hidráulica e modelação de zonas de inundação para verificação da adequação de técnicas de engenharia natural na estabilização de margens.

Os três locais visados como casos de estudo foram Lanheses, com o rio Lima; Uima com as ribeiras do rio Uima em Fiães; e Loures, com o rio de Loures. Com recurso ao programa HEC-RAS, procuraram-se definir zonas de inundação para diferentes períodos de retorno.

Com este estudo foi possível estudar zonas de inundação assim como verificar a adaptação de técnicas de engenharia natural presentes nos locais estudados.

Palavras-chave: modelação hidráulica, reabilitação fluvial, cheias, zonas de inundação, engenharia natural

ABSTRACT

This report intends to describe all the work carried out during a semester in a business environment. In particular, the traineeship took place at the company Engenho e Rio, Unipessoal Lda. The thematic of this work aims to contribute to the river rehabilitation in urban environment and its hydraulic modeling.

Both rivers and streams present several types of problems, with variable associated economic costs, and Portugal is not an exception, e.g., floods, caused by average precipitation in association to different types of watersheds and some obstructions on the water course. The national legislation, the Water Law (LA) and the Water Framework Directive (DQA) provide new methodologies to minimize these problems.

At this stage it was intended to carry out three groups of activities: i) Bibliographical review of the best practices in fluvial environment; ii) State of the art and the legal framework of the occupation of the riverside space; iii) Development of contributions for three specific river rehabilitation projects in an urban environment at a level of hydraulic modeling and flood zone modeling, and finally, to verify the adequacy of natural engineering techniques for riverbank stability.

The three places targeted as case studies were Lanheses, with the Lima river; Uima with the banks of the river Uima in Fiães; And Loures, with the river of Loures. Using the HEC-RAS program, it was sought to define flood zones for different periods of return.

With this study, it was possible to generate inundation zones and verify the condition of the natural engineering techniques.

Keywords: hydraulic modelling, river rehabilitation, flood, flood zones, natural Engineering

AGRADECIMENTOS

Desejo agradecer á minha família e amigos por me terem apoiado nos bons e maus momentos, especialmente aos meus pais, Florisa Ferreira e José Letra pelas oportunidades que me proporcionaram na minha vida pessoal e académica.

À equipa da Engenho e Rio, em especial aos orientadores Pedro Teiga e Maria Oliveira, pela paciência, dedicação e aos restantes elementos da equipa, Maria Botelho, Diana Fernandes, Sónia Santos, António Pinto e José França pelo apoio, espírito de entre ajuda e pelo ambiente de trabalho que me proporcionaram.

Ao Professor Tiago Abreu pelo apoio e dedicação ao longo do curso, e em especial por este semestre.

ÍNDICE DE TEXTO

CAPÍTULO 1	Introdução	1
CAPÍTULO 2	Enquadramento Legal.....	3
2.1	Generalidades.....	3
2.2	Lei da Água e Diretiva de Inundações	4
CAPÍTULO 3	Reabilitação Fluvial	7
3.1	Generalidades.....	7
3.2	Técnicas e Soluções	7
3.2.1	Revestimentos convencionais.....	7
3.2.2	Técnicas de Engenharia Natural.....	16
3.3	Plano de Manutenção	24
3.4	Participação Pública.....	25
3.5	Medidas de Diagnóstico	27
3.5.1	Monitorização	27
3.5.2	Índice de Reabilitação de Rios.....	28
CAPÍTULO 4	Modelação Hidráulica Fluvial.....	33
4.1	Geral	33
4.2	Proposta de Metodologia para Reabilitação Fluvial.....	29
4.3	Cálculo Hidráulico	35
4.3.1	Cálculo de Caudais.....	36
CAPÍTULO 5	Estudo de Casos.....	47
5.1	Lanheses	47

ÍNDICE DE TEXTO

5.1.1	Caracterização da Linha de Água.....	48
5.1.2	Enquadramento Biogeográfico.....	48
5.1.3	Estudo Hidráulico	48
5.2	Uima.....	52
5.2.1	Caracterização da Linha de Água.....	52
5.2.2	Enquadramento Biogeográfico.....	52
5.2.3	Estudo Hidráulico	53
5.3	Loures.....	58
5.3.1	Caracterização da Linha de Água.....	58
5.3.2	Enquadramento Biogeográfico.....	59
5.3.3	Estudo Hidráulico	60
CAPÍTULO 6	Considerações Finais.....	67
6.1	Conclusões	67
6.2	Desenvolvimentos Futuros	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Taxa de Precipitação média em Portugal (Fonte: snirh.apambiente)	3
Figura 3.1 - Aplicação de blocos pré-fabricados sob camada de material drenante. (Fonte: eadm.eu).....	8
Figura 3.3 - Colocação de blocos interligados (Lemos, 2008)	9
Figura 3.4 - Secção transversal do enrocamento e estruturas adicionais (cortes e oliveira, 2004)	11
Figura 3.5 - RipRap para controlo de erosão no Minnesota, Estados Unidos da América (Fonte: naturalenviromentscorp.com)	11
Figura 3.6 - Muro gabião Fiães, Santa Maria da Feira (cedida por Teiga, Pedro).....	12
Figura 3.7 - Corte transversal esquemático de uma proteção com gabiões (Júnior, 2010)	12
Figura 3.8 - Gabião (Cortes e Oliveira, 2004)	13
Figura 3.9 - Colchão Reno e Gabião Saco (Fonte: epga.representacoes.pt).....	13
Figura 3.10 - Pormenor de Geotêxtil tecido (Fonte: fieldliningservice.com)	14
Figura 3.11 - representação e aplicação de um geotêxtil (Cortes e Oliveira, 2004).....	15
Figura 3.12 - Revegetação de talude sob geotêxtil (Fonte: sgborracha.com.br)	15
Figura 3.13 - Biorolo Mogadouro, Portugal	16
Figura 3.14 - Enrocamento Vivo Mogadouro, Portugal	17
Figura 3.15 - Entrançado Vivo (cedida por Fernandes, Diana)	18
Figura 3.16 - Espaço de inundação preferencial	19
Figura 3.17 - Estacas viva Mogadouro, Portugal.....	19
Figura 3.18 -Faxina Viva Mogadouro, Portugal.....	20
Figura 3.19 - Grade Viva Mogadouro, Portugal	21
Figura 3.20 - Micro açude Mogadouro, Portugal.....	21
Figura 3.21 - Muro Vivo Mogadouro, Portugal.....	22

Figura 3.22 - Carta Biogeográfica de Portugal Continental (Costa <i>et al.</i> 1998)	23
Figura 3.23 - Sementeira e Hidrossementeira (cedida por Fernandes, Diana).....	23
Figura 3.24 - Ação de formação e participação pública em Barcelos	26
Figura 4.2 - Defletor de corrente em Fafe, Portugal	30
Figura 5.1 - Estado de preservação da margem direita do rio Lima (cedida por Teiga, Pedro)	47
Figura 5.2 - Superfície gerada para servir como base de levantamento topográfico rio Lima.....	49
Figura 5.3 - Localização dos perfis transversais utilizados para o estudo.....	50
Figura 5.4 - Perfil transversal 22.....	51
Figura 5.5 - Área de estudo rio Uima (Letra, 2017).....	54
Figura 5.6 - Singularidades observadas 2014 (cedida por Teiga, Pedro) Vs. 2017	54
Figura 5.7 - Laboratório de rios antes, durante e depois da sua construção (cedida por Teiga, Pedro)....	54
Figura 5.8 - Levantamento topográfico do Rio Uima (Adaptado de CMSMF)	55
Figura 5.9 - Perfil tipo Rio Uima, laboratório de rios	55
Figura 5.11 - Localização Rio Loures (Lúcio, 2014).....	59
Figura 5.12 - Topografia rio de Loures. (Adaptado de CML).....	60
Figura 5.13 - Vista superior da superfície gerada no HEC-RAS para o Rio de Loures	63
Figura 5.14 - Perfil a jusante da área de estudo	64
Figura 5.16 - Mapas de inundação para os tempos de retorno de 20, 50 e 100 anos.	65
Figura 5.17 - Operação de limpeza de "canas" ao longo do Rio de Loures (cedida por Teiga, Pedro).....	66

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 - Relação entre as espessuras dos blocos pré-fabricados e as correspondentes velocidades limites de escoamento (Lemos, 2008)	8
Tabela 3.2 - classificação das componentes de avaliação do IRR (Teiga, 2011)	28
Tabela 4.1 - Caudais de ponta de cheia, em regime natural, em algumas secções notáveis da RH1 (sniamb.apambiente.pt)	35
Tabela 4.2 - Fatores condicionantes do escoamento (Martins, 2000)	36
Tabela 4.3 - Parâmetros a e b das curvas IDF (Matos e Silva, 1986)	40
Tabela 4.4 - Parâmetros C_L e z da fórmula de Loureiro (adaptado de Martins, 2000)	42
Tabela 4.5 - Valores do coeficiente de escoamento para áreas agrícolas (adaptado de Chow, (1964)) ...	43
Tabela 4.6 - Valores do coeficiente de escoamento para áreas urbanas (adaptado de Chow, (1964)).....	44
Tabela 4.7 - valores do parâmetro λ para a fórmula de Giandotti (adaptado de Lencastre e Franco, 1992)	45
Tabela 5.1 - Caudais de ponta de cheia em secções notáveis	50
Tabela 5.2 – Resultados obtidos no HEC-RAS para o perfil 22 (fim da zona de estudo)	51
Tabela 5.3 - Caudal de Ponta de cheia do Rio Uima (APA e ARHNorte, (2012)).....	53
Tabela 5.4 - Caudais de Ponta de cheia do Rio Uima (adaptado).....	53
Tabela 5.5 - Dados obtidos no HEC-RAS (Rio Uima)	56
Tabela 5.6 - Dados relativos à bacia do Rio de Loures	60
Tabela 5.7 - Tempos de concentração calculados (horas).....	61
Tabela 5.8 - Valores das curvas IDF para São Julião do Tojal.....	61
Tabela 5.9 - Valores das intensidades de precipitação calculados (mm/h).....	61
Tabela 5.10 - Caudais de ponta de cheia calculados através da fórmula racional	62

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 5.11 - Caudais de ponta de cheia obtidos por aplicação de modelação em sub-bacias não regularizadas (APA e ARH Tejo (2012))	62
Tabela 5.12 - Valores relativos ao Perfil a jusante da área de estudo	64

GLOSSÁRIO

Autóctones	Que tem origem no local onde se encontra ou onde se manifesta
Hietograma (Meteorologia)	Registo gráfico da precipitação durante um determinado período de tempo num dado local.
Interquartil	Pertencente a mais que uma das 4 partes iguais de um conjunto estatístico ordenado.
Litologia	Parte da Geologia que estuda a constituição das rochas.
Mulch	Fibras de madeira

ABREVIATURAS

A _b	Área da bacia
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
CML	Câmara Municipal de Loures
CMSMF	Câmara Municipal de Santa Maria da Feira
CMVC	Câmara Municipal de Viana do Castelo
DI	Diretiva 2007/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro.
DQA	Diretiva Quadro da Água (Diretiva 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 Outubro);
EIP	Espaço de Inundação Preferencial
EN	Estrada Nacional
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Center - River Analysis System
I	Intensidade
IDF	Intensidade, Duração, Frequencia
INAG	Instituto Nacional da Água
IRR	Índice de Reabilitação de Rios
LA	Lei da Água (Lei nº 58/2005, de 29 de dezembro, com as alterações que lhe foram introduzidas pelo Decreto-Lei nº 245/2009, de 22 de setembro, Decreto-Lei nº 60/2102, de 14 de março, Decreto-Lei nº 130/2012, de 22 de junho e Lei nº 42/2016, de 28 de dezembro);

ABREVIATURAS

LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
PGRH	Plano de Gestão da Região Hidrográfica
RH1	Região Hidrográfica 1 - Bacia Hidrográfica do Minho / Lima
RH3	Região Hidrográfica 2 - Bacia Hidrográfica do Douro
RH5	Região Hidrográfica 3 - Bacia Hidrográfica do Tejo
SCS	Soil Conservation Service
SSM	Standard Step Method
t_c	Tempo de concentração

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O presente relatório de estágio tem o propósito de satisfazer, parcialmente, os requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil – Ramo de Infraestruturas tendo sido a sua elaboração realizada no âmbito da unidade curricular DIPRE, Dissertação Projeto ou Estágio, do segundo ano do mestrado em Engenharia Civil no ramo de Infraestruturas Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP).

O estágio teve lugar na empresa **Engenho e Rio, Unipessoal Lda**, sediada na Rua Leonardo Coimbra, nº 27. 4200-365 - Porto, Portugal, com instalações no edifício do **Porto Design Factory**, sito na rua Dr. António Bernardino de Almeida, Porto, Portugal. Com vários projetos em curso, de norte a sul do país, a empresa é composta por uma equipa multidisciplinar, desenvolvendo trabalho na área de elaboração de projetos e consultoria em reabilitação fluvial (“Em conformidade com as boas práticas ambientais, a Engenho e Rio, atua privilegiando as técnicas de Engenharia Natural como solução na reabilitação das áreas ribeirinhas no sentido da sua sustentabilidade.”. em www.engenhoerio.pt).

A orientação do estágio por parte da instituição de ensino ficou a cargo do Engenheiro Tiago André Martins de Azevedo Abreu, e, por parte da empresa, a supervisão foi efetuada pela Engenheira Maria Manuela Serra Oliveira e pelo Engenheiro Pedro Miguel Teiga.

Neste estágio pretendeu-se levar a cabo três grandes grupos de atividades. Em primeiro lugar houve a necessidade de se proceder a uma revisão bibliográfica das melhores práticas a adotar em meio fluvial. Dando continuidade a esse trabalho existiu preocupação em estudar o estado da arte e o enquadramento legal da ocupação do espaço ribeirinho. Por último, o desenvolvimento de contributos para três projetos específicos de reabilitação fluvial em meio urbano ao nível da modelação hidráulica e modelação de zonas de inundação para verificação da adequação de técnicas de engenharia natural na estabilização de margens.

O principal objetivo deste estudo foi o de avaliar o estado de preservação das margens dos diferentes estudos de caso de modo a contribuir com a valorização ambiental das regiões em análise de modo a perceber em que medida se manifesta a segurança das técnicas de engenharia que foram ou que poderão vir a ser implementadas (caso de estudo “Loures”).

CAPÍTULO 1

O Capítulo 2 tem como objetivo apresentar todo o enquadramento legal ao tema proposto para este relatório, onde será descrita a lei da Água assim como a Diretiva Quadro de Água e Diretiva Inundações.

No terceiro Capítulo, intitulado Reabilitação Fluvial, será apresentada informação relativa às obras de reabilitação fluvial, iniciando-se com uma descrição das diferentes técnicas que poderão ser utilizadas para este fim, sendo seguida por uma metodologia de análise para medidas de manutenção e diagnóstico, dando ênfase a uma das mais-valias destes projetos, a participação pública.

O capítulo 4 será constituído pelo estudo hidráulico, podendo-se encontrar-se diversas fórmulas com o objetivo de calcular o caudal de ponta de cheia para uma determinada região/ bacia hidrográfica.

O Capítulo 5 será composto pelos casos de estudos associados a este estágio: i) Lanheses, com o rio Lima, tratando-se de um rio de grande dimensão, com a possibilidade de navegação, numa zona próxima do estuário, torna-se necessário realizar um estudo hidráulico para averiguação do estado de conservação da técnicas e soluções que foram implementados, visto que a obra já se encontra finalizada; ii) Uima, com as ribeiras do rio Uima, em Fiães, este estudo de caso pretende contribuir positivamente para a valorização destas ribeiras. Trata-se de um rio com baixa capacidade de encaixe, sujeito a um clima rigoroso, assim tornou-se necessário averiguar o estado de conservação das técnicas de engenharia também já implementadas; iii) Por fim Loures, com o estudo e modelação relativos ao rio de Loures, este estudo de caso pretende contribuir para a valorização do estado de conservação das margens do rio de Loures e para validação de zonas de inundação para contribuição da minimização do risco de inundação do concelho de Loures.

Este documento é finalizado com um capítulo de considerações finais, seguindo-se-lhe um conjunto de quatro anexos.

CAPÍTULO 2

ENQUADRAMENTO LEGAL

2.1 GENERALIDADES

Devido à sua localização geográfica, Portugal beneficia de um clima ameno e com quatro estações do ano bem definidas, pelo que, tem a vantagem de ter períodos de precipitação mais concentrados num quarto do ano (inverno). Mesmo tratando-se de um país relativamente pequeno, com cerca de 90.000 km², Portugal divide-se em várias zonas climáticas, destacando-se as regiões do Noroeste e da Beira Interior como as de maior precipitação, conforme Figura 2.1, podendo mesmo nestas regiões ultrapassar os 2800 mm de altura de água. Já relativamente ao interior transmontano, a grande parte da Beira Litoral e toda a Região Sul do País pode ser destacada com problemas de aridez com precipitações médias de valores inferiores a 400 mm

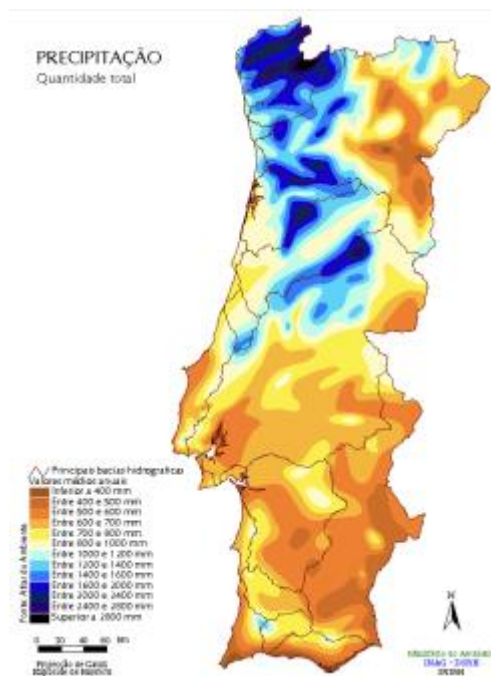


Figura 2.1 - Taxa de Precipitação média em Portugal (Fonte: snirh.apambiente)

Sendo a intensidade de precipitação uma das causas inevitáveis de grandes catástrofes, como as cheias e inundações, a legislação nacional, a Lei da Água e a Diretiva de Inundações preveem novas metodologias para minimização destas problemáticas.

2.2 LEI DA ÁGUA E DIRETIVA DE INUNDAÇÕES

A Lei da Água (**LA**) (Lei nº 58/2005, de 29 de dezembro, com as alterações que lhe foram introduzidas pelo Decreto-Lei nº 245/2009, de 22 de setembro, Decreto-Lei nº 60/2102, de 14 de março, Decreto-Lei nº 130/2012, de 22 de junho e Lei nº 42/2016, de 28 de dezembro) transpôs para a ordem jurídica nacional a Diretiva Quadro da Água (**DQA**) (Diretiva nº 2000/60/CE, de 23 de outubro), que estabelece um quadro de ação comunitária no domínio da política da água.

A **LA** estabelece o enquadramento para a gestão das águas superficiais, nomeadamente para as águas interiores, de transição e costeiras e para as águas subterrâneas, de forma a:

- ❖ Evitar a continuação da degradação e proteger e melhorar o estado dos ecossistemas aquáticos e também dos ecossistemas terrestres e zonas húmidas diretamente dependentes dos ecossistemas aquáticos, no que respeita às suas necessidades de água;
- ❖ Promover uma utilização sustentável de água, baseada numa proteção a longo prazo dos recursos hídricos disponíveis;
- ❖ Obter uma proteção reforçada e um melhoramento do ambiente aquático, nomeadamente através de medidas específicas para a redução gradual e a cessação ou eliminação por fases das descargas, das emissões e perdas de substâncias prioritárias;
- ❖ Mitigar os efeitos das inundações e das secas;
- ❖ Proteger as águas marinhas, incluindo as territoriais;
- ❖ Assegurar o cumprimento dos objetivos dos acordos internacionais pertinentes incluindo os que se destinam à prevenção e eliminação da poluição no ambiente marinho.

Baseia-se para isso em alguns princípios, além dos princípios gerais estabelecidos na Lei de Bases do Ambiente.

Tendo em consideração várias premissas nesta área, o Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia aprovaram a Diretiva de Inundações (**DI**) (Diretiva n.º 2007/60/CE, de 23 de outubro de 2007) relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações. Esta surge no quadro de ação comunitária no domínio da política da água. A **DI** define uma aplicação em três fases distintas, avaliação preliminar dos riscos de inundações, definição de cartas de zonas inundáveis e cartas de risco de inundações e por fim o desenvolvimento de planos de gestão de riscos de inundações. Foi transposta para a legislação portuguesa pelo Decreto-Lei n.º 115/2010, de 22 de outubro.

Nos termos deste Decreto-Lei em cada região hidrográfica ou em cada unidade de gestão definida para o efeito foi avaliado o risco de inundação e as respetivas medidas para a sua mitigação. Ficou assim

determinado que as Administrações das Regiões Hidrográficas devem elaborar cartas de zonas inundáveis e cartas de riscos de inundações, indicativas das potenciais consequências prejudiciais associadas a diferentes cenários de inundações, incluindo as atividades que tenham potenciado o aumento dos riscos de inundação.

A **DI** define vários tipos de inundação:

- ❖ Cheias repentinas: ocorrem quando se verifica um evento de precipitação torrencial em zonas com tempos de concentração reduzidos;
- ❖ Cheias de origem fluvial: ocorrem quando a água de um rio galga as suas margens;
- ❖ Inundações urbanas: resultam da urbanização, da falta de manutenção dos sistemas de captação de água e do facto de os sistemas de drenagem se encontrarem desatualizados e não conseguirem escoar a água devidamente.

Nesta Diretiva está ainda definido o risco de inundação, como a combinação entre a probabilidade de ocorrência de uma inundação e as potenciais consequências que dela resultem e que sejam prejudiciais para a saúde humana, ambiente, património cultural e atividades económicas.

Tendo em vista a redução dos impactos negativos das inundações, foi proposto às Administrações das Regiões Hidrográficas que elaborassem planos de gestão dos riscos de inundações, centrados na prevenção, proteção, preparação e previsão destes fenómenos, devidamente articulados com os planos de gestão das bacias hidrográficas.

Medidas de prevenção como as de monitorização e manutenção devem ser implementadas para que se possa, com antecipação, prevenir alguns sinistros que poderão surgir.

CAPÍTULO 3

REABILITAÇÃO FLUVIAL

3.1 GENERALIDADES

O revestimento das margens de zonas ribeirinhas é frequentemente classificado em dois grupos, os convencionais e os não convencionais (técnicas de Engenharia Natural) (Teiga, 2014).

Este capítulo tem como principal objetivo explicar a diferença entre os dois grupos de revestimentos, referidos anteriormente, e enunciar/descrever as diferentes técnicas que os incorporam, assim como informar acerca do seu impacto a nível ambiental, económico e visual.

O uso das diferentes técnicas depende de vários fatores, sendo que são preferencialmente escolhidos os revestimentos não convencionais, devido ao facto de manterem as margens com o seu aspeto natural. No entanto, o aspeto visual nem sempre pode ser privilegiado, pois fatores como o declive e a altura das margens, a velocidade da água a que estão sujeitas, a necessidade de manutenção e a necessidade de preservação das espécies de fauna e flora também têm de ser levados em consideração.

Além disso serão enunciadas e descritas uma proposta de plano de manutenção

3.2 TÉCNICAS E SOLUÇÕES

3.2.1 Revestimentos convencionais

Existe uma grande diversidade de técnicas estabilizadoras das margens dos rios e outras linhas de água, fazendo-se destacar soluções com uso de blocos pré-fabricados, enrocamentos, gabiões e geotêxteis. No entanto, este tipo de revestimento não é o adotado pela empresa, pois a sua utilização afeta toda uma zona de habitat, tanto de fauna como flora, devido à substituição das zonas naturais por estruturas em betão ou outro tipo de revestimentos que não contribuem para a naturalização das margens ribeirinhas.

3.2.1.1 Blocos pré-fabricados

A proteção de margens pode ser conseguida com aplicação de peças pré-fabricadas, originando uma camada de blocos, única e simples. Podem ter formas diversas, normalmente prismáticas, e a sua estabilidade pode ser averiguada tendo em conta as equações recomendadas para as soluções RipRap, efetuando-se as devidas correções, que no caso concreto apenas se alterou o valor da densidade relativa do material, que passa a ser o betão em vez da habitual rocha. (Cortes e Oliveira, 2004)

Segundo Lemos (2008), esta solução tem sido muito utilizada em grandes áreas de proteção. Contudo, a experiência passada concluiu que atendendo ao peso deste tipo de estruturas, é necessária a implementação de uma camada base de material drenante de modo a minimizar os efeitos erosivos no solo de fundação, como representado na Figura 3.1.



Figura 3.1 - Aplicação de blocos pré-fabricados sob camada de material drenante. (Fonte: eagm.eu)

A dimensão mais comum para os blocos é de 30 cm aos 60 cm (dimensões laterais), com espessuras compreendidas entre os 7,5 e os 17,5 cm, possibilitando velocidades limites variáveis ente 1,4 e 2,1 m/s, como se pode verificar na Tabela 3.2. Note-se que os dados expostos na Tabela apenas poderão ser considerados válidos para troços retos de rios sem a presença de estruturas hidráulicas. Salienta-se que com a adição de outros revestimentos como tapetes relvados as velocidades aumentam consideravelmente, passou de 1,6 para 4,0 m/s para uma espessura de 100 mm (Escameira, 1998).

Tabela 3.1 - Relação entre as espessuras dos blocos pré-fabricados e as correspondentes velocidades limites de escoamento (Lemos, 2008)

Espessura do Bloco: (mm)	Velocidade limite do escoamento: (m/s)
75 a 80	1,4
90	1,5
100	1,6
100 (com revestimento de tapete relvado)	4
150	1,9
175	2,1

Existe uma vasta oferta de diferentes tipos e tamanhos de blocos pré-fabricados, podendo resumir-se em duas categorias principais:

- ❖ Blocos individuais encaixados;
- ❖ Blocos interligados.

Blocos pré-fabricados encaixados

Tratando-se dos blocos mais comuns no que concerne aos blocos pré-fabricados, estes são encontrados nas faces inclinadas dos taludes, no entanto, esta técnica apenas pode ser utilizada em taludes de baixa inclinação, normalmente inferior a 25%, como se pode verificar na Figura 3.2.

“Algumas das soluções hoje aplicadas a proteções fluviais foram primeiramente usadas em pavimentos de parques de estacionamento, contudo, estas proteções têm hoje enorme sucesso como estruturas de proteção de margens de rios e canais” (Lemos, 2008).



Figura 3.2 - Colocação Vs. aspeto final de blocos soltos em talude (Fonte: Trilockblock.com)

Blocos pré-fabricados interligados

Os blocos pré-fabricados interligados são menos utilizados que os encaixados, dado ser uma solução mais dispendiosa.

A diferença entre estas duas tipologias está associada ao facto de normalmente os blocos se encontrarem ligados por cabos, sendo também assentes com o uso de uma camada de geotêxtil subjacente, como pode ser verificado na Figura 3.3.



Figura 3.3 - Colocação de blocos interligados (Lemos, 2008)

3.2.1.2 Enrocamentos

Devido ao seu grande potencial direcionado para a resistência e flexibilidade, os enrocamentos são uma das estruturas de proteção mais utilizada mundialmente, permitindo controlar eficazmente a erosão das margens.

Consistem na sucessão de diversas camadas de pedra com dimensões variadas, com um crescimento do interior do talude para o exterior. Segundo Cortes e Oliveira (2004), este método consiste na disposição de rochas de diferentes tamanhos ao longo do declive dos rios, sendo assim uma técnica de proteção durável e resistente para margens de rios expostas a velocidades de água elevadas.

Lemos (2008) expõe alguns critérios adicionais para a utilização destas estruturas:

- ❖ O enrocamento deve ser colocado numa plataforma estável e compacta;
- ❖ O declive não deve ser superior a 2:1;
- ❖ A espessura mínima da camada do enrocamento deve ser igual à dimensão do maior tamanho de pedra utilizado na sua construção;
- ❖ O dimensionamento é efetuado em função da pedra a utilizar, atendendo que o seu tamanho médio deverá ser tanto maior quanto o máximo tamanho de pedra que o rio é capaz de transportar;
- ❖ Deverá ser colocada uma camada de material filtrante entre o enrocamento e o solo da margem. O filtro poderá ser constituído por uma gravilha ou areia grosseira, possuindo uma espessura de 15% a 25% da espessura do enrocamento;
- ❖ Se a base da margem é composta por um material erodível, deverá ser, obrigatoriamente, provida de uma proteção complementar;
- ❖ O enrocamento deverá prolongar-se o suficiente acima e abaixo do nível das águas de modo a não ser desgastado em situações de variação acentuada de caudal;
- ❖ Aquando da construção, não se deverá retirar material do leito do rio e a vegetação danificada deverá ser reintroduzida;
- ❖ Deverão ser colocadas estacas de salgueiro ou outra espécie de fácil enraizamento, de forma intercalada ao longo do enrocamento, devendo ser suficientemente longas permitindo consequentemente a estabilização da margem.

A Figura 3.4 apresenta de forma resumida todos os critérios mencionados supra, relativos à instalação dos enrocamentos.

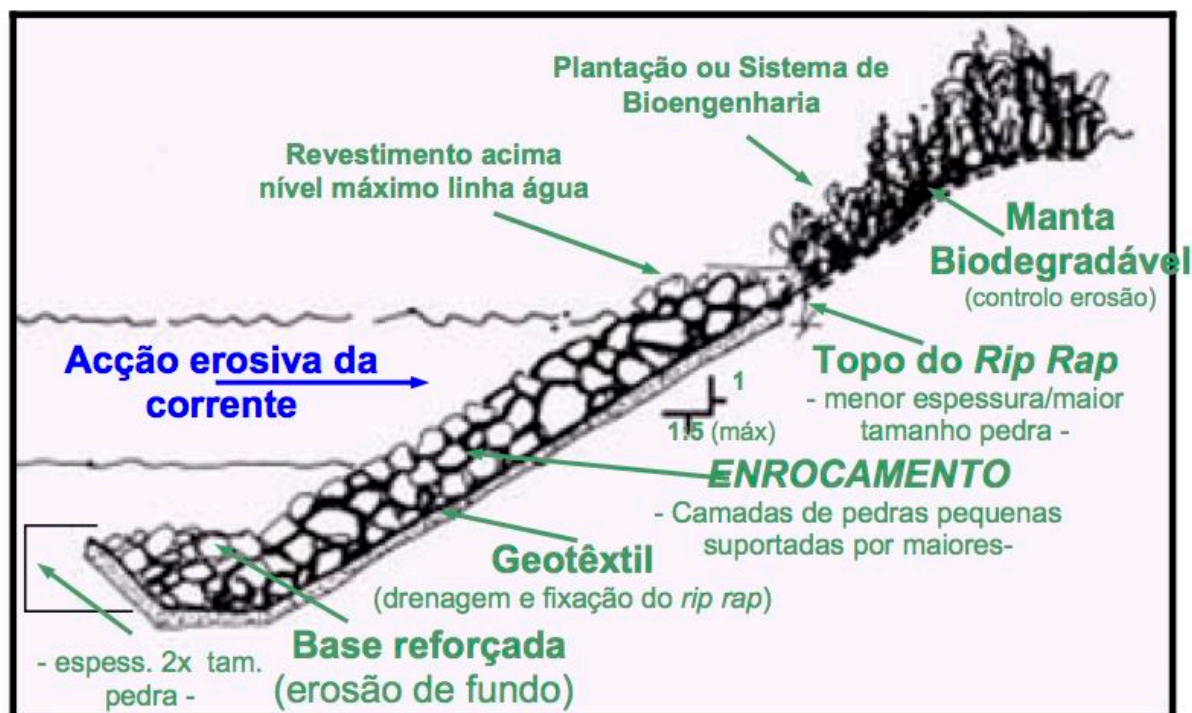


Figura 3.4 - Secção transversal do enrocamento e estruturas adicionais (cortes e oliveira, 2004)

RipRap

O *RipRap* é um tipo de enrocamento cujo termo é usado para descrever os elementos independentes de rocha, com uma granulometria elevada, usada para a proteção de canais fluviais, contra os esforços do escoamento.



Figura 3.5 - RipRap para controlo de erosão no Minnesota, Estados Unidos da América (Fonte: naturalenviromentscorp.com)

Segundo Lemos (2008) estas estruturas são formadas por diversas camadas de rocha, com tamanho normalmente superior 200 mm. A melhor estabilidade é atingida com um *RipRap* bem graduado, onde a fração de pedras mais pequena é colocada entre as diversas camadas de enrocamento, permitindo assim que a porosidade da estrutura passe de 40% para 25%.

3.2.1.3 Gabiões

Denomina-se por gabião a caixa prismática, habitualmente retangular, de rede de malha hexagonal, feita, por sua vez, de arame galvanizado reforçado. Estas caixas são enchidas com qualquer tipo de pedra não friável, proveniente de pedreiras industriais ou outro material inerte adequado que se encontre disponível na região.

São estruturas bastante pesadas, mas de fácil execução em obra, destacando-se pela flexibilidade da estrutura de arame, que permite a deformação quando sujeitos a fortes escoamentos, sem que ocorra a sua rotura.



Figura 3.6 - Muro gabião Fiães, Santa Maria da Feira (cedida por Teiga, P.)

De acordo com Lemos (2008) “Devido à sua permeabilidade, os gabhões não permitem que ocorram grandes diferenças de pressão, atrás do revestimento, e nem sempre necessitam de filtros sobre o solo natural, se este for facilmente drenante. Contudo, algumas vezes são utilizados geotêxteis para evitar a perda de finos das margens ou fundo do rio”.

Na Figura 3.7 é representando um corte transversal esquemático da utilização de um muro gabião com reforço, com utilização de uma manta geotêxtil.

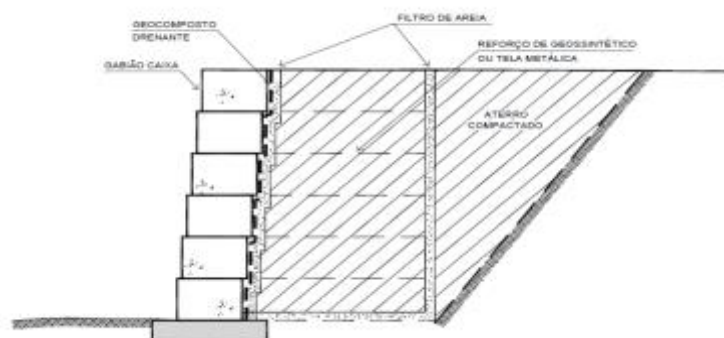


Figura 3.7 - Corte transversal esquemático de uma proteção com gabões (Júnior, 2010)

São possíveis três tipos de caixas gabião diferentes: prismáticas quadradas denominadas *Gabiões* representado na Figura 3.8, prismáticas retangulares denominadas *Colchões Reno* e por fim, tipo cilíndrico denominados de *Gabiões Saco*, representados na Figura 3.9.

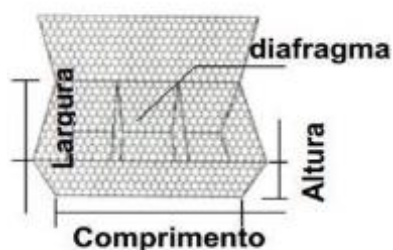


Figura 3.8 - Gabião (Cortes e Oliveira, 2004)

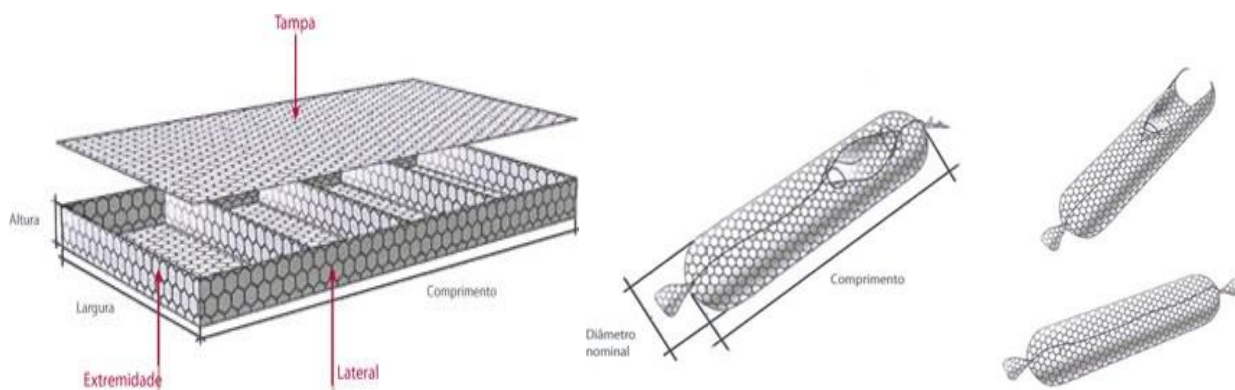


Figura 3.9 - Colchão Reno e Gabião Saco (Fonte: epga.representacoes.pt)

3.2.1.4 Geotêxteis

O revestimento das margens das linhas de água com recurso ao geotêxtil é um método onde são utilizadas mantas sintéticas ou de material vegetal para estabilizar as margens e prevenir a perda de solo causado pelo fluxo de água ao longo do leito. Esta técnica não deve ser usada isoladamente, mas sim em conjunto com outros métodos. Como referido nas técnicas anteriores, os geotêxteis eram usados em todas as técnicas com o intuito de prevenir da desagregação dos finos provenientes do solo.

O geotêxtil é fabricado a partir de materiais poliméricos sintéticos ou naturais e agrupam-se em dois grupos, os tecidos e os não tecidos.

Nos tecidos, os filamentos são ligados por entrelaçamento cruzado de vários feixes de filamentos com pormenor representado na Figura 3.10. já nos não tecidos os filamentos são ligados a uma estrutura plana por processos mecânicos, químicos ou térmicos.

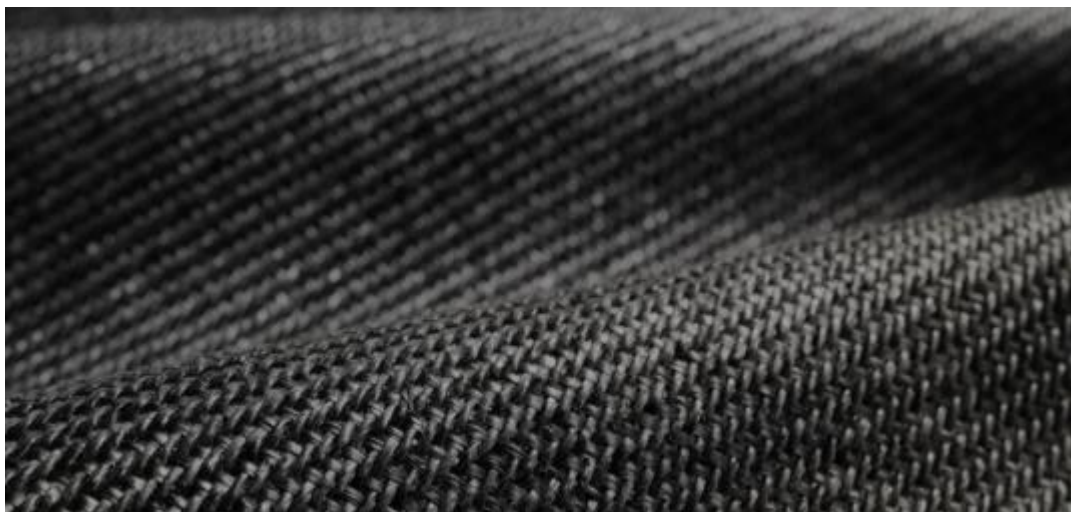


Figura 3.10 - Pormenor de Geotêxtil tecido (Fonte: fieldliningservice.com)

Devido às suas características, leves e moldáveis, os geotêxteis são muito úteis na fase inicial da reabilitação e consolidação das margens, pois não apresentam limitações quanto à inclinação de talude em que são dispostos ou à extensão da altura da margem em que são estendidos.

Como afirma Cortes e Oliveira (2004) é necessário cumprir algumas regras aquando da instalação deste tipo de revestimento:

- ❖ Deve-se corrigir previamente o declive da margem (caso necessário) e proceder ao devido nivelamento de modo a eliminar pedras ou troncos para um conveniente assentamento;
- ❖ Deve ser semeada com herbáceas nativas, procurando-se garantir um bom contacto da semente com o solo, podendo ainda ser necessário acrescentar terra e fertilizantes, antes da aplicação de

um geotêxtil pouco espesso na margem. Mesmo para mantas densas é oportuno acrescentar previamente turfa e nutrientes;

- ❖ Devem ser escavados dois fossos, um na parte inferior da margem e outro na parte superior com, aproximadamente, 30 cm de profundidade e largura variável entre 15 e 20 cm como se verifica na Figura 3.11 (esquerda). Deve-se ainda criar um fosso de ligação entre superfícies de geotêxteis, perpendicular ao canal, fixando duas mantas sucessivas entre si com estacas e grampos, Figura 3.11 (direita);

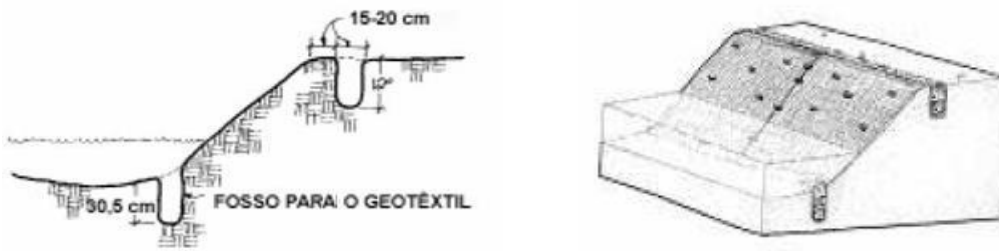


Figura 3.11 - representação e aplicação de um geotêxtil (Cortes e Oliveira, 2004)

- ❖ As mantas devem ser estendidas de maneira a cobrir toda a zona de instabilidade de modo a abrangerem desde a superfície inferior do talude até a um ponto que ultrapasse a altura máxima do mesmo;
- ❖ Dado que o geotêxtil está geralmente associado a uma cobertura vegetal (Figura 3.12), deve-se situar a uma altura que permita a absorção da água do rio para prevenir que as plantas existentes no talude sequem.



Figura 3.12 - Revegetação de talude sob geotêxtil (Fonte: sgborracha.com.br)

3.2.2 Técnicas de Engenharia Natural

Como referido anteriormente, existe uma preferência por parte da empresa acolhedora do estágio para o uso de técnicas de Engenharia Natural. Estas são estudadas, adotadas e aplicadas de modo a que se faça prevalecer o estado natural de todo o sistema em estudo que as envolve. Com a sua utilização os ecossistemas tendem a permanecer intactos, não afetando a zona de habitat, tanto de fauna, como de flora.

Salientam-se soluções com uso de biorolos, enrocamentos vivos, entrançados vivos, estacarias, faxinas, grades vivas, muros vivos e sementeiras e hidrossementeiras.

3.2.2.1 Biorolo

Os biorolos são rolos constituídos por um entrelaçado de fibras de coco compactas, com uma densidade homogénea ao longo de todo o rolo. Externamente são reforçados por uma rede estrutural em polipropileno ou em fibra de coco e no seu interior podem ser colocadas rizomas ou bolbos de espécies aquáticas.

A sua função é promover a sedimentação de material erodido, para além de servir como substrato à plantação de espécies aquáticas (ver Figura 3.13), devem ser colocados na base da margem.



Figura 3.13 - Biorolo Mogadouro, Portugal

As suas principais aplicações são:

- ❖ Estabilização de margens fluviais;
- ❖ Margens de lagos ou outro tipo de reservatórios;
- ❖ Sistema de depuração natural de águas;
- ❖ Zonas ardidas;
- ❖ Controlo de sedimentação em taludes de redes viárias;
- ❖ Filtração de sedimentos em linhas de água;
- ❖ Arranjos paisagísticos.

3.2.2.2 Enrocamento vivo

O enrocamento vivo é uma obra de defesa longitudinal contra a erosão de margens fluviais e taludes e consiste na colocação de pedras de grandes dimensões sobre o terreno a intervir. Os interstícios vazios entre as pedras são aproveitados para a colocação de estacas vivas, de forma a favorecer a estabilização interna do solo.

As suas principais aplicações são:

- ❖ Áreas onde a vegetação não oferece uma proteção adequada;
- ❖ Locais onde seja evidente a necessidade imediata de combate à erosão;
- ❖ Margens fluviais de linhas de água com notável transporte sólido e elevada velocidade de corrente.

Na Figura 3.14 é apresentado um enrocamento vivo realizado num projeto da Engenho e Rio numa obra realizada na ribeira Juncal, no município de Mogadouro em Trás-os-Montes.



Figura 3.14 - Enrocamento Vivo Mogadouro, Portugal

3.2.2.3 Entrançado vivo

Constitui, em conjunto com as descritas no ponto 3.2.2.6 (Faxinas), a técnica de utilização mais generalizada e diversificada desde a era medieval, existindo registos da sua utilização na China e no Peru há mais de 1000 anos

Fernandes e Freitas, 2011, descrevem-na como uma técnica de proteção de margens fluviais, que pode ser utilizada na estruturação e consolidação de taludes. Afirmam que se trata de uma técnica de utilização simples, consistindo na execução de um entrançado de ramos vivos de salgueiro (ou outras espécies lenhosas com características ecológicas semelhantes e adequadas às características do local de intervenção) em torno de estacas cravadas no solo, que podem também estar vivas. De acordo com os autores:

“Em taludes e encostas costumam utilizar-se na consolidação e estruturação da camada superior do solo (até 20 cm). Esta utilização, contudo, só é viável em condições onde a humidade do solo garante as condições necessárias ao estabelecimento vegetativo das plantas”.

Realçam ainda, que em alternativa pode ser utilizado material morto para apoiar o sucesso de plantações de plantas enraizadas.

Na Figura 3.15 é apresentado um corte esquemático desta técnica utilizada pela Engenho e Rio nos seus projetos.

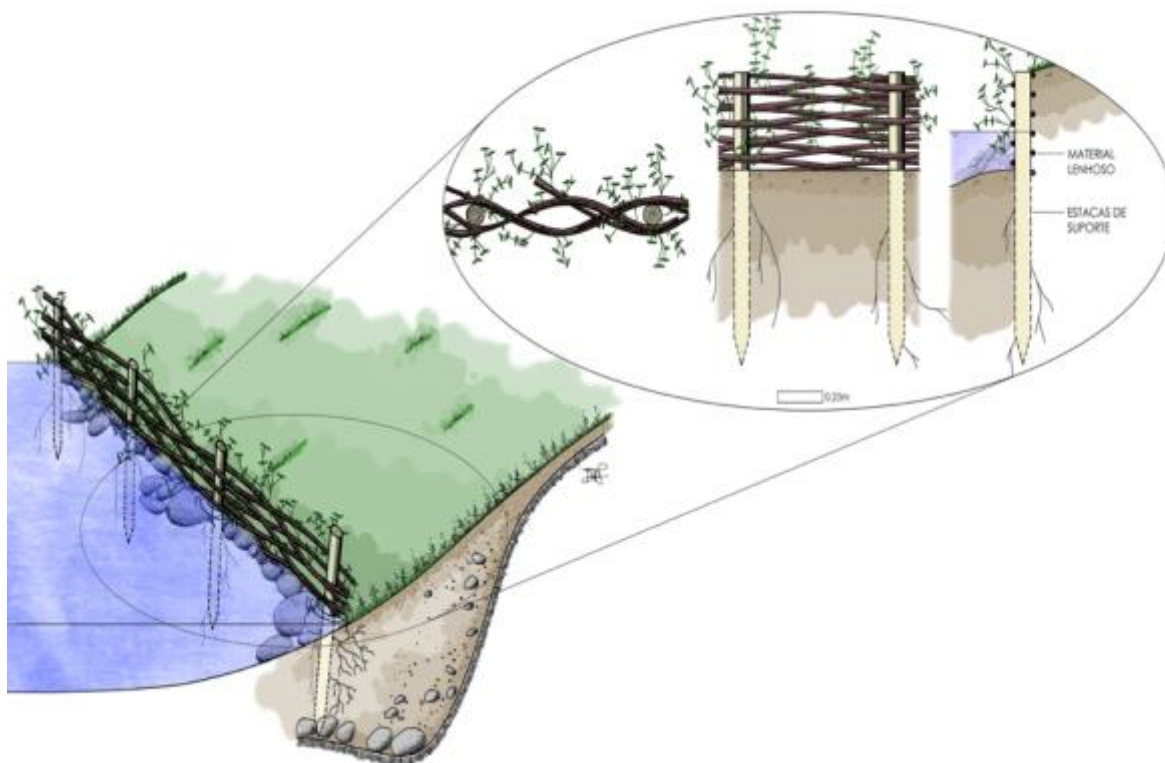


Figura 3.15 - Entrançado Vivo (cedida por Fernandes, D.)

3.2.2.4 Espaços de inundação preferencial (EIP)

Os **EIP** são uma técnica de engenharia natural usada na reabilitação fluvial onde estão associadas duas funções, a funcional e a biológica, consistindo na formação de charcos ao longo do leito principal do rio ou ribeiro. Relativamente à sua função, pode-se afirmar que esta serve para encaixe de volumes de água

em situação de cheia possibilitando uma diminuição do caudal e, conseqüentemente, da velocidade. Já no que diz respeito à sua função ecológica, podemos considerá-los em situação normal, com habitat para algumas espécies de fauna e flora.

Na Figura 3.16 é possível observar um corte esquemático deste tipo de solução, assim como uma imagem da obra da Engenho e Rio em Mogadouro.

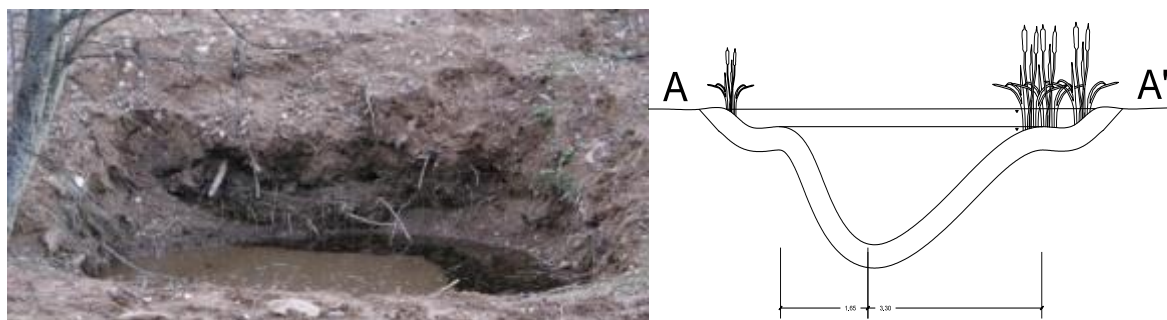


Figura 3.16 - Espaço de inundação preferencial

3.2.2.5 Estacaria

A estacaria de madeira, também designada como estacaria viva, é um dos métodos mais utilizados na revegetação das margens.

Consiste na instalação de ramos vivos sob a forma de estacas, permitindo uma melhor consolidação das margens, possibilitando uma cobertura vegetal. É de salientar, que as estacas podem ser de diferentes dimensões. No entanto, segundo Lemos, 2008, não é aconselhada a utilização de diâmetros inferiores a 3 cm e comprimentos que rondam os 60 cm. Acrescenta ainda que, geralmente, são utilizadas estacas de salgueiro ou choupo com idades compreendidas entre os 2 a 5 anos. Devem ser preparadas antes da sua introdução no solo, nomeadamente através da eliminação de ramos que possam existir de modo a facilitar a sua penetração no solo. Como é visível na Figura 3.17 observa-se um talude onde foi implementada a técnica (fase inicial), sendo que futuramente prevê-se que o solo fique revestido de vegetação.



Figura 3.17 - Estacas viva Mogadouro, Portugal

3.2.2.6 Faxinas

Como já tinha sido referido em 3.2.2.3 (Entrançado vivo), as faxinas e os entrançados vivos constituem um conjunto de métodos de revegetação mais antigos, devido à sua simplicidade de construção.

As faxinas são feixes de ramas vivas e mortas com um diâmetro imperfeito entre 15 e 20 cm e um comprimento também ele variável e adaptado à localização em concreto (2 a 4 m). A sua aplicação no terreno tem de garantir o máximo de contacto com o solo húmido de forma a garantir o desenvolvimento vegetativo de vegetação utilizada. Fernandes e Freitas, 2011 afirmam que é importante cobri-las com solos de modo a evitar as perdas de água por evaporação e a conseqüente morte por exsicação.

A Figura 3.18 retrata uma faxina onde é possível diferenciar os distintos diâmetros das ramas vivas (0,5 a 2 cm).



Figura 3.18 -Faxina Viva Mogadouro, Portugal

3.2.2.7 Grade viva

Segundo Fernandes e Freitas (2011), trata-se de uma estrutura em madeira obtida através da ortogonalidade imposta a troncos colocados no terreno (malha quadrangular), suportados por outros cravados no solo que por sua vez servem também para estabilização do talude. De acordo com os autores, “Posteriormente procede-se à plantação de estacas vivas, de plantas em torrão ou em raiz nua e finalmente enche-se a estrutura com solo local”.

São estruturas de madeira, como demonstrado na Figura 3.19, para a consolidação superficial de taludes com uma altura máxima de 20 m e declives de 55% para profundidades de 30-40cm e são usados troncos com dimensão variável de 10 a 30 cm.



Figura 3.19 - Grade Viva Mogadouro, Portugal

3.2.2.8 Micro açude

Os Micro açudes são pequenas construções de pedra e madeira que têm como objetivo a criação de represas de modo a diminuir a velocidade da água a montante.

São constituídos por um enrocamento na base com uma altura variável, podendo levar uma camada superficial formando um descarregador de superfície em madeira como é visível na Figura 3.20



Figura 3.20 - Micro açude Mogadouro, Portugal

3.2.2.9 Muro vivo

Também designado como *Cribwall*, é uma técnica para ser utilizada em taludes com declives mais acentuados, sendo uma estrutura vegetada que funciona como reforço do pé do talude e como muro de contenção.

Quando os taludes são verticais, ou aproximadamente verticais, pode ser benéfico mantê-los assim desde que os solos se tenham mostrado estáveis nos ensaios geotécnicos. Esta técnica é, por isso, adequada para declives aproximadamente verticais, o que possibilita manter uma aparência natural permanente, existindo assim uma preservação do habitat ripário. Na Figura 3.21 é possível ver o aspeto de um muro vivo num talude praticamente vertical.



Figura 3.21 - Muro Vivo Mogadouro, Portugal

3.2.2.10 Plantação autóctone

Esta será a técnica com potencial impacto após os 10 anos de vida útil das restantes. Assim sendo, prevê-se que ao fim deste período, apenas esta técnica se mantenha em vigor e que detenha capacidade para suportar os solos dos taludes ribeirinhos.

Esta técnica é bastante versátil visto ser utilizada plantação autóctone de cada região. Assim a informação analisada neste trabalho irá concentrar-se apenas nos casos de estudo apresentados no Capítulo 5.

Como se tinha referido anteriormente, Portugal é um país relativamente pequeno. No entanto apresenta uma grande diversificação relativamente ao seu relevo, precipitação, tipologia de linhas de água, dividindo-se em duas regiões no que diz respeito à sua carta biogeográfica: Eurossiberiana e Mediterrânica. Estas, por sua vez, subdividem-se em algumas sub-regiões, como apresentado na Figura 3.22.

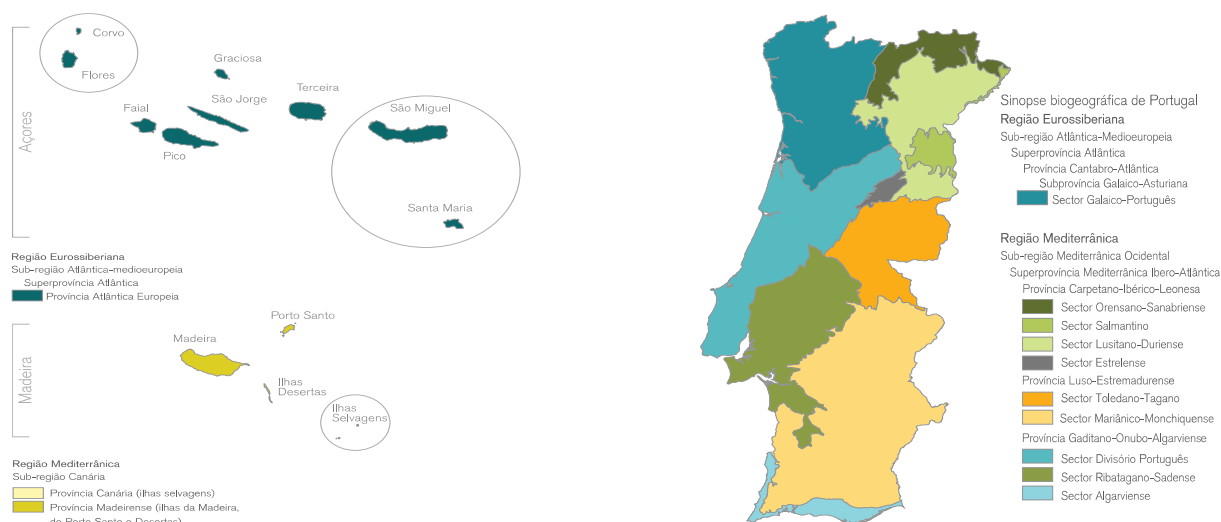


Figura 3.22 - Carta Biogeográfica de Portugal Continental (Costa *et al.* 1998)

3.2.2.1 Sementeira e hidrossementeira

São duas técnicas de revestimento de taludes bastante eficazes e muito utilizadas em áreas onde seja necessária a rápida proteção dos terrenos contra a erosão.

Segundo Fernandes e Freitas (2011), as sementeiras consistem no espalho a lanço, ou com maquinaria própria, de uma mistura de sementes de espécies herbáceas adequadas ao local e à finalidade da intervenção. Este tipo de sementeira pode ser executado, quer em superfícies planas, quer em covachos ou sulcos. É aplicável em terrenos naturais estáveis e com alguma rugosidade.

Já as hidrossementeiras consistem na projeção de uma mistura de água com *mulch*, semente, fertilizantes, corretivos/aditivos biológicos do solo. São aplicadas hidraulicamente sob a superfície do terreno através de um equipamento mecânico o hidrossemeador (Fernandes e Freitas, 2011). Na Figura 3.23 estão representadas duas imagens com o objetivo de demonstrar como é feita cada uma das sementeiras descritas.

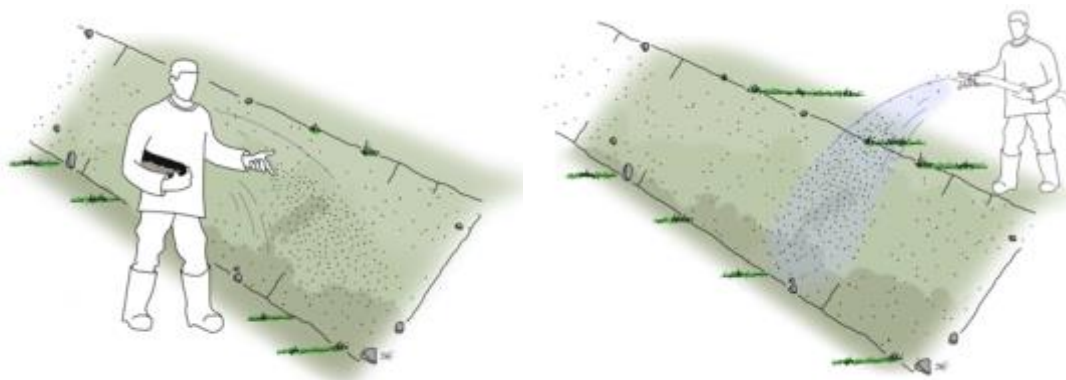


Figura 3.23 - Sementeira e Hidrossementeira (cedida por Fernandes, D.)

3.3 PLANO DE MANUTENÇÃO

Este plano de manutenção é bastante simples, no entanto, poderá ser dividido em duas partes, a manutenção propriamente dita e um ato de monitorização, que será abordado em 3.5 (Medidas de Diagnóstico) e ao qual aquela estará sempre associada.

A manutenção consiste na implementação de um conjunto de medidas, que visam garantir o bom funcionamento de uma determinada aplicação. Baseia-se na informação da monitorização e do acompanhamento contínuo do trabalho realizado.

O processo de manutenção da vegetação envolve operações de conservação e manutenção ligados à gestão dos habitats naturais existentes, nas componentes da flora arbórea, arbustiva e herbácea.

Segundo Teiga (2014), As principais operações de manutenção são:

- ❖ Abate de árvores e arbustos, sempre que se verifiquem espécies mortas;
- ❖ Realização de corte seletivo e podas de formação (árvores e arbustos) com a frequência de 2 anos preferencialmente em outubro/novembro;
- ❖ Limpeza de espécies invasoras e exóticas, quando necessário, incluindo a recuperação dessas áreas, através da plantação de vegetação autóctone (a executar anualmente, preferencialmente no final do verão), assim como a possível necessidade de regas das plantações efetuadas, durante os períodos secos.

Os trabalhos de manutenção nas margens fluviais são essenciais para garantir o bom desempenho das estruturas de proteção ao longo da vida útil das mesmas. As técnicas de Engenharia Natural implicam uma cuidada manutenção, quer para garantir a plena instalação da vegetação projetada, quer para garantir a sua eficácia dentro dos objetivos definidos.

Após a finalização dos trabalhos realizados deve existir também um controlo anual da linha de água onde devem ser envolvidas as autoridades responsáveis pelo domínio hídrico.

3.4 PARTICIPAÇÃO PÚBLICA

Neste subcapítulo pretende-se apresentar, de forma sucinta, a importância da participação pública para a reabilitação de rios e ribeiras. A dinamização da área da educação ambiental em colaboração com entidades públicas ou privadas, tem como objetivo a sensibilização e formação, tanto dos técnicos como da população em geral para atividades diversificadas do âmbito ambiental ou ligados a ecossistemas ribeirinhos.

A ligação estabelecida entre a sociedade e as questões ambientais teve os seus primeiros frutos no século passado. Segundo Teiga (2011), a participação pública encontra-se prevista na legislação, assegurando o acesso, a liberdade de informação e a participação pública. De acordo com o autor “Relativamente à matéria do ambiente, é um direito/dever constitucional dos cidadãos (Lei de Bases do Ambiente) cooperar com o Estado. Contudo, esta lei é omissa no formato que deve assumir a Participação Pública, no momento da sua realização, assim como, nos resultados que devem ser esperados”.

O reconhecimento da importância destes aspetos conduziu à consagração da participação como um princípio básico da **DQA** (artigo 14º) e da LA (artigos 25º, 26º e 84º), em função do qual se pode promover e avaliar.

No artigo 14º, a **DQA** estabelece que os Estados Membros devem incentivar a participação ativa de todas as partes interessadas na elaboração, revisão e atualização dos Planos de Gestão da Região Hidrográfica (**PGRH**).

Segundo Lima e Pato (2006) a Convenção de Aarhus identifica um conjunto de princípios fundamentais que se devem incorporar nas diferentes formas de relacionamento entre cidadãos e administração pública, nomeadamente ao nível do acesso à informação, do acesso à justiça e da participação no processo de tomada de decisão em matérias ambientais, assim como um conjunto diverso de conceitos que devem orientar esta matéria. A **DQA** sugere uma mudança profunda nas formas e processos de organização da administração pública relativamente à transmissão de informação, aos processos de consulta e ao envolvimento ativo dos agentes interessados e afetados nos processos de planeamento e gestão:

- ❖ Informação – para que se possa proceder a uma participação eficiente é necessário assegurar o acesso à informação, assim como a sua transmissão e divulgação ativa. A informação suficiente e acessível é um pré-requisito que otimiza a envolvência da população.
- ❖ Consulta – subentenda-se que o público poderá reagir ativamente às propostas geradas. Por vezes, em alguns projetos é exigido que o público se manifeste por escrito, no entanto, na maioria dos casos a manifestação oral é satisfatória.

- ❖ Envolvimento ativo – este envolvimento traduz-se em maior participação do público, sendo possível que interfiram positivamente no desenvolvimento de soluções, assim como estar envolvidos nas decisões, podendo vir a assumir total responsabilidade na gestão de rios/bacias hidrográficas ou em processos de reabilitação de rios.

Contudo, deixa-se em aberto a forma como esses princípios devem ser incorporados do ponto de vista normativo e institucional em cada país, cabendo a cada Estado signatário da Convenção a determinação da melhor forma de proceder a essa ligação entre valores e práticas.

Na Figura 3.24 está representada a equipa que participou na ação de formação no Município de Barcelos, abril de 2017(carácter prático). Esta ação foi composta por três intervenções de carácter diferente uma de carácter teórico, outra de aplicação dos conhecimentos travados e a última de carácter prático.



Figura 3.24 - Ação de formação e participação pública em Barcelos

3.5 MEDIDAS DE DIAGNÓSTICO

3.5.1 Monitorização

A monitorização é constituída por um conjunto de ações que permitem a análise do estado e comportamento, não só das linhas de água, mas também da sua envolvente, possibilitando assim uma interação com a manutenção das mesmas.

Estas ações consistem na recolha periódica e organizada de informação, seguida de uma análise sistemática da informação recolhida.

Segundo Teiga, 2014, os principais objetivos desta monitorização são:

- ❖ Fornecimento de informação sobre os progressos que estão a ser realizados, face aos objetivos programados;
- ❖ Contribuir com informação regular para melhorar o processo de planeamento e a eficácia das intervenções;
- ❖ Aumentar os níveis de responsabilização, prestando contas sobre a utilização dos recursos;
- ❖ Capacitar para a identificação dos pontos fortes e sucessos e alertar para os pontos fracos, atuais e potenciais, bem como para os problemas existentes, de forma a poder fazer os ajustamentos pontuais e as correções necessárias.

A realização de ações de monitorização tem como objetivo a verificação de conformidades legais e o cumprimento das boas práticas, contribuindo para a melhoria do estado das linhas de água e da sua envolvente.

Esta medida visa promover a articulação entre as várias entidades do território para melhorar a eficiência da sua ação.

O cumprimento dos requisitos legais, nomeadamente licenciamentos e requisitos de utilização, por parte dos utilizadores, facilita o trabalho das entidades fiscalizadoras, pois garante uma otimização de custos e recursos na sua ação. As ações de acompanhamento da obra devem ser realizadas pelo menos uma vez por semana, aquando da sua realização. Após a finalização dos trabalhos é aconselhado que sejam realizadas duas ou três operações de monitorização, Primavera e Outono, e caso exista um evento de cheia que se considere significativo deverá ser efetuada a terceira operação de monitorização. Relativamente à vegetação considera-se que sejam realizadas ações de monitorização 3 meses após o final dos trabalhos, apanhando o primeiro Outono ou Primavera, as seguintes operações devem respeitar uma escala temporal que dobre sempre o intervalo entre as mesmas (6 meses, 1 ano, 2 anos...), até um máximo de 8 a 10 anos.

3.5.2 Índice de Reabilitação de Rios

Destacando-se também como uma medida de diagnóstico, o Índice de Reabilitação de Rios (**IRR**), consiste na atribuição de uma classificação quantitativa à linha de água de modo a facilitar o conhecimento relativamente à necessidade de intervenção no troço em estudo.

Esta classificação é gerada através do preenchimento de uma tabela que foi alvo de destaque e estudo por Teiga (2011). Desde então, esta tabela tem vindo a sofrer algumas alterações de modo a torná-la o mais eficaz possível para a sua utilização em campo.

O **IRR** permite ao utilizador determinar os principais problemas existentes ao longo das margens da linha de água que necessitam de intervenção. Segundo Teiga, 2011 com esta metodologia, é possível comparar troços de rios e hierarquizar atividades na preparação do processo ou projeto de reabilitação, face a um conjunto de objetivos específicos.

Na Tabela 3.2 são apresentados os componentes de avaliação para obtenção do **IRR** por análise de vários pontos e atribuição de uma classificação numérica de um a cinco (I - Bom a V - Mau).

Tabela 3.2 - classificação das componentes de avaliação do IRR (Teiga, 2011)

Componentes de avaliação	P1	P2	P3	Troço Global
A. Dados Gerais	I a V	I a V	I a V	I a V
B. Qualidade da água	I a V	I a V	I a V	I a V
B1. Físico-químicas/bacteriológicas	I a V	I a V	I a V	I a V
B2. Ecológicas	I a V	I a V	I a V	I a V
C. Hidrogeomorfologia	I a V	I a V	I a V	I a V
C1. Regime hidrológico	I a V	I a V	I a V	I a V
C2. Características geomorfológicas	I a V	I a V	I a V	I a V
D. Corredor Ecológico	I a V	I a V	I a V	I a V
D1. Vegetação	I a V	I a V	I a V	I a V
D2. Habitat	I a V	I a V	I a V	I a V
D3. Fauna	I a V	I a V	I a V	I a V
E. Alterações Antrópicas	I a V	I a V	I a V	I a V
E1. Poluição	I a V	I a V	I a V	I a V
E2. Construções	I a V	I a V	I a V	I a V
E3. Exploração	I a V	I a V	I a V	I a V
F. Participação Pública				I a V
F1. Disponibilização de informação				I a V
F2. Envolvimento Público				I a V
F3. Ação				I a V
G. Organização e Planeamento				I a V
G1. Legislação				I a V
G2. Estratégia, planos de ordenamento e gestão				I a V
G3. Gestão das intervenções de melhorias				I a V
IRR - Índice de reabilitação de Rios				I a V

Cada local estudado deve ser classificado pelo IRR, de modo a obter o grau de perturbação da linha de água e das principais medidas de intervenção necessárias para atingir o bom estado da qualidade de água. Com este índice, Teiga, 2011 afirma que se pretende auxiliar os decisores e técnicos, com uma ferramenta numa perspetiva de encontrar soluções ajustadas aos rios e ribeiras de “viver com a água” e abandonar o sistema de “controlar a água”.

No Anexo I está presente uma versão compacta da tabela desenvolvida por Pedro Teiga, utilizada pela Engenho e Rio na obtenção do **IRR** nos seus projetos.

3.6 PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA REABILITAÇÃO FLUVIAL

A proposta exposta irá consistir na apresentação de um conjunto de pontos-chave de boas práticas a atender aquando da realização da projeção, execução e fiscalização de uma obra de reabilitação fluvial.

Segundo Maia et al., 2015 esta metodologia deve ser obtida pela compreensão de cinco passos principais, a caracterização geral, medidas de gestão de bacia hidrográfica, hierarquização das ações de intervenção, nível de prioridade da intervenção e Plano de reabilitação

O primeiro trabalho a realizar deve ser o de caracterização geral. Esta caracterização deve conter, primeiramente, informações gerais acerca do projeto em estudo, nomeadamente comprimento da linha de água, localizações por onde passa (embora em muitos casos se possa estar a contribuir para a reabilitação de uma linha de água num determinado excerto de um concelho ou freguesia ou até mesmo de um particular), a localização *a priori* de pontos de interesse e sensíveis (como nascentes, tanto da linha principal como de possíveis afluentes existentes na bacia hidrográfica) e foz dos mesmos afluentes que poderão ser destacados como pontos de conflito pois estarão mais suscetíveis à erosão das margens devido à junção das linhas de água. Outros pontos de conflito que deverão ser analisados nas visitas de campo com alguma preocupação são os pontos de entrada de linhas de água artificiais, redes pluviais e de águas residuais.

Seguidamente, deve proceder-se a saídas de campo para averiguar se todas as singularidades estudadas permanecem em conformidade com o que foi estudado e para a possível incorporação de novas singularidades impossíveis de prever no estudo inicial como erosão das margens, possibilidade da existência de obstrução do leito principal provocando um defletor de corrente natural, a existência de açudes naturais, estreitamentos e alargamentos do leito, existência de motas e alturas das margens, assim como a presença de redes clandestinas de descarga de águas residuais. Nas saídas de campo, o técnico deve fazer-se acompanhar por uma máquina fotográfica para que possa registar todas as singularidades que se achem necessárias, de preferências as fotografias devem conter georreferenciação para facilidade

dos trabalhos. Na Figura 3.25 pode observar-se um defletor de corrente do rio Vizela, com uma obstrução do canal de aproximadamente 80 %, com a respetiva georreferenciação.



Figura 3.25 - Defletor de corrente em Fafe, Portugal

É importante salientar também o preenchimento da ficha do IRR, presente no Anexo I, aquando da saída de campo, para que se possa fazer a sua adaptação no ponto 3 da proposta de modo a facilitar a escolha da prioridade das intervenções, no quarto ponto.

Como referido anteriormente em segundo lugar estão as medidas de reabilitação fluvial e definição de ações de intervenções, com o devido enquadramento legal do uso dos recursos hídricos e do domínio hídrico fluvial, sendo este último de 10 metros a contar do primeiro declive acima da superfície de água.

Em terceiro lugar, deve haver uma divisão lógica de tarefas, resultando a necessidade de uma equipa multidisciplinar para realização do projeto. Os projetos de reabilitação fluvial dividem-se em três componentes, o biológico, o paisagístico e o de engenharia. A componente de engenharia baseia-se no

estudo hidrológico do trecho, com a devida coerência com as restantes componentes para que haja uma permanência harmoniosa do estado de vida tanto da fauna como flora.

No quarto ponto deverá ser elaborada uma listagem da priorização das atividades a elaborar. E, por fim, em quinto lugar deverá ser realizado o plano de reabilitação fluvial.

O estudo hidrológico referido supra irá ser exposto no próximo subcapítulo Cálculo Hidráulico.

CAPÍTULO 4

MODELAÇÃO HIDRÁULICA FLUVIAL

4.1 GERAL

De forma a assegurar o dimensionamento hidráulico de rios e ribeiros deve recorrer-se a estudos hidrológicos que combinem os custos e o risco de ocorrência de eventos de cheia.

No objetivo do estágio, estes abrangeram essencialmente o cálculo dos parâmetros que definem os hidrogramas de cheia de rios e ribeiros limitando-se, essencialmente, ao cálculo do caudal de ponta de cheia, no entanto os valores de velocidade e tensão de arrastamento deverão ser igualmente levados em consideração, pois serão estes os valores que irão ditar o estado de erosão que será implementado no leito e respetivas margens.

O subcapítulo 4.2 (Cálculo Hidráulico) será dedicado ao procedimento levado a cabo para o cálculo dos caudais de cheia, assim como as respetivas velocidades e tensões com recurso ao programa utilizado para a aplicação deste trabalho, desenvolvido pelo “Centro de Engenharia Hidráulica”, “Sistemas de Análise de Rios” (**HEC-RAS**).

O **HEC-RAS** é um programa informático, desenvolvido pelo US Army Corps of Engineers, para administrar os rios, portos e outras obras públicas. Pode ser utilizado para a modelação hidráulica do escoamento de água que corre através de rios naturais ou outro tipo de canais, como já foi referido. Segundo Guerreiro (2015) Com a chegada da sua versão 5.0 surgiram novas opções de modelação que agradaram bastante a todos os técnicos e engenheiros já utilizadores deste programa devido à possibilidade de uma modelação bidimensional do fluxo, bem com a capacidade de modelagem de transferência de sedimentos. Segundo Brunner e CEIWR-HEC (2010), trata-se de um software que utiliza a equação da continuidade e de Bernoulli para avançar de secção em secção através de um processo iterativo denominado por “Standard Step Method” (SSM).

Ao longo do período de estágio foram abordados mais dois programas relevantes para a realização deste documento. Os programas são ambos da empresa de software de design e de conteúdo digital, norte Americana, Autodesk, Inc, criadora de uma ferramenta de desenho assistido por computador para

geração de desenhos técnicos detalhados, sendo importante salientar que foram utilizadas versões gratuitas para estudantes, para realização dos trabalhos.

O primeiro programa é o Infracad 360. Trata-se de um programa bastante útil para um projeto de engenharia preliminar, onde o desenho do projeto pode mudar rapidamente. Este programa foi utilizado para criação de superfícies 3D do terreno em estudo.

Uma vez com a superfície gerada, o projeto pode então ter seguimento para o segundo programa, o Autocad Civil 3D, para que se proceda a melhor detalhamento e possíveis ajustes à superfície que se considerem necessários. Este programa dispõe ainda de uma secção específica para realização de projetos de rios, “river flow analyses”, com diversas ferramentas de apoio. Importante salientar as ferramentas de visualização de perfis transversais, assim com a ferramenta de análise de mapas de inundação “Flood Map”, permitindo a visualização dos mesmo em três dimensões tanto como a sua impressão em planta como em perfil transversal.

Na Figura 4.1 é apresentada a visualização da secção de análise de rios do Autocad Civil 3D.

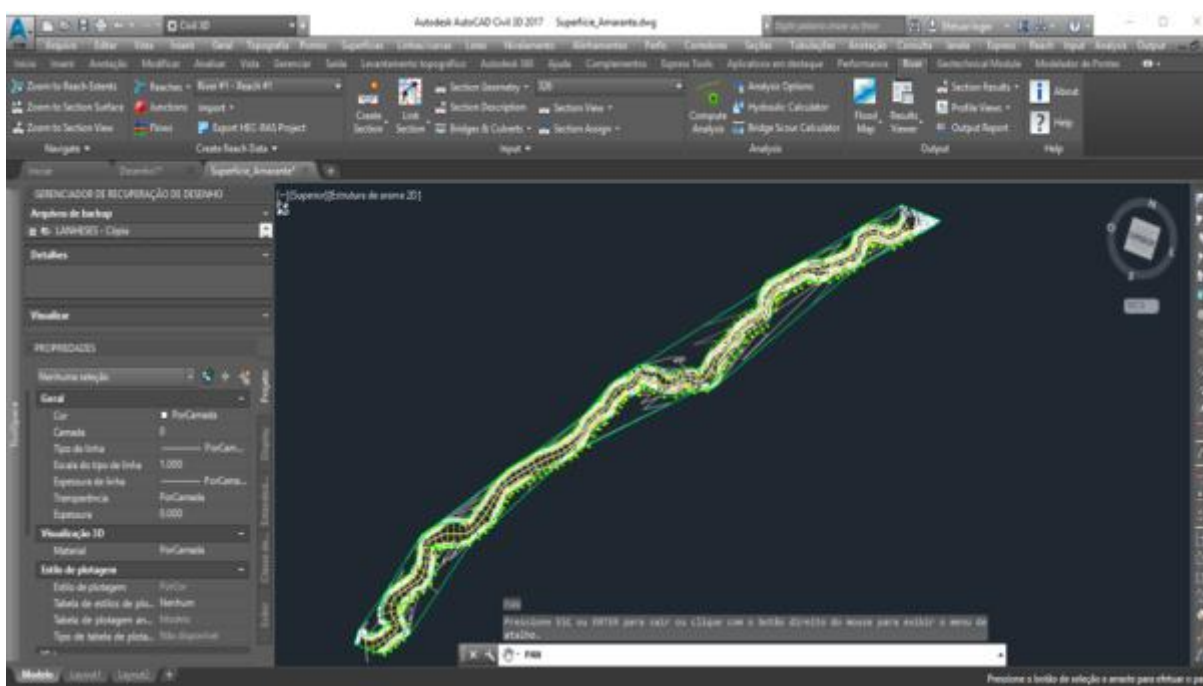


Figura 4.1 - Apresentação da secção de análise de rios do Autocad Civil 3D

4.2 CÁLCULO HIDRÁULICO

Para começar este processo de cálculo é necessário adquirirem-se alguns conhecimentos relativos ao local onde se vai realizar o estudo. Nomeadamente os valores dos caudais, que podem ser obtidos de duas maneiras, consultando o **PGRH** ou através do cálculo matemático do mesmo, recorrendo a algumas fórmulas empíricas ou cinemáticas. É indispensável conhecer a zona em estudo pois será necessário traçar os perfis para o rio em estudo e conhecer o tipo de material constituinte das margens.

Nos termos da **DQA** e da **LA**, o planeamento de gestão das águas está estruturado em ciclos de 6 anos. Os primeiros **PGRH** elaborados no âmbito deste quadro legal tiveram o seu período de vigência de 2009 a 2015. Se se optar e houver possibilidade de utilização dos **PGRH** tem-se o trabalho, de certa forma, facilitado. A Agência Portuguesa do Ambiente (**APA**) divide Portugal em cinco zonas (Norte, Centro, Tejo, Alentejo e Algarve), que por sua vez se dividem em regiões hidrográficas, concretamente oito, para ser preciso, que por sua vez se subdividem em bacias hidrográficas. Na Tabela 4.1 retirada da parte 2 – “Caracterização e diagnóstico da região hidrográfica” do **PGRH** do Minho e Lima (**RH1**) temos acesso aos caudais de ponta de cheia do Estuário do Rio Lima, valores que foram necessários para o primeiro caso de estudo 5.1 (Lanheses). Os caudais foram fornecidos para períodos de retorno, variando entre 2 e 100 anos.

Tabela 4.1 - Caudais de ponta de cheia, em regime natural, em algumas secções notáveis da RH1 (sniamb.apambiente.pt)

Sub-bacia	Código da massa de água	Designação da massa de água	Caudal de ponta de cheia (m ³ /s)					
			T2	T5	T10	T20	T50	T100
Minho	01MIN0004	Rio Mouro	77	122	154	187	231	266
Minho	01MIN0021	Rio Coura	141	215	266	319	387	439
Minho	01MIN0023	Rio Seco	2 290	3 663	4 512	5 287	6 242	6 930
Costeiras entre o Minho e o Lima	01NOR0716	Ribeira de Gondar	42	68	88	109	137	160
Lima	01LIM0038	Rio Vez	142	216	267	320	388	440
Lima	01LIM0059	Estuário do Lima	1 323	1 953	2 370	2 770	3 288	3 676
Neiva e costeiras entre o Lima e o Neiva	01NOR0724	Estuário do Neiva	130	200	248	297	362	411

No caso de não ser possível a utilização do **PGRH**, como referido, terá de ser levado a cabo um cálculo matemático com possíveis fórmulas. São variadíssimas as opções para a realização do cálculo dos valores dos caudais, de modo que neste capítulo apenas serão apresentadas algumas, para que não se torne muito exaustivo.

4.2.1 Cálculo de Caudais

A análise da ação combinada da maré e do escoamento superficial exige a compreensão das propriedades das variáveis, tanto como, de probabilidade e estatística, aplicadas à hidrologia. No entanto nesta análise irão ser considerados os efeitos do escoamento superficial resultante de uma precipitação, que incide sobre a área de uma bacia hidrográfica. Nesta secção, expõe-se alguns dos conceitos mais relevantes para o estudo do escoamento superficial, sendo que os conceitos mais comuns serão apresentados da forma mais sintetizada. É de salientar que para o caso de estudo de Lanheses será considerada a influência da maré para o cálculo das alturas de água da região em estudo.

Existem dois tipos de fatores condicionantes do escoamento superficial nas bacias hidrográficas, são os climáticos e os fisiográficos, a caracterização destes fatores é apresentada na Tabela 4.2

Tabela 4.2 - Fatores condicionantes do escoamento (Martins, 2000)

<i>Grupo</i>	<i>Tipo</i>	<i>Factor</i>
Climáticos	Precipitação	Modalidade (chuva, neve, granizo, orvalho, neblina ou geada), distribuição no tempo e no espaço, frequência de ocorrência, direcção dominante das tempestades, precipitação precedente e humidade do solo.
	Evaporação	Temperatura, vento, pressão atmosférica, natureza e superfície de evaporação.
	Transpiração	Temperatura, radiação solar, vento, humidade do ar e do solo e tipo de vegetação.
Fisiográficos	Características da bacia	Geométricas: -forma, tamanho, declive, orientação e elevação. Físicas: -cobertura e utilização do solo, tipo de solo, infiltração, permeabilidade, topografia e capacidade de formar lençóis subterrâneas.
	Características dos cursos de água	Capacidade de escoamento: dimensão e forma da secção transversal, declive, rugosidade, características da rede hidrográfica e comprimento do curso de água. Capacidade de armazenamento.

De modo a sintetizar o cálculo dos caudais de ponta, de seguida irá ser apresentada uma cronologia dos cálculos necessários a fazer. Embora estes cálculos possam ser realizados com o uso de diversas fórmulas nesta síntese apenas será apresentado o conceito.

O primeiro cálculo a ser realizado é o do Tempo de Concentração(**tc**) seguido do cálculo da Intensidade de Precipitação seguida do Caudal de Ponta de Cheia.

4.2.1.1 Tempo de Concentração

O t_c de uma bacia hidrográfica é o tempo para que a totalidade da bacia contribua para o escoamento superficial na secção considerada. De uma maneira mais simplista é habitualmente referido como o tempo que uma gota de água demora a percorrer desde o ponto mais afastado da bacia até atingir a secção considerada.

Segundo Lencastre e Franco, 1992, o tempo de concentração é uma característica constante da bacia, sendo independente das chuvadas. O tempo de concentração é aplicado na determinação do caudal de ponta de cheia quando se utilizam expressões cinemáticas, que entram em linha de conta com as características do movimento da água na bacia hidrográfica.

As fórmulas mais utilizadas para o cálculo deste fator são a de Temez, Giandotti, Kirpich e SCS.

❖ Temez

$$t_c = 0,3 \left(\frac{L_b}{i_m^{0,25}} \right)^{0,76} \quad (4.1)$$

sendo:

- t_c - tempo de concentração (h);
- L_b - comprimento do curso de água principal da bacia (km);
- i_m - declive médio do curso de água principal da bacia (m/m).

Temez (1978) analisou várias bacias espanholas e propôs a expressão (4.1) que poderá ser utilizada em bacias hidrográficas naturais com áreas até 3000 Km².

❖ Giandotti

$$t_c = \frac{{}^4\sqrt{A_b} + 1,5L_b}{0,80\sqrt{h_m}} \quad (4.2)$$

Sendo:

- A_b - Área da bacia hidrográfica (km²);
- h_m - Altura média da bacia (m)

Giandotti, 1953 propôs a expressão (4.2) para determinar o tempo de concentração em bacias. No entanto, esta apenas deve ser aplicada a grandes bacias hidrográficas naturais, pois quando aplicada a pequenas bacias o valor do tempo de concentração é sobrestimado.

❖ Kirpich

$$t_c = 0,0663 \frac{L_b^{0,77}}{i_{mb}^{0,385}} = 0,0663 \frac{L_b^{1,155}}{Dh^{0,385}} \quad (4.3)$$

Sendo:

i_{mb} - declive médio da bacia hidrográfica;

Δh - diferença de cotas entre as extremidades da linha de água principal (km).

Kirpich, 1940 propôs a expressão (4.3) para o cálculo do tempo de concentração, no entanto esta foi desenvolvida principalmente para ser aplicada a bacias rurais, com canais bem definidos e declives entre os 3% e os 10%. Caso as superfícies se encontrem alteradas, revestidas com asfalto ou betão o tempo de concentração deve ser reduzido por um fator constante, 0,4 e 0,2 respetivamente.

❖ Soil conservation service (SCS)

$$t_c = 1,67t_l \quad (4.4)$$

$$t_l = \frac{L_b^{0,8} (S_{mr} + 1)^{0,7}}{734,43 i_{mb}^{0,5}} \quad (4.5)$$

Sendo:

t_l - tempo de atraso (h);

L_b - comprimento do curso de água principal da bacia (m);

S_{mr} - capacidade máxima de retenção, dada por $S_{mr} = (25400/CN) - 254$;

CN - número de escoamento da bacia hidrográfica.

O método Soil Conservation Service, 1973 calcula o tempo de concentração, expressão (4.4), de uma bacia hidrográfica recorrendo ao tempo de atraso, expressão (4.5), sendo estas expressões extensíveis para precipitações uniformes.

O tempo de atraso encontra-se definido como o tempo compreendido entre as ocorrências do centro de gravidade do hietograma da precipitação útil e da ponta do hidrograma. A expressão é indicada para bacias rurais com áreas inferiores a 8Km².

4.2.1.2 Intensidade de Precipitação

Como referido, a precipitação é um dos fatores condicionantes para o cálculo dos caudais de ponta de cheia, sendo importante salientar que o modo de a avaliar é efetuado através da sua intensidade.

Segundo Martins, 2000 a determinação do caudal de ponta de cheia define-se pela especificação de uma precipitação de projeto, consistindo na atribuição de três fatores: a duração da precipitação, a quantidade de precipitação associada ao período de retorno e a distribuição temporal da precipitação.

Para simplificar, considera-se que a precipitação de curta duração ocorre uniformemente sobre a bacia e com intensidade constante, assim como a duração da precipitação útil que deve ser considerada igual à duração da precipitação total.

❖ Curvas de Intensidade Duração Frequência (**Curvas IDF**)

Como o próprio nome indica, estas curvas comportam três parâmetros característicos, a intensidade, a duração e a frequência. A intensidade corresponde à relação entre a altura de precipitação caída e a sua duração. A duração corresponde ao tempo considerado para a chuvada, que no caso de cheias de rios pode ser da ordem de grandeza de horas, ou até mesmo dias. Relativamente à frequência corresponde ao número de vezes que tal chuvada tem ocorrência num período de anos, também designada como período de retorno.

$$I = \frac{aT^n}{(t_p + b)^m} \quad (4.6)$$

Sendo:

I - intensidade de precipitação (mm/h);

a, b, n, m - parâmetros a serem determinados a partir de registos udoográficos;

T - período de retorno (anos);

T_p - tempo de precipitação (min).

Através de um estudo estatístico das séries de valores máximos da intensidade de precipitação para diferentes durações e para a mesma frequência de ocorrência, realizado no Laboratório Nacional de Engenharia civil (**LNEC**), Matos e Silva, 1986, obtiveram curvas **IDF** para Portugal. Segundo os autores, as curvas resultaram do ajuste pelo método dos mínimos quadrados de uma curva exponencial que permite estabelecer a relação entre a intensidade e o período de retorno.

$$I = at_p^b \quad (4.7)$$

A expressão (4.7) resulta do estudo de Matos e Silva, 1986, que comportou a análise de 25 pontos udoográficos localizados em diferentes zonas do país, determinando 14 curvas **IDF**. A Tabela 4.3 serve de apoio à expressão, contendo os parâmetros a e b que Matos e Silva determinaram para as diferentes zonas do país.

Tabela 4.3 - Parâmetros a e b das curvas **IDF** (Matos e Silva, 1986)

Postos	Parametros	T (anos)					
		2	5	10	20	50	100
A. Heroísmo	a	192,95	220,04	235,20	248,19	263,43	273,89
	b	-0,500	-0,477	-0,465	-0,456	-0,446	-0,440
Bragança	a	165,01	199,94	228,16	253,14	283,10	304,23
	b	-0,586	-0,575	-0,573	-0,571	-0,568	-0,566
Évora	a	198,68	198,71	277,24	374,00	531,55	670,22
	b	-0,553	-0,444	-0,491	-0,538	-0,595	-0,634
Faro	a	204,89	245,27	280,32	311,58	349,29	376,10
	b	-0,584	-0,555	-0,556	-0,557	-0,558	-0,559
Fonte boa	a	180,84	222,90	251,87	278,64	310,56	332,88
	b	-0,601	-0,579	-0,577	-0,575	-0,572	-0,570
Lisboa	a	202,72	259,26	290,68	317,74	349,54	365,62
	b	-0,577	-0,562	-0,549	-0,538	-0,524	-0,508
Penhas Douradas	a	134,52	170,81	205,95	239,52	282,55	314,54
	b	-0,456	-0,415	-0,422	-0,429	-0,437	-0,442
Porto	a	209,89	268,60	303,74	334,95	372,82	399,66
	b	-0,606	-0,613	-0,617	-0,619	-0,622	-0,624
Porto Santo	a	268,17	328,67	359,72	385,91	417,06	438,66
	b	-0,643	-0,589	-0,560	-0,536	-0,511	-0,496
Praia da Rocha	a	169,22	227,44	266,64	301,99	345,00	375,67
	b	-0,603	-0,598	-0,600	-0,601	-0,601	-0,602
S. Catarina	a	193,12	228,83	248,70	265,72	285,72	299,45
	b	-0,517	-0,512	-0,508	-0,505	-0,502	-0,499
V. R. Santo António	a	250,33	309,25	350,56	388,44	434,89	468,58
	b	-0,639	-0,630	-0,631	-0,633	-0,636	-0,638
Vila Real	a	176,38	284,23	353,25	416,59	495,54	553,04
	b	-0,576	-0,619	-0,632	-0,644	-0,653	-0,658
Viseu	a	377,31	460,01	500,67	532,12	565,65	586,47
	b	-0,756	-0,756	-0,754	-0,750	-0,745	-0,745

4.2.1.3 Caudal de Ponta de Cheia

As cheias são catástrofes naturais inevitáveis, e com as constantes impermeabilizações que o Homem tem vindo a fazer à superfície terrestre estas tendem a agravar-se. De modo a minimizar os danos causados pelas cheias é necessário calcular os caudais de ponta de cheia com o fim de se apurar as áreas de inundação expectáveis para os determinados períodos de retorno.

Assim, para determinação destes caudais de ponta de cheia, podem ser utilizadas três tipos de fórmulas de naturezas diferentes, de base estatística, cinemáticas e empíricas.

❖ Fórmulas de base estatística

As fórmulas de base estatística, tal como o nome indica, permitem estimar o caudal de ponta de cheia de uma determinada secção de uma linha de água em função de um período de retorno, com base em dados de cheias anteriores. Um exemplo deste tipo de fórmulas é a fórmula de Loureiro (1984).

Loureiro e Costa (1980), Loureiro e Pinto (1980) e Loureiro (1984) estudaram e desenvolveram a fórmula, delimitando zonas conseguiram relacionar os caudais de ponta com a área da bacia. A expressão que utilizada é a seguinte:

$$Q_p = C_L \cdot A_b^Z \quad (4.8)$$

Sendo:

Q_p - Caudal de ponta de cheia (m³/s);

C_L, Z - parâmetros regionais relacionados com o período de retorno;

A_b - área da bacia hidrográfica (Km²).

A determinação dos parâmetros acima referidos baseou-se na aplicação da lei de Gumbel (1967) aos caudais máximos anuais observados. Na Tabela 4.4 são apresentados os valores dos parâmetros C_L e Z para as respetivas zonas consideradas.

Tabela 4.4 - Parâmetros C_L e z da fórmula de Loureiro (adaptado de Martins, 2000)

Localização geral		Definição das zonas							
A norte da bacia do Tejo	N1 – Bacias superiores do Cávado, Tamega e Tua;								
	N2 – Bacia do Lima, bacia intermédia do Cávado, bacia superior do Ave, bacias inferiores do Tamega e do Tua e bacia superior do Sabor;								
	N3 – Bacias inferiores do Cávado, Ave, Douro, Vouga e Mondego;								
	N4 – Bacia inferior do Sabor, margem esquerda da bacia do Douro a montante da confluência do Paiva, bacias superiores do Vouga e Mondego;								
Bacia do Tejo	T1 – Bacias superiores do Zézere e bacias do Ponsul, Ocreza, Aravil e Erges (Validos só para uma precipitação média anual inferior a 1400 mm);								
	Maior, Alenquer, Grande da Pipa, Tranção; bacias inferiores do Soraia e Candeeiros, serra de Montejunto e o litoral e na bacia do rio Lis, os valores deverão ser tomados com reserva;								
	T3 – Bacia superior do Soraia, bacias da ribeira de Nisa e dos rios Sever e Caia;								
A sul da bacia do Tejo	S1 – Ribeiras do Algarve, Baixo Guadiana e Alto Mira (válidos onde a precipitação média anual está compreendida entre 500mm 1000 mm);								
	S2 – Alto Sado, bacias superiores do Xarrama, Degebe e baixo								
	S3 – Baixo Sado;								
	S4 – Bacia do Guadiana, entre as zonas S1 e S 2;								
Zona	Valor de z	Valores de C_L							
		Período de retorno (anos)							
		5	10	25	50	100	500	1000	
N1	0,807	2,85	3,72	4,53	5,27	6,10	7,60	8,57	
N2	0,694	5,44	6,97	8,58	9,67	11,00	13,90	15,60	
N3	0,51	24,93	30,50	39,10	43,50	49,50	57,10	64,80	
N4	0,489	11,70	16,80	19,20	22,30	26,20	33,10	38,50	
T1	0,375	31,30	40,10	50,20	58,10	66,90	80,50	94,40	
T2	0,466	19,20	26,30	34,70	42,20	48,30	66,20	72,30	
T3	0,761	3,66	4,49	5,58	6,02	8,45	9,60	11,00	
S1	0,784	3,45	4,40	5,40	6,24	7,09	8,97	9,88	
S2	0,738	3,39	4,28	5,54	6,44	7,40	9,50	10,70	
S3	0,816	1,66	2,09	2,58	2,98	3,37	4,27	4,75	
S4	0,745	2,30	3,06	3,68	4,12	4,94	6,23	7,27	

❖ **Fórmulas cinemáticas**

Estas fórmulas têm em consideração as características do movimento da água dentro da bacia hidrográfica, normalmente expresso através do tempo de concentração e da chuvada crítica. São várias as expressões que suportam este tipo de fórmula. O método racional, Temez, Giandotti e SCS são apenas alguns exemplos.

Embora apresentando algumas limitações, dentro das fórmulas cinemáticas o método racional é manifestamente o de maior utilização à escala global.

Segundo Martins (2000), as limitações da fórmula racional desenvolvem-se com as simplificações de natureza hidrológica e hidráulica da sua formulação. Relativamente às simplificações hidrológicas, estas consistem em aceitar a precipitação como invariável no espaço e no tempo e em considerar também que a transformação da precipitação em escoamento como sendo uma relação linear traduzida por um coeficiente de escoamento constante. Já a limitação das simplificações, do ponto de vista hidráulico, é o facto de considerar que o caudal de ponta de cheia só ocorre quando toda a bacia está a contribuir para o escoamento.

A fórmula do método racional é definida pela expressão

$$Q_p = C' I' A_b \tag{4.9}$$

Sendo:

- C - coeficiente de escoamento;
- I - intensidade de precipitação (mm/h).

Os valores a adotar para o coeficiente de escoamento encontram-se na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Valores do coeficiente de escoamento para áreas agrícolas (adaptado de Chow, (1964))

Tipos de solos	C		
	Cobertura da bacia		
	Culturas	Pastagens	Bosques e florestas
com capacidade de infiltração superior à média; usualmente arenosos.	0,20	0,15	0,10
Com capacidade de infiltração média; sem camadas de argila; solos francos ou	0,40	0,35	0,30
Com capacidade de infiltração inferior à média; solos argilosos pesados ou com uma camada argilosa junto à superfície; solos delgados sobre rocha impermeável.	0,50	0,45	0,40

Tabela 4.6 - Valores do coeficiente de escoamento para áreas urbanas (adaptado de Chow, (1964))

Ocupação do solo	C		
Zonas verdes:			
relvados em solos arenosos	0,05	-	0,20
relvados em solos pesados	0,15	-	0,35
parques e cemitérios	0,10	-	0,25
campos desportivos	0,20	-	0,35
Zonas comerciais:			
centro da cidade	0,70	-	0,95
periferia	0,50	-	0,70
zonas residenciais:			
vivendas no centro da cidade	0,30	-	0,50
vivendas na periferia	0,25	-	0,40
prédios de apartamentos	0,50	-	0,70
Zonas industriais:			
industria dispersa	0,50	-	0,80
industria concentrada	0,60	-	0,90
Vias férreas	0,20	-	0,40
Ruas e estradas:			
asfaltadas	0,70	-	0,90
de betão	0,80	-	0,95
de tijolo	0,70	-	0,85
Passeios	0,75	-	0,85
Telhados	0,75	-	0,95
Baldios	0,10	-	0,30

A fórmula de Temez (1978) para o cálculo do caudal de ponta cheia tem a limitação de apenas poder ser utilizada em bacias com áreas inferiores a 75 km²:

$$Q_p = \frac{C' I' A_b}{3} \quad (4.10)$$

Sendo:

C - coeficiente de escoamento da fórmula de Temez.

$$C = \frac{(P_d - P_0)(P_d + 23P_0)}{(P_d + 11P_0)^2} \quad (4.11)$$

Sendo:

P_d - precipitação máxima diária (mm);

P_0 - parâmetro relativo às perdas iniciais da chuvada antes de se iniciar o escoamento superficial (mm).

A fórmula de Giandotti para o cálculo do caudal de ponta de cheia é definida pela expressão (4.12).

$$Q_p = \frac{I' A_b' h_{max}}{t_c} \quad (4.12)$$

Sendo:

λ - parâmetro em função da área (definido na Tabela 4.7);

h_{max} - altura de precipitação para uma duração igual ao tempo de concentração e um período de retorno (mm);

t_c - tempo de concentração (h).

Tabela 4.7 - valores do parâmetro λ para a fórmula de Giandotti (adaptado de Lencastre e Franco, 1992)

A_b (km ²)			λ
Até	-	300	0,346
300	-	500	0,277
500	-	1000	0,197
1000	-	8000	0,100
8000	-	20000	0,076
20000	-	70000	0,055

A fórmula do **SCS** para o cálculo do caudal de ponta de cheia é definida pela expressão (4.13).

$$Q_p = \frac{I_u' A_b' K}{3,6} \quad (4.13)$$

Sendo:

I_u - Intensidade de precipitação útil (mm/h)

K - fator de ponta da bacia hidrográfica. (0,5 -> 1,0)

❖ Fórmulas empíricas

A utilização deste tipo de fórmulas não é muito frequente, nem aconselhável, tendo em conta que não se baseia em nenhum dado estatístico de ocorrência. No entanto pode haver interesse na sua utilização para estimativa da ordem de grandeza de caudais de cheia excepcionais, quando não se dispõe de informação hidrométrica suficiente.

A fórmula de Whistler apresentada na expressão (4.14) é um exemplo de fórmulas empíricas e pode ser aplicada a bacias com áreas compreendidas entre 1000 e 12000 km².

$$Q_p = A_b \left(\frac{1538}{259 + A_b} + 0,054 \right) \quad (4.14)$$

Sendo:

A_b - área da bacia hidrográfica (km²).

CAPÍTULO 5

ESTUDO DE CASOS

5.1 LANHESES

A região em análise possui uma extensão de aproximadamente 700 metros, compreendida entre o viaduto rodoviário e a Estrada Nacional (EN) 305, e localiza-se na margem direita do rio Lima, a pouco mais de 15 Km da sua foz.

Caracteriza-se como uma região extensa e pouco profunda, com amplas áreas protegidas e de lazer, em ambas as margens do canal principal. As margens ficam a descoberto na baixa-mar.

Este projeto surgiu em resposta à iniciativa da **APA** e em colaboração com a Câmara Municipal de Viana do Castelo (**CMVC**), com o intuito de se estabelecer proteção e valorização da margem direita do rio Lima na região de Lanheses, de modo a preservar e manter toda a riqueza biológica conservando assim os valores paisagísticos desta zona.

A intervenção realizada foi orientada no sentido da sua conservação e valorização, através da manutenção e recuperação dos povoamentos florestais autóctones, de operações de manutenção, recuperação e estabilização das margens com base nas espécies arbustivas e arbóreas ripícolas e controlo da vegetação infestante. Na Figura 5.1 é ilustrada a sequência do estado de preservação antes, durante e após os trabalhos realizados na margem direita do rio Lima.



Figura 5.1 - Estado de preservação da margem direita do rio Lima (cedida por Teiga, P.)

5.1.1 Caracterização da Linha de Água

A bacia hidrográfica do Rio Lima, definida na **RH1**, apresenta uma área de 1117 Km² em Portugal e 1303 Km² em Espanha. De acordo com o Instituto Nacional da Água (INAG, 2008), o Rio Lima é classificado como Rios do Norte de Média-Grande Dimensão. Esta classificação permite avaliar para cada tipo de curso de água uma homogeneidade de características geográficas e hidrológicas, determinantes das suas condições ecológicas.

Segundo esta classificação do Instituto Nacional da Água (**INAG**), o Rio Lima encontra-se em zonas com temperatura média anual baixa (12 a 13°C em média) e precipitação média anual relativamente elevada (1200 mm em média). Os cursos de água deste tipo encontram-se a baixas e médias altitudes (cerca 270 m em média), com escoamento médio anual que varia entre os 300 mm e os 800 mm (distância interquartil). Quanto à litologia, o Rio Lima, insere-se sobretudo em zonas e natureza siliciosa apresentando baixa mineralização (INAG, 2008).

5.1.2 Enquadramento Biogeográfico

A bacia do Lima localizada na região Eurosebriana, Sub-região Atlântica-Medioeuropeia apresenta um clima temperado e chuvoso sem estação seca clara. Os bosques planocaducifólios são as formações climáticas mais representativas, estruturalmente dominados por árvores de folhas brandas, planas, grande e caducifólias, tais como os carvalhos (*Quercus spp.*), as faias (*Fagus spp.*), os bidoeiros (*Betula spp.*), os freixos (*Fraxinus spp.*) e os bordos (*Acer spp.*).

5.1.3 Estudo Hidráulico

Segundo Cardoso, (2014) durante as décadas de 60 a 90 foram realizadas várias dragagens para extração de inertes no estuário do rio Lima, o que levou a uma alteração completa do fluxo da corrente devido à deslocação da linha de talvegue para junto da margem direita.

A construção das barragens de Alto-Lindoso e Touvedo no início da década de 90 não ajudou, atendendo à elevada eficiência de retenção que não permite a reposição sedimentológica necessária para que se mantenha o equilíbrio deste grande rio.

Tanto o **INAG**, como a **APA**, em 2005 e 2012, respetivamente, desenvolveram estudos para demonstração da situação de profunda erosão nesta região. Assim o estudo realizado serve como base para averiguar o estado de erosão para este troço.

Devido à falta de dados base para este trabalho, o levantamento utilizado foi um modelo terrestre criado através do programa Infracad 360 da Autodesk

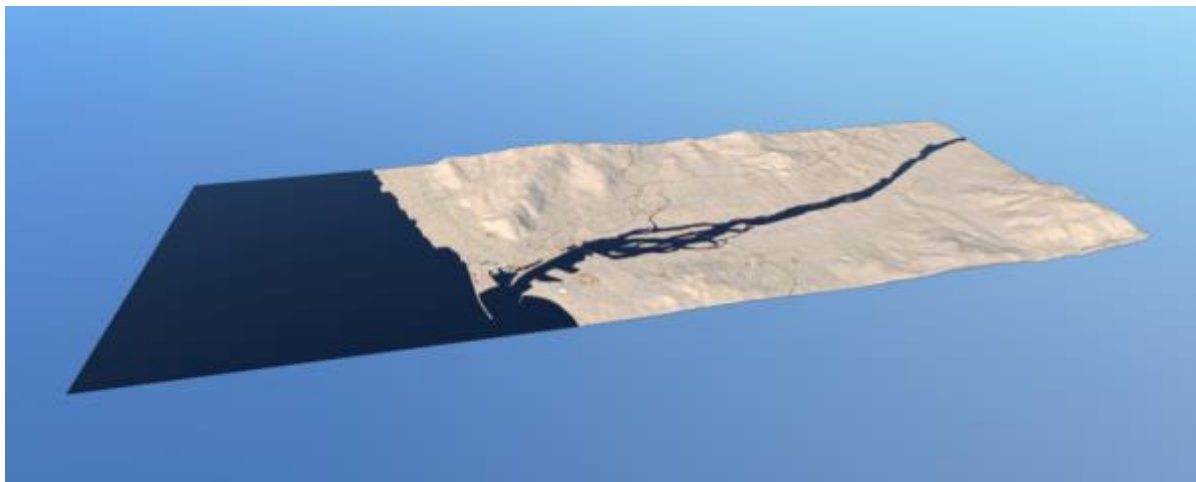


Figura 5.2 - Superfície gerada para servir como base de levantamento topográfico rio Lima.

Após a criação da superfície, exportaram-se os dados para o Autocad Civil 3D para que pudesse ser editada. Estas superfícies nem sempre são as mais indicadas, visto serem retiradas através de satélite, causando interferências com edifícios, árvores ou outros obstáculos à leitura. Outra grande desvantagem deste programa é o facto de não conseguir retirar cotas de baixo de água. Assim, foi necessário fazer as devidas correções nas margens do rio e adição da linha de talvegue, sendo necessário introduzir cotas para leito principal, para esse efeito, utilizando-se um estudo de Pinheiro e Cruz (2006).

O Perfil tipo utilizado tem a forma triangular e embora tenham sido utilizados 24 perfis para conseguir definir este troço com todo o rigor, apenas serão apresentados quatro, dos quais três são representativos da área de estudo e o quarto é o perfil que contém a condição de fronteira, considerada por Pinheiro e Cruz (2006), com um valor de amplitude de maré de 4,14 m (valor máximo de maré observado), que teve de ser imposto, localizado na foz do rio no estuário.

Na Figura 5.3 são apresentados os vários perfis transversais que foram necessários para a definição e estudo do projeto. A magenta, estão representados os quatro perfis que irão ser mostrados ao longo deste caso de estudo (Anexo II).

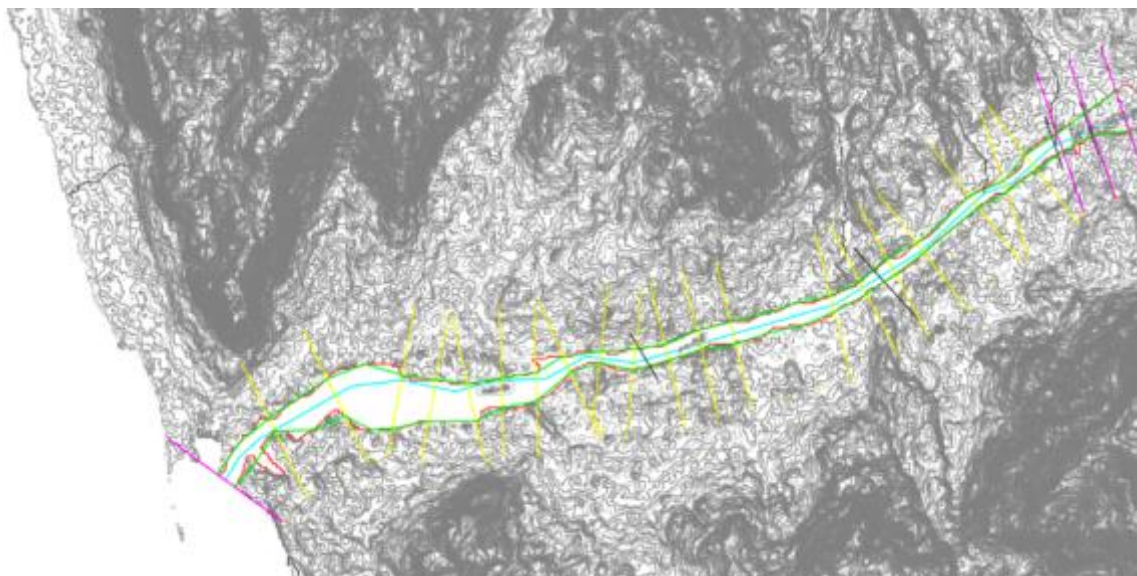


Figura 5.3 - Localização dos perfis transversais utilizados para o estudo.

Com o terreno e os perfis definidos foi necessário avançar para os caudais. Após a exportação do projeto para o **HEC-RAS**, foram introduzidos os caudais respetivos ao Estuário do Lima, uma vez que o troço em estudo se encontra a apenas 15 km deste local, pelo que se poderia ter considerado uma porção de caudais a aplicar ao caso de estudo, uma vez que o seu comprimento total é 108 km e corresponderia a 15 %, no entanto, optou-se por considerar os caudais totais. Na Tabela 5.1, retirada de APA e ARH Norte (2012 b), são apresentados os caudais de ponta de cheia para secções consideradas como notáveis pelo **RH1**.

Tabela 5.1 - Caudais de ponta de cheia em secções notáveis

Sub-bacia	Código da massa de água	Designação da massa de água	Caudal de ponta de cheia (m ³ /s)					
			T2	T5	T10	T20	T50	T100
Minho	01MIN0004	Rio Mouro	77	122	154	187	231	266
Minho	01MIN0021	Rio Coura	141	215	266	319	387	439
Minho	01MIN0023	Rio Seco	2 290	3 663	4 512	5 287	6 242	6 930
Costeiras entre o Minho e o Lima	01NOR0716	Ribeira de Gondar	42	68	88	109	137	160
Lima	01LIM0038	Rio Vez	142	216	267	320	388	440
Lima	01LIM0059	Estuário do Lima	1 323	1 953	2 370	2 770	3 288	3 676
Neiva e costeiras entre o Lima e o Neiva	01NOR0724	Estuário do Neiva	130	200	248	297	362	411

Introduzidos os caudais no HEC-RAS foi possível retirar os valores de cotas e velocidades apresentados nas tabelas (Tabela 5.2), bem como a obtenção dos respetivos perfis transversais (Figura 5.4). As restantes tabelas e perfis transversais encontram-se no Anexo II deste documento.

Tabela 5.2 – Resultados obtidos no HEC-RAS para o perfil 22 (fim da zona de estudo)

Estação do Rio	Perfil	Q Total	cota mínima do canal	cota da superfície de água	Velocidade
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)
22	2 anos	1323	-1,12	4,85	1,19
	5 anos	1953	-1,12	5,57	1,41
	10 anos	2370	-1,12	5,96	1,5
	20 anos	2770	-1,12	6,3	1,54
	50 anos	3288	-1,12	6,7	1,57
	100 anos	3676	-1,12	6,97	1,59

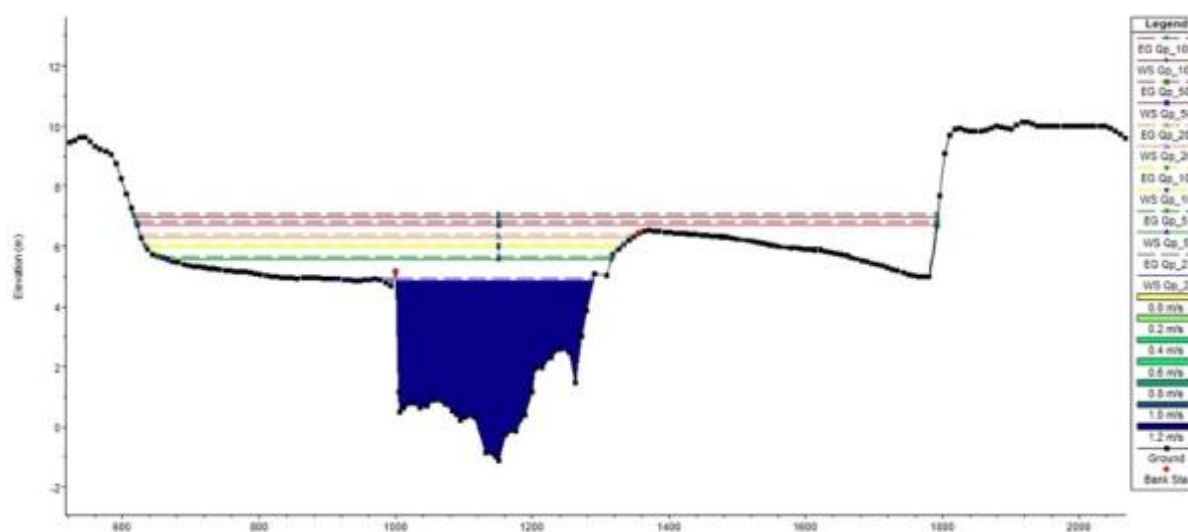


Figura 5.4 - Perfil transversal 22

Atendendo à Figura 5.4 - Perfil transversal 22 pode concluir-se que o leito principal do rio Lima suporta o caudal de 2 anos em ambas as margens, representado a azul. No entanto o mesmo não acontece com os caudais estimados para os Períodos de retorno mais elevados, restantes cores de acordo com a coluna de perfis da Tabela 5.2.

Através dos dados retirados do **HEC-RAS** apresentados, podemos verificar que as velocidades impostas pelo caudal do rio Lima não permitem que cause efeitos erosivos nas margens (valores inferiores a 1,6 m/s para um período de retorno de 100 anos). No entanto, este troço de rio está sujeito a outros dois fatores que deverão ser tomados em conta, o primeiro é a influência da maré que se faz sentir no troço em análise que irá provocar deterioração nos materiais que compõem as técnicas de engenharia natural, atendendo a um regime de marés semidiurno, as margens ficam emersas duas vezes por dia, que agravado pela salubridade das águas irá diminuir o período de vida das técnicas referidas. O segundo fator que se deve ter em atenção é o facto de este rio ser navegável. A ondulação gerada pelas embarcações também pode causar efeitos erosivos aquando do impacto com as margens do rio Lima.

5.2 UIMA

A Região em análise neste caso de estudo, com uma extensão de aproximadamente 1,9 quilómetros encontra-se compreendida entre a Rua do Rio Uima a montante e a ponte da Rua da Castanheira a jusante.

Este projeto surge em conformidade com os planos da Câmara Municipal de Santa Maria da Feira (**CMSMF**) e com a sua colaboração, com o intuito de se estabelecer proteção e valorização da margem esquerda do rio Uima na região de Fiães, de modo a preservar e manter toda a riqueza biológica conservando assim os valores paisagísticos desta zona.

A intervenção realizada foi orientada no sentido da sua conservação e valorização, através da manutenção e recuperação dos povoamentos florestais autóctones, de operações de manutenção, recuperação e estabilização das margens com base nas espécies arbustivas e arbóreas ripícolas e controlo da vegetação infestante. Acresce ainda intervenções de modo a minimizar poluição existe nas linhas de água das ribeiras do Uima provenientes de descargas de águas residuais visíveis na Figura 5.6.

5.2.1 Caracterização da Linha de Água

A bacia hidrográfica do Rio Uima apresenta uma área com cerca de 72 Km². De acordo com o INAG, 2008 o Rio Uima é classificado em Rios do Norte de Pequena Dimensão. Esta classificação permite aferir para cada tipo de curso de água uma homogeneidade de características geográficas e hidrológicas, determinantes das condições ecológicas. Segundo esta classificação o Rio Uima encontra-se em zonas com temperatura média anual baixa (12 a 13°C em média) e precipitação média anual relativamente elevada (1200 mm em média). Os cursos de água deste tipo encontram-se a baixas e médias altitudes (cerca 413 m em média), com escoamento médio anual que varia de 300 a 800 mm (distância interquartil). Quanto à litologia, o Rio Uima insere-se sobretudo em zonas de natureza siliciosa, apresentando baixa mineralização (INAG, 2008).

5.2.2 Enquadramento Biogeográfico

Do ponto de vista biogeográfico, a bacia do Uima pertence à Província Cantabro-Atlântica da Região Eurosiberiana, caracteriza-se por uma aridez nula ou muito ligeira, em que a precipitação estival compensa a evaporação evitando um esgotamento das reservas hídricas nos solos zonais Sector Galaico Português, apresentado na carta biogeográfica da Figura 3.22, Superdistrito Miniense Litoral cuja vegetação climática se supõe constituída por carvalhais mesotemperados e termotemperados dominados

por carvalho-alvarinho (*Quercus robur*) enquadrados na associação fitossociológica *Rusco aculeati-Quercetum roboris* (Costa *et al.* 1998). Os bosques ripícolas remanescentes, constituídos por amieais (*Alnus glutinosa*) e por salgueirais (*Arbóreos de Salix spp.*), formam galerias marginais ou bosquetes em áreas paludosas periodicamente inundadas.

5.2.3 Estudo Hidráulico

Atendendo à precipitação média anual elevada e à caracterização física deste pequeno rio, pode-se *a priori* estimar que as áreas de inundação irão comportar uma área superior à do rio. Através de alguns registos fotográficos, pode-se verificar alguns pontos de erosão nas margens do rio Uima.

O estudo realizado para este rio compreendeu apenas a extensão de cerca de 100 metros, onde estão localizadas as técnicas de engenharia, local designado pela Engenho e rio como laboratório de rios, que se pode observar na Figura 3.6.

O estudo realizado teve como base de cálculo hidráulico os dados de caudais de ponta de cheia do RH3 presentes na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Caudal de Ponta de cheia do Rio Uima (APA e ARHNorte, (2012))

Sub - Bacia	Código da massa de água	Designação da massa de água	Período de Retorno (anos)					
			2	5	10	20	50	100
Douro	03DOU0408	Rio Uima	65	94	113	132	155	173

Atendendo que a zona de estudo se localiza a 9,5 km da nascente, não foram contabilizados 100% dos caudais, mas sim 40%, equivalente à proporção relativa entre o troço estudado e o comprimento total do rio Uima, 25,2 km. Para simplificação dos cálculos admitiu-se um desenvolvimento constante da bacia hidrográfica para considerar estes valores corretos. Na Tabela 5.4 podem ser observados os valores dos caudais utilizados no estudo, valores correspondentes a 40% dos valores apresentados na Tabela 5.3.

Tabela 5.4 - Caudais de Ponta de cheia do Rio Uima (adaptado)

Sub - Bacia	Código da massa de água	Designação da massa de água	Período de Retorno (anos)					
			2	5	10	20	50	100
Douro	03Dou0408	Rio Uima	26	37,6	45,2	52,8	62	69,2

Após definir todos estes dados, foi necessário realizar uma saída de campo com o intuito de avaliar possíveis singularidades e conferir o estado de preservação do espaço intervencionado em meados de 2014.

CAPÍTULO 5

As imagens das Figura 5.5, Figura 5.6 e Figura 5.7 pretendem ilustrar um paralelismo entre o que existia antes da intervenção de 2014 e abril de 2017.



Figura 5.5 - Área de estudo rio Uima (Letra, 2017)



Figura 5.6 - Singularidades observadas 2014 (cedida por Teiga, Pedro) Vs. 2017



Figura 5.7 - Laboratório de rios antes, durante e depois da sua construção (cedida por Teiga, Pedro)

Como se pode observar na Figura 5.7 o rio Uima, na zona de estudo é um rio de porte reduzido. Face aos seus caudais, seria de esperar que não conseguisse comportar o volume de água que lhe aflui em ponta de cheia. Assim, a necessidade de análise deste caso de estudo não vem como medida de melhoria, dado que a obra já se encontra concluída, mas sim como apreciação e monitorização do que está a acontecer neste troço do rio.

Através do tratamento do levantamento topográfico Figura 5.8, cedido pela **CMSMF**, foi possível definir no Autocad Civil 3D o percurso do rio.

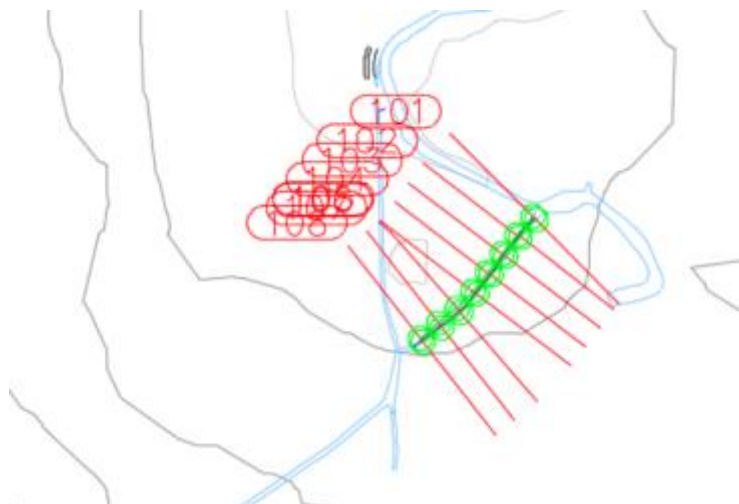


Figura 5.8 - Levantamento topográfico do Rio Uima (Adaptado de **CMSMF**)

De seguida o estudo foi exportado para o **HEC-RAS**, onde houve a preocupação no estabelecimento de cotas, tanto para as margens como para o talvegue, visto que na topografia gerada não foi possível obter curvas de nível. O perfil utilizado foi do tipo pentagonal como demonstra a Figura 5.9 com uma altura média de 1,5 metros e uma largura de 2 metros. Na margem esquerda, exibido a vermelho, estão localizadas as técnicas de engenharia natural ao longo dos 100 metros.

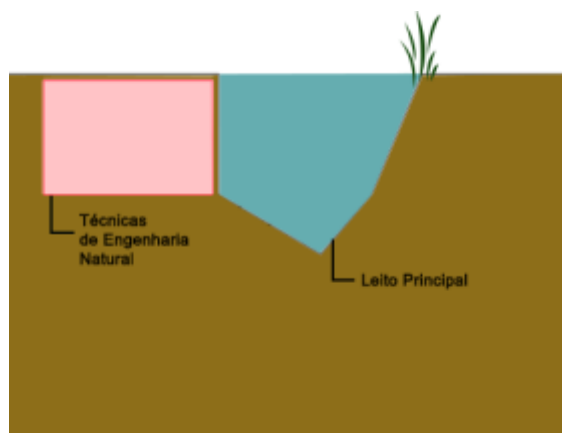


Figura 5.9 - Perfil tipo Rio Uima, laboratório de rios

Após finalização do estudo no **HEC-RAS** foi possível concluir o que se tinha previsto anteriormente. Em particular e mesmo para um caudal de ponta de cheia associado a um período de retorno de 2 anos, o leito principal do canal em estudo não tem capacidade para suportar o caudal de ponta de cheia que a elevada precipitação o pode sujeitar. Assim, torna-se necessário estudar outros fatores importantes para o estado de conservação tanto do troço como do espaço que o envolve. Note-se, contudo, que não há grande preocupação com o espaço que o envolve visto tratar-se do parque natural de Fiães criado com o objetivo de inundação e de alguns campos agrícolas.

Na Tabela 5.5 listam-se os resultados obtidos no estudo hidráulico do rio Uima para o perfil a jusante do canal.

Tabela 5.5 - Dados obtidos no HEC-RAS (Rio Uima)

Estação do Rio	Perfil	Q Total	cota mínima do canal	cota máxima do canal	cota da superfície de água	Velocidade
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)
108	2 anos	26	-1,71	-0,21	0,23	0,53
	5 anos	38	-1,71	-0,21	0,33	0,59
	10 anos	45	-1,71	-0,21	0,38	0,62
	20 anos	53	-1,71	-0,21	0,43	0,66
	50 anos	62	-1,71	-0,21	0,48	0,69
	100 anos	69	-1,71	-0,21	0,52	0,71

A Tabela 5.5 permite obter três conclusões importantes, destacando-se o facto do leito principal do canal não suportar os caudais que lhe são impostos. Podemos observar isso pela diferença de cotas, sendo que o solo se encontra à cota de -0,21 metros, e a cota da superfície de água se encontra 0,44 metros acima, mesmo para uma chuvada com período de retorno de 2 anos. A segunda observação permite confirmar a existência de segurança relativamente à primeira preocupação de conservação do canal. De acordo com a tabela, a velocidade máxima a que poderá estar sujeita é obtida para um caudal de uma chuvada com período de retorno de 100 anos. Sendo o seu valor de apenas 0,71 m/s, inferior às velocidades críticas “permitidas” pelas técnicas existentes neste laboratório de rios (Faxinas, Enrocamento vivo, Muro vivo, Gabião vivo, Grade viva, Estacaria). A terceira conclusão é relativa à segunda preocupação existente, e surge em resposta à primeira conclusão. Através da tabela podemos verificar que a altura máxima de água a que poderá estar sujeita é inferior a 0,75 metros. Estando localizado num vale, prevê-se que a área de inundação deste troço seja inferior a 6 km². Não é possível confirmar com certezas esta área devido à falta de uma boa base de trabalho, nomeadamente na obtenção de um levantamento topográfico mais detalhado.

Na Figura 5.10 apresenta-se o perfil transversal do ponto a jusante do canal com as devidas cotas, para os vários períodos de retorno considerados, tanto das linhas de energia (**EG**), como da a superfície livre de água (**WS**).

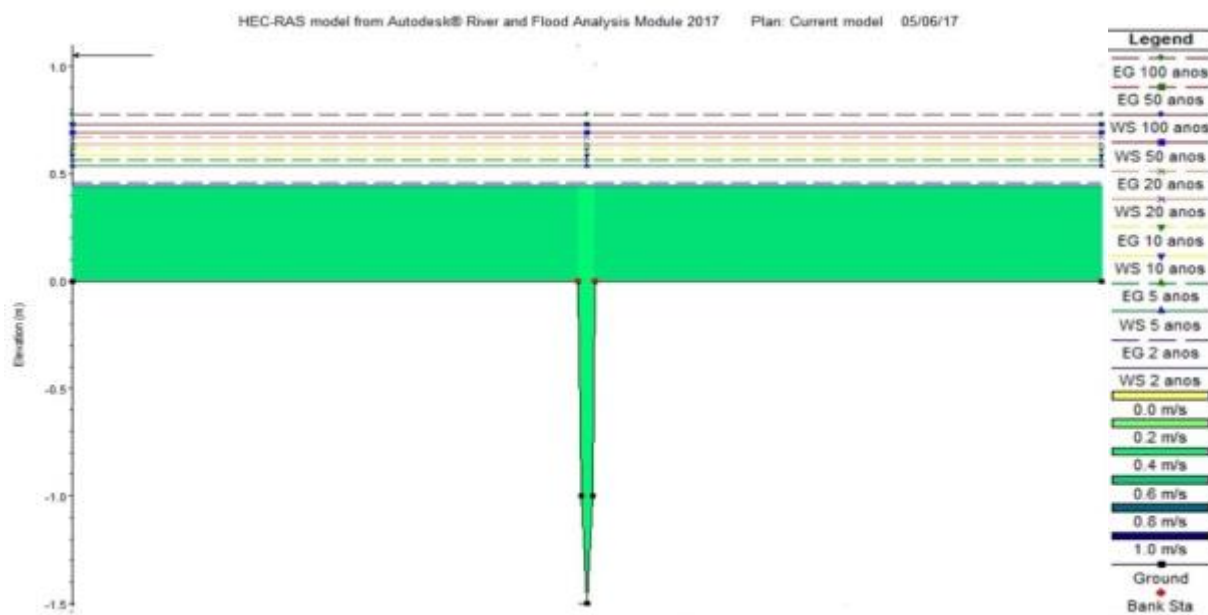


Figura 5.10 - Perfil longitudinal a jusante do canal (HEC-RAS)

No anexo III deste documento será apresentada uma tabela idêntica à Tabela 5.5 com os valores para os restantes perfis transversais presentes neste estudo.

5.3 LOURES

A Região em análise neste caso de estudo, com uma extensão de aproximadamente 1,15 quilómetros está compreendida entre a **EN 115** a montante e a autoestrada **A8**, a cerca de 4 km da foz do Rio de Loures no Rio Trancão.

Foram iniciadas algumas intervenções de manutenção da linha de água, nomeadamente operações de limpeza. No entanto, ainda não foram realizados outros trabalhos, como a possível necessidade de modelação de margens, assim como a utilização de algumas técnicas de engenharia natural para proteção das margens.

O projeto irá surgir em resposta e em colaboração com a Câmara Municipal de Loures (**CML**) com o intuito de se estabelecer a proteção e valorização de ambas as margens do Rio de Loures na região referida acima, de modo a preservar e manter toda uma riqueza biológica conservando os valores paisagísticos desta zona.

5.3.1 Caracterização da Linha de Água

A bacia hidrográfica do Rio de Loures, uma sub-bacia do Rio Trancão, apresenta uma área de 153,5 km². Enquadrada na área metropolitana norte de Lisboa e na região hidrográfica do Rio Tejo (**RHS – Tejo**), de acordo com INAG, (2008), o Rio de Loures é classificado em Depósitos Sedimentares do Tejo e Sado. Esta classificação permite aferir para cada tipo de curso de água uma homogeneidade de características geográficas e hidrológicas, determinantes das condições ecológicas. Segundo esta classificação o Rio de Loures encontra-se em zonas com temperatura média anual elevada (16°C em média) e precipitação média anual relativamente baixa (730 mm em média). Os cursos de água deste tipo encontram-se a baixas altitudes (cerca 54 m em média), com escoamento médio anual que varia de 100 a 200 mm (distância interquartil). Quanto à litologia, o Rio de Loures, insere-se numa zona de natureza mista, com formações calcárias a norte do Tejo, siliciosas a sul do Tejo e orgânicas na região do Rio Maior (INAG, 2008).

A sub-bacia do Rio de Loures representa 52,4% da bacia do Rio Trancão e encontra-se repartida por seis concelhos (Figura 5.11) a maior parte - 85,6 km² (55,7%) - está incluída no concelho de Loures, 25,7 km² no concelho de Odivelas, e a restante nos concelhos de Amadora, Lisboa, Odivelas e Sintra.

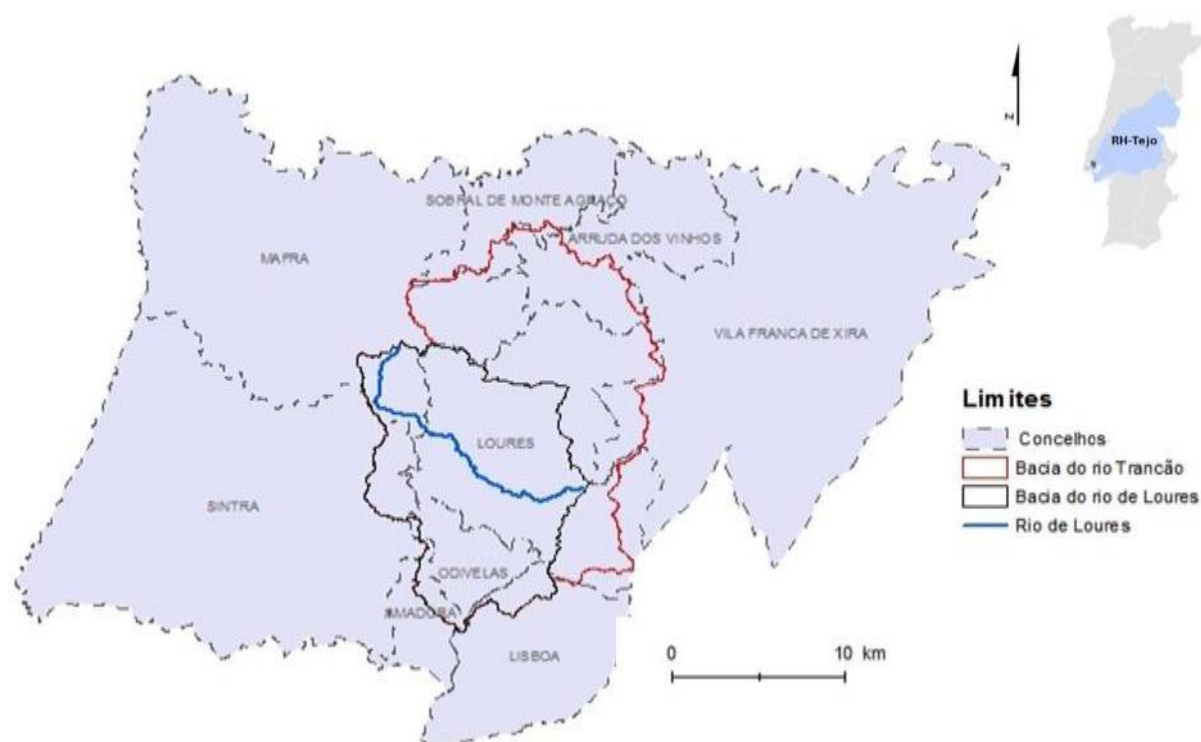


Figura 5.11 - Localização Rio Loures (Lúcio, 2014)

5.3.2 Enquadramento Biogeográfico

Localizado na província gaditano-onubo-algarviense da região mediterrânica, “O território a norte da parte terminal do vale do Tejo engloba os concelhos administrativos de Lisboa, Oeiras, Cascais, Amadora, **Loures**, Mafra, parte de Vila Franca de Xira e Sintra, genericamente conhecido por região saloia, constitui o **Superdistrito Olissiponense**.” (Costa et al. 1998)

Segundo Costa et al., 1998, trata-se de uma área de grande diversidade geológica com relevo ondulado com pequenas colinas que não ultrapassam os 400 metros de altitude. As séries de vegetação predominantes nesta região são os carvalhais de carvalho cerquinho (*Arisaro-Quercetum broteroi*) e os sobreirais (*Asparago aphylli-Quercetum suberis*). São endémicas desta região as orlas de loureiro de carácter *paleo-temperado* *Vinco difformis-Lauretum nobilis*, as clareiras de bosque *Leucanthemo sylvaticae-Cheirolophetum sempervirentis* e o silvado *Lonicero hispanicae-Rubetum ulmifoliae prunetosum insititoidis*, os tojais *Salvio sclareoidis-Ulicetum densi ulicetosum densi* e *daphno maritimi-Ulicetum congesti*. Destaca-se como endemismos herbáceo ripícolas deste Superdistrito a escrofulariácea (*Scrophularia peregrina*) e a boruginacea (*Omphalodes Kuzinskyanae*).

5.3.3 Estudo Hidráulico

Desde o início da década tem havido uma preocupação, tanto pela parte da CML como da comunidade de agricultores de Loures, na preservação do bom estado do Rio de Loures. Neste período de tempo têm-se efetuado algumas intervenções de limpeza do leito principal do rio.

Após tratamento de dados, foi possível estabelecer uma boa base para a superfície do terreno envolvente do caso de estudo, sendo a Figura 5.12 representativa dessa base para início do estudo hidráulico.



Figura 5.12 - Topografia do rio de Loures. (Adaptado de CML)

Seguidamente foi necessário proceder ao estudo dos caudais. Neste caso de estudo optou-se por proceder aos cálculos através das fórmulas apresentadas no Capítulo 4 - Modelação Hidráulica Fluvial, que se adaptavam a este estudo

A Tabela 5.6. apresenta alguns dados característicos da bacia hidrográfica do Rio de Loures.

Tabela 5.6 - Dados relativos à bacia do Rio de Loures

Área	153,5	km ²
Comprimento da linha de água	16,436	km
Altura na nascente	185	m
Altura na foz	4	m
Inclinação	0,01101	

Seguidamente procedeu-se ao cálculo do tempo de concentração da bacia hidrográfica do Rio de Loures. Na Tabela 5.7 são apresentados os resultados obtidos pelas fórmulas de Kirpich (1940), Giandotti (1953) e Temez (1978).

Tabela 5.7 - Tempos de concentração calculados (horas)

t_c Kirpich	3,248	horas
t_c Giandotti	3,702	horas
t_c Temez	5,932	horas

Após o cálculo do t_c optou-se por usar como medida de segurança o t_c calculado através da fórmula de Temez (1978). Dando continuidade ao estudo procedeu-se à seleção do posto udográfico mais próximo do Rio de Loures. Na Tabela 5.8 são apresentados os valores dos parâmetros “a” e “b” das curvas **IDF** para o posto udográfico de São Julião do Tojal.

Tabela 5.8 - Valores das curvas IDF para São Julião do Tojal

Parâmetros		Tempo de retorno					
		2	5	10	20	50	100
a		381	812,46	1122,7	1430,3	1837,5	2147,2
b		-0,705	-0,753	-0,77	-0,781	-0,792	-0,797

Na Tabela 5.9 são expostos os valores da intensidade de precipitação para os diferentes períodos de retorno.

Tabela 5.9 - Valores das intensidades de precipitação calculados (mm/h)

I (2 anos) =	6,06	mm/h
I (5 anos) =	9,74	mm/h
I (10 anos) =	12,2	mm/h
I (20 anos) =	14,5	mm/h
I (50 anos) =	17,5	mm/h
I (100 anos) =	19,9	mm/h

Por fim, os valores dos caudais de ponta de cheia foram calculados, podendo ser consultados na Tabela 5.10. É importante salientar, que os caudais foram calculados pela fórmula racional.

Tabela 5.10 - Caudais de ponta de cheia calculados através da fórmula racional

Q_p (2 anos)	= 53,8	m^3/s
Q_p (5 anos)	= 86,5	m^3/s
Q_p (10 anos)	108	m^3/s
Q_p (20 anos)	129	m^3/s
Q_p (50 anos)	156	m^3/s
Q_p (100 anos)	176	m^3/s

Importante salientar que a bacia do rio de Loures ocupa aproximadamente 55% da bacia do rio Trancão, com 153 km² dos seus 279 km² e embora os valores dos caudais de ponta de cheia obtidos pela fórmula racional, apresentados na Tabela 5.10 sejam baixos comparativamente com os do rio Trancão, presentes em APA e ARH Tejo (2012) apresentados na Tabela 5.11, serão considerados como válidos para o restante processo de modelação.

Tabela 5.11 - Caudais de ponta de cheia obtidos por aplicação de modelação em sub-bacias não regularizadas (APA e ARH Tejo (2012))

Sub-bacia	Secções de referência	Caudais de ponta de cheia (m^3/s)			
		T=5 anos	T=20 anos	T=50 anos	T=100 anos
Rio Erges	Rio Erges	301	468	578	663
Ribeira de Aravil	Ribeira de Aravil	240	372	459	526
Rio Zêzere	Agroal (EH)	297	444	542	616
	Fábrica da Matrena (EH)	476	699	844	954
Rio Almonda	Rio Almonda	144	220	269	306
	Ponte Nova (EH)	115	176	216	245
Rio Alviela	Rio Alviela	375	550	663	748
	Ponte Ribeira de Pernes (EH)	131	195	236	266
Rio Maior	Rio Maior	413	625	764	870
Rio Alenquer	Rio Alenquer	209	341	429	496
	Ponte de Barnabé (EH)	68	123	161	190
Rio Grande da Pipa	Rio Grande da Pipa	134	211	262	299
Rio Trancão	Rio Trancão	261	418	521	598
	Ponte Pinhal (EH)	84	143	182	212
Ribeira de Nisa	Ribeira de Nisa	116	184	230	266
Vale de Alpiarça e Ribeira de Ulme	Vale de Alpiarça e Ribeira de Ulme	214	326	398	453
Ribeira de Muge	Ribeira de Muge	187	318	408	478
Rio Sorraia	Monforte (EH)	118	188	234	269

Com os caudais já calculados pôde-se passar para o estudo através do **HEC-RAS**. Na Figura 5.13 está visível um comando de visualização de criação de mapas de inundação através do **HEC-RAS**.

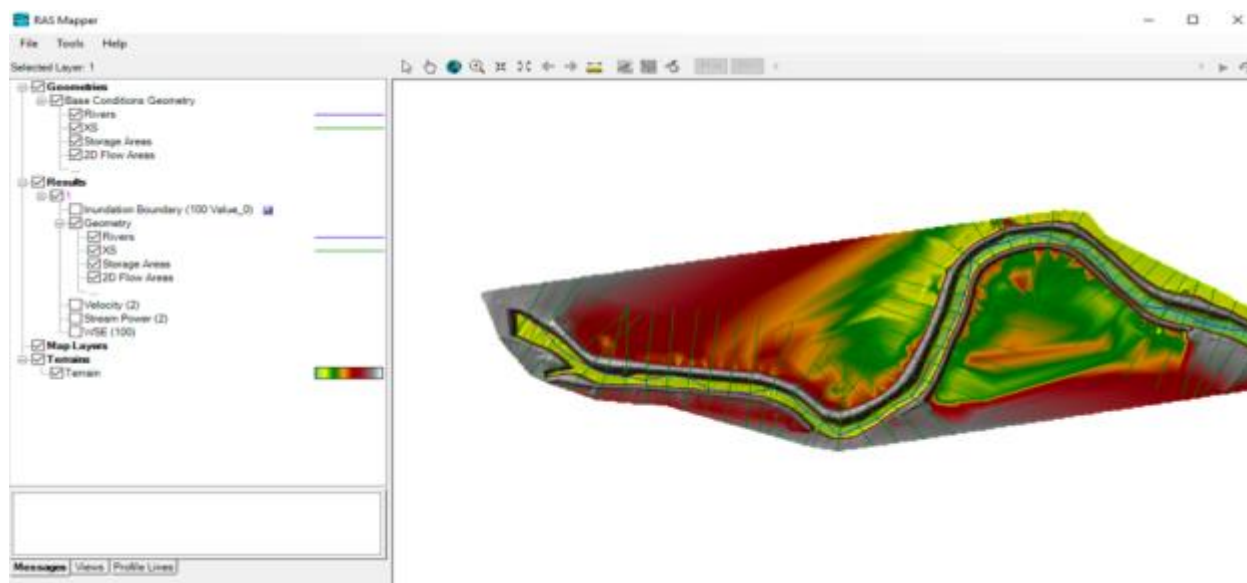


Figura 5.13 - Vista superior da superfície gerada no **HEC-RAS** para o Rio de Loures

O perfil tipo deste rio tem uma forma trapezoidal e possui duas motas bem definidas ao longo das suas margens. Assinala-se um contrassenso na sua fisionomia visto que a mota do lado esquerdo, que protege campos agrícolas, é mais alta que a mota direita, que protege a área urbana da cidade de Loures. Com este estudo, pretendeu-se verificar se a altura das motas é suficiente para assegurar a segurança contra a inundação de ambas as margens do rio.

A Figura 5.14 apresenta o último perfil deste estudo, onde podem ser retiradas algumas conclusões. A primeira é a de que não foi inundada a margem esquerda do Rio de Loures. A segunda é que as velocidades de escoamento do caudal são relativamente baixas, rondam 1m/s. As áreas a sombreado na figura são representativas das “ineffective flow areas”.

Atendendo ao facto de o **HEC-RAS** calcular as áreas de caudal como o espaço compreendido entre a linha de superfície livre de água e o solo, torna-se necessário, por vezes, estabelecer áreas que não devem contribuir para o cálculo das áreas de caudal. Estas áreas podem ser divididas em duas categorias, permanentes, quando se considera que é impossível a entrada de água nesses espaços, ou como neste caso de estudo, áreas provisórias. Na margem direita, a partir de um período de retorno de 50 anos, a área sombreada a verde irá ser considerada como área ocupada por água, visto que a linha de superfície de água está a uma cota superior à cota da mota.

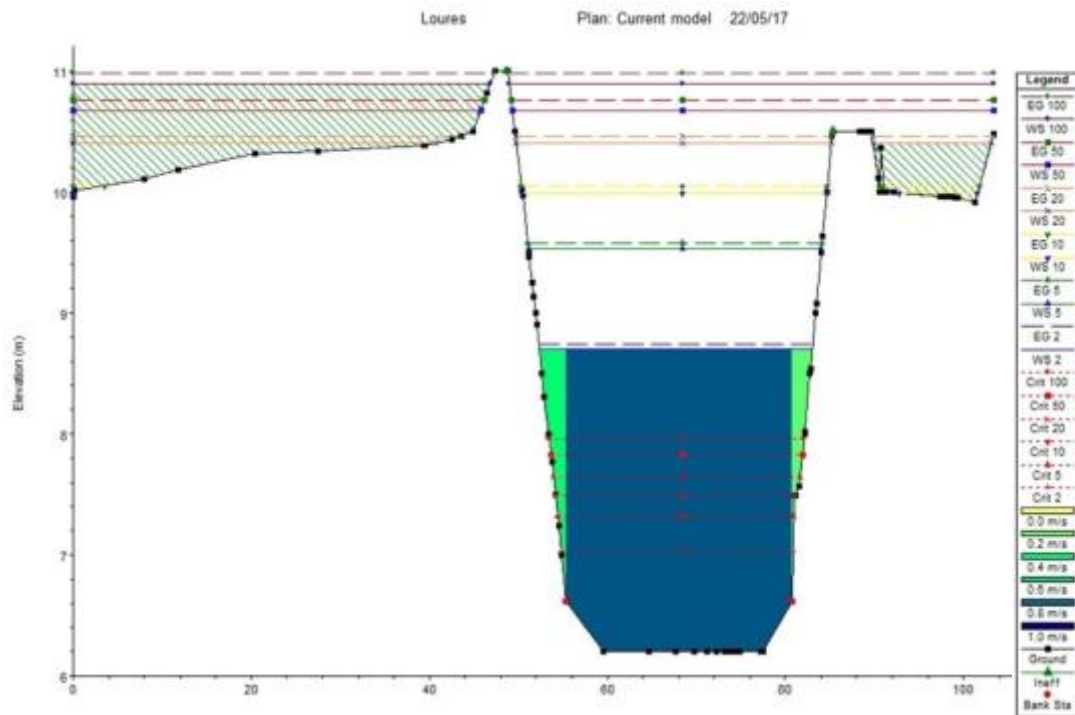


Figura 5.14 - Perfil a jusante da área de estudo

A Tabela 5.12 - Valores relativos ao Perfil a jusante da área de estudo serve como base de confirmação das conclusões retiradas anteriormente.

Tabela 5.12 - Valores relativos ao Perfil a jusante da área de estudo

Estação do Rio	Perfil	Q Total	cota mínima do canal	cota da superfície de água	Velocidade
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)
48	2	53.00	6.20	8.70	0.83
	5	86.00	6.20	9.53	1.00
	10	108.00	6.20	10.00	1.09
	20	129.00	6.20	10.40	1.16
	50	155.00	6.20	10.68	1.29
	100	176.00	6.20	10.89	1.38

Como conclusão deste estudo, geraram-se os mapas de inundação em Autocad Civil 3D, apresentados nas Figura 5.15 e Figura 5.16.

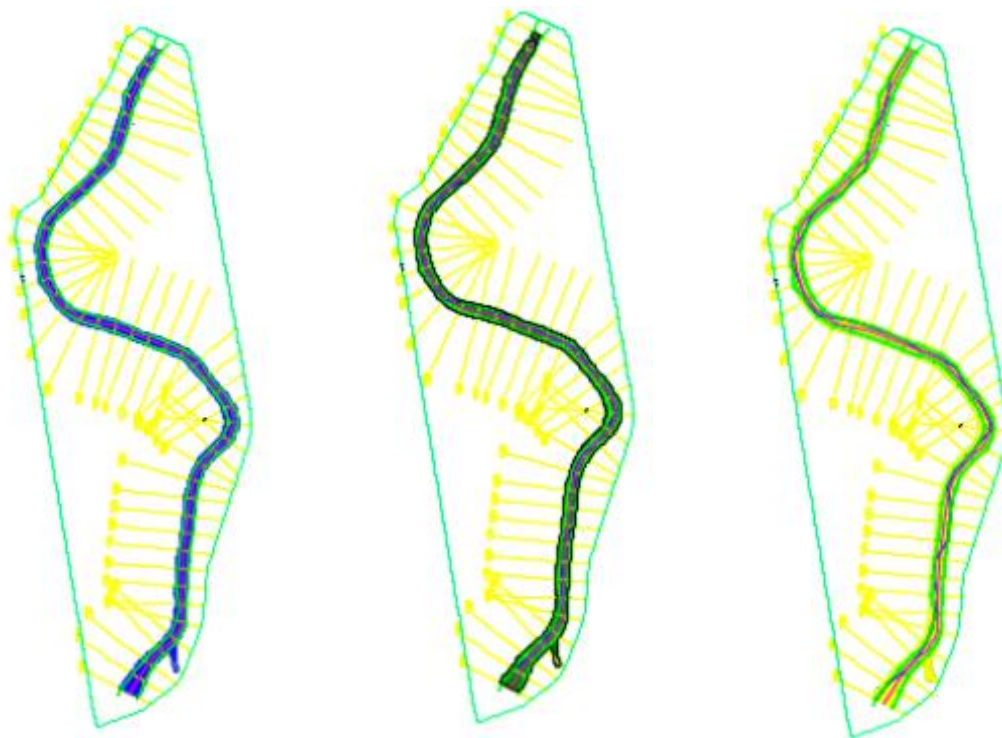


Figura 5.15 - Mapas de inundação para os tempos de retorno de 2, 5 e 10 anos.

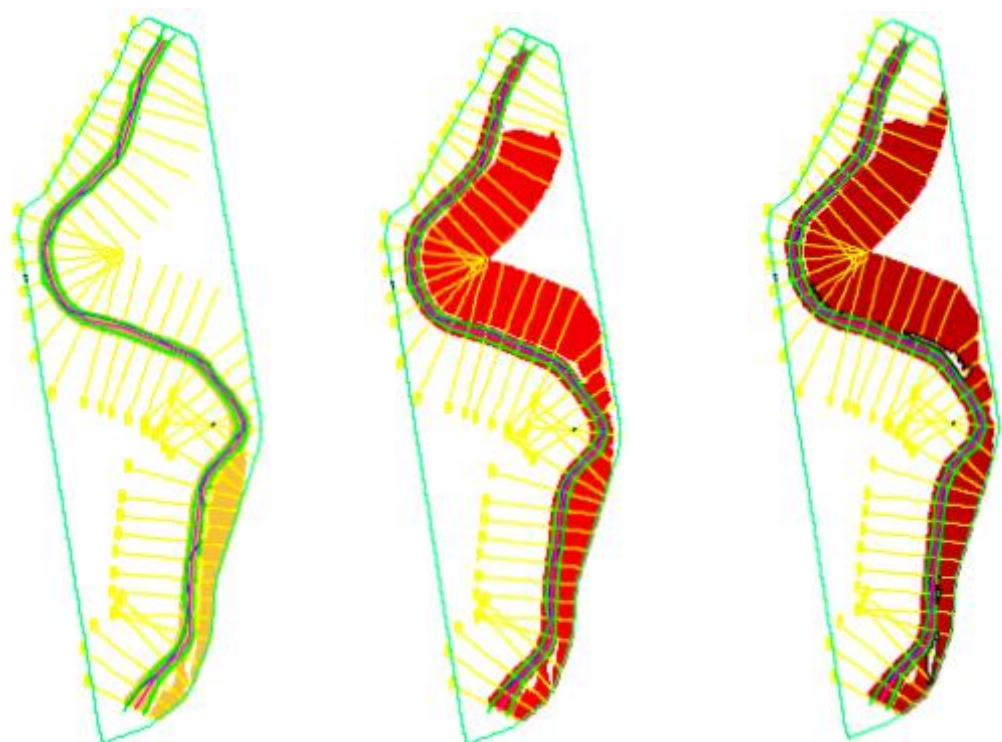


Figura 5.16 - Mapas de inundação para os tempos de retorno de 20, 50 e 100 anos.

Por observação dos mapas de inundação apresentados anteriormente, pode confirmar-se que apenas ocorre inundação das margens direita do Rio de Loures e somente para os períodos de retorno de 20, 50

e 100 anos. Como solução para minimização dos danos causados por estas inundações, pode-se elevar a altura da mota da margem direita em algumas zonas com um acréscimo máximo de 50 cm, de modo a minimizar cheias que ocorram para um período de retorno de 20 anos. Outra medida é proceder à limpeza do canal, que contém muitas plantas invasoras denominadas “canas”. A Figura 5.17 mostra o antes e depois das operações de limpeza do leito principal do Rio de Loures.



Figura 5.17 - Operação de limpeza de "canas" ao longo do Rio de Loures (cedida por Teiga, Pedro).

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como é do conhecimento geral, as cheias são grandes catástrofes e podem ser causadoras de danos materiais e até mesmo pôr a vida dos seres humanos em risco.

A **LA** e a **DI** foram dois documentos legislativos importantes para a definição de alguns critérios de gestão das águas superficiais, de modo a evitar a degradação de ecossistemas, mitigando os efeitos das inundações e das secas.

Tendo terminado há aproximadamente dois anos o período de avaliação dos primeiros **PGRH**, torna-se necessário que sejam emitidas medidas corretivas dos mesmos para que se possam aplicar, em conformidade com as melhores práticas.

6.1 CONCLUSÕES

Com a realização deste estágio houve necessidade de assimilar novos conceitos desta temática e de adaptação a uma equipa de trabalho multidisciplinar. A aprendizagem de alguns programas, até então desconhecidos, a aplicação de conceitos que tinham sido interiorizados, no entanto, em perspetivas diferentes, a aquisição de novos conceitos e uma revolução da “engenharia civil” clássica em detrimento de uma engenharia natural, veio ajudar bastante a compreender muitos procedimentos e condutas que tiveram de ser respeitadas para realização dos trabalhos. O facto de este estágio ter sido realizado numa equipa multidisciplinar enriqueceu os conhecimentos e refletiu-se na forma de abordagem aos diferentes casos de estudo.

Relativamente ao tema deste estágio, conclui-se que existe muito trabalho por ser feito para que se consiga ter uma boa base de trabalho à escala nacional. Foram apresentados três casos de estudo com diferenças assinaláveis entre si.

No caso Lanheses, onde foi apresentado um troço do rio Lima, houve alguns condicionantes que foram tomados em conta. O facto de se tratar de um rio navegável e de se localizar numa região muito próxima

do estuário agrava a possibilidade de erosão, que provocou um recuo médio das margens elevado. Com a realização deste projeto pôde-se contribuir positivamente para o melhoramento de ecossistemas com a implementação combinada de técnicas de engenharia naturais e modelação das margens, como medida preventiva à erosão até então observada.

Com o estudo foi possível confirmar velocidades de escoamento com valores inferiores a 1,6 m/s para um período de retorno de 100 anos, assegurando a segurança das técnicas de engenharia natural. Concluiu-se que o leito principal do rio Lima comporta o caudal de 2 anos, período a partir do qual começa a ser inundado o primeiro leito de cheia. No entanto o mesmo não acontece com os caudais estimados para os Períodos de retorno mais elevados.

Torna-se necessário realçar que este troço de rio está sujeito a outros dois fatores que deverão ser tomados em conta na sua análise, nomeadamente a influência da maré que se faz sentir na região, provocando deterioração nos materiais que compõem as técnicas de engenharia natural, devido a um regime de marés semidiurno agravado pela salubridade das águas. O segundo fator que se deve ter em atenção é o facto de este rio ser navegável. A ondulação gerada pelas embarcações também poderá causar efeitos erosivos aquando do impacto com as técnicas de engenharia natural expostas nas margens do rio Lima.

Analisou-se o caso do rio Uima, um rio de pequena dimensão, com baixa capacidade de encaixe de caudal e com vários problemas de poluição causados por descargas ilegais contínuas. Com este projeto pôde-se definir zonas de controlo de inundação, contribuindo para a valorização do Parque das Ribeiras do rio, assim como contribuir para a monitorização das descargas ilegais referidas anteriormente.

Após finalização do estudo foi possível concluir que o leito principal do canal em estudo não tem capacidade para suportar um caudal de ponta de cheia associado a um período de retorno de 2 anos. O estudo permitiu estabelecer valores de velocidade máxima a que poderá estar sujeito o leito, obtida para um caudal de uma chuvada com período de retorno de 100 anos. Atinge-se um valor de apenas 0,71 m/s, inferior às velocidades críticas “permitidas” pelas técnicas existentes neste laboratório de rios (Faxinas, Enrocamento vivo, Muro vivo, Gabião vivo, Grade viva, Estacaria). Por último estima-se que a altura máxima de água a que poderá estar sujeita, a área envolvente, seja inferior a 0,75 metros. Estando localizado num vale, admite-se confiança no valor estabelecido para a área de inundação. Note-se, contudo, que não há uma preocupação relativamente ao espaço que envolve a região de estudo, visto tratar-se do parque natural de Fiães, criado com o objetivo de inundação, de alguns campos agrícolas.

Por fim o caso do rio Loures, um rio localizado em plena zona urbana, com uma forte área de impermeabilização e com uma obstrução elevada do canal. Com a realização deste estudo pôde-se verificar que as operações de limpeza deste rio podem contribuir positivamente para o escoamento do caudal de ponta de cheia. No entanto, a vegetação invasora teria de ser substituída por outra, autóctone,

para que impossibilitasse o seu desenvolvimento. É de salientar que o estudo foi executado para um canal “limpo”, isto é, sem obstrução causada pela vegetação invasora referida.

De acordo com o estudo, pôde-se retirar algumas conclusões relativamente à preservação do rio e da sua envolvente. De acordo com os mapas de inundação gerados, estima-se que a margem esquerda do Rio de Loures não sofre inundação, devido à altura, mais elevada, da mota. Os mapas de inundação permitiram também confirmar que apenas ocorre inundação das margens direita do Rio de Loures para os períodos de retorno de 20, 50 e 100 anos. Como solução para minimização dos danos causados por estas inundações, propõe-se a elevação da altura da mota da margem direita em pequenas regiões, com um acréscimo máximo de 50 cm, de modo a minimizar cheias que ocorram para um período de retorno de 20 anos.

Relativamente às velocidades de escoamento do caudal, por observação das tabelas apresentadas no documento e no anexo IV, foi possível verificar que são relativamente baixas, rondando 1 m/s, valor que deverá ser inferior às velocidades críticas “permitidas” pelas técnicas de engenharia natural que se poderão vir a introduzir neste troço do rio de Loures.

6.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Para o futuro, sugere-se a realização de um trabalho que venha servir de base de dados e referência para analisar a eficiência das técnicas de proteção de margens.

Para tornar mais eficientes trabalhos futuros, recomenda-se a criação de mais estações para obtenção de dados de precipitação, tornando possível cobrir a área nacional com rigor, assim como a obtenção de levantamentos topográficos, de rios e zonas ribeirinhas, mais atualizados e gratuitos para quem esteja a desenvolver estudos, de modo a contribuir com o melhoramento dos rios e ecossistemas.

Estes dados de base ajudarão certamente na produção de resultados de modelação mais precisos.

Este relatório deve ser entendido como um modelo que indica as primeiras bases para a avaliação de zonas de inundação de rios e ribeiras. Seria interessante, de futuro, analisar a eficiência de técnicas de engenharia natural como medidas de proteção de margens e a sua resposta em situações de cheia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APA and ARHNorte. 2012a. "Relatório de Base - Parte 2 (Caracterização E Diagnóstico Da Região Hidrográfica)." *Plano de Gestão Da Região Hidrográfica Do Douro - RH3*.
- APA and ARHNorte. 2012b. "Relatório de Base - Parte 2 (Caracterização E Diagnóstico Da Região Hidrográfica)." *Plano de Gestão Da Região Hidrográfica Do Minho/Lima - RH1*.
- APA and ARHTejo. 2012. "Plano de Gestão Da Região Hidrográfica Do Tejo. Parte 2 - CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA." RH5.
- Brunner, Gary w. and CEIWR-HEC. 2010. "HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual, Version 4.1." *US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, Davis CA* (January):1–790.
- Cardoso, Sara Machado Rodrigues. 2014. "Avaliação de Projetos de Intervenção Em Sistemas Fluviais." Faculdade de Engenharia da universidade do Porto.
- Chow, V. T. 1964. "Handbook of Applied Hydrology." McGraw-Hill, New York.
- Cortes, Rui M. V and Daniel Oliveira. 2004. "REQUALIFICAÇÃO E PROTECÇÃO DE CURSOS DE ÁGUA." Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Costa, José Carlos, Carlos Aguiar, Jorge Henrique Capelo, Mário Lousã, and Carlos Neto. 1998. "Quercetea Vol. 0." *Quercetea*.
- EAGM. 2013. "Imagem de Blocos Pré-Fabricados." Retirado em Abril, 2017 (www.eagm.eu).
- EPGA, Representações Lda. 2013. "Imagem de Colchão Reno Gabião Saco." Retirado em Abril, 2017 (www.epga-representacoes.pt).
- Escameira, Manuela. 1998. "River and Channel Revetments – A Design Manual." Thomas Telford Ltd, London.
- Fernandes, João Paulo and Aldo Renato Mendes de Freitas. 2011. *Introdução À Engenharia Natural*. EPal-Emp.
- Field, lining services. 2015. "Imagem de Geotextil." Retirado em Abril, 2017 (<http://fieldliningservices.com/>).


- Giandotti, M. 1953. "Considerazioni Idrologiche Sulle Del Po. Com Speciale Riguardo Alla Piene Del Novembre 1951." *Giornale de Genio Civile*, Roma, nº 9.
- Gumbel, E. J. 1967. "The Distribution of The Range." Brooklyn College, New York.
- INAG, I. P. 2008. "TIPOLOGIA DE RIOS EM PORTUGAL CONTINENTAL NO ÂMBITO DA IMPLEMENTAÇÃO DA DIRECTIVA QUADRO DA ÁGUA. I - Caracterização Abiótica." *Ministério Do Ambiente, Do Ordenamento Do Território E Do Desenvolvimento Regional, Instituto Da Água, I.P.* 39.
- Kirpich, Z. P. 1940. *Time of Concentration of Small Agricultural Watersheds*. *Civ. Eng.*, vol.10, no.6, p.362.
- Lemos, Manuel. 2008. "Regularização E Protecção Continua de Cursos de Água." Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Lencastre, Armando and F. M. Franco. 1992. "Lições de Hidrologia." 2ª Edição revista. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, Portugal.
- Letra, José Pedro Ferreira. 2017. *Fotografias Tiradas Por José Letra*.
- Lima, Maria Luísa Pedroso de and João Howell Pato. 2006. *A Participação Pública No Domínio Da Água Questões Sociais 1º Relatório de Suporte Aos Trabalhos Do Workshop*.
- Loureiro, J. M. 1984. "Expressão Para O Cálculo Do Caudal Máximo de Cheia Em Cursos de Água de Portugal." *Revista Recursos Hídricos*, vol. Nº5, nº1.
- Loureiro, J. M. and L. C. Costa. 1980. "Caudal Máximo de Cheia - Cursos de Água a Sul Do Tejo." *Revista Recursos Hídricos*, vol. 1, nº 1.
- Loureiro, J. M. and M. S. Pinto. 1980. "Expressão Para O Cálculo Do Caudal Máximo de Cheia Nas Regiões a Norte Da Bacia Do Rio Tejo." DGRAH, Lisboa.
- Lúcio, Cláudia. 2014. "Análise Do Comportamento Hidrológico Da Bacia Hidrográfica Do Rio de Loures E Modelação Da Sua Susceptibilidade a Cheias." UNIVERSIDADE DE LISBOA.
- Maia, Rodrigo, António Pinto, Diana Fernandes, Pedro Teiga, and Nuno Bravo. 2015. "METODOLOGIA PARA DEFINIÇÃO DE UM PLANO DE REABILITAÇÃO FLUVIAL À ESCALA DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA Aplicação À Bacia Hidrográfica Do Rio Mondego , Portugal." Pp. 1–11 in *12º SILUSBA - Gestão da Água e do Território: Perspetivando Sinergias*.
- Martins, Francisco José Paulos. 2000. "Dimensionamento Hidrológico E Hidráulico de Passagens Inferiores Rodoviárias Para Águas Pluviais." Universidade de Coimbra Faculdade de Ciências e Tecnologia.

- Matos, M. R. and M. H. Silva. 1986. "Estudos de Precipitação Com Aplicação No Projeto de Sistemas de Drenagem Pluvial." Informação Técnica, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal.
- Naresi Júnior, Luiz Antonio. 2010. "Corte Transversal Esquemático de Uma Proteção Com Gabiões." Retrieved April 7, 2017 (<https://sites.google.com/site/naresi1968/naresi/>).
- Pinheiro, João and Pedro Cruz. 2006. "Mapeamento Das Zonas Inundáveis Em Situação de Cheia Nas Margens Do Rio Lima Em Viana Do Castelo." Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Sgborracha. 2008. "Imagem de Geotextil." Retirado em April, 2017 (<http://sgborracha.com.br/>).
- snirh.apambiente. 2017. "Taxa de Precipitação Média Em Portugal." Retirado em Maio, 2017 (snirh.apambiente.pt).
- Soil Conservation Service. 1973. "A Method for Estimating Volume and Rate of Runoff in Small Watersheds." U. S. Department of Agriculture, Washington.
- Teiga, Pedro Miguel. 2011. "Avaliação E Mitigação de Impactes Em Reabilitação de Rios E Ribeiras Em Zonas Edificadas: Uma Abordagem Participativa." Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Retrieved (<https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/61206>).
- Teiga, Pedro Miguel. 2014. "Manual de Boas Práticas - Reabilitação de Rios." Município de Santa Maria da Feira.
- Temez, J. R. 1978. "Calculo Hidrometeorologico de Caudales Macimos En Pequeñas Cuencas Naturales." Ministerio de Obras Publicas y Urbanismo. Direccion Geral de Carreteras, Madrid.
- TriLockBlock. 2014. "Imagem de Blocos Soltos." Retirado em April, 2017 (<http://www.trilockblock.com/>).

ANEXO I – IRR

Nome do rio/ribeira: _____	Bacia hidrográfica: _____
Concelho: _____	Freguesia: _____
Nome: _____	Idade: _____
Profissão: _____	

Local A: _____ hora: ____:____ Data: ____/____/20____
 Local B: _____ hora: ____:____ Local C: _____ hora: ____:____

Observações:	A		B		C	
	Esq	Drt	Esq.	D	E.q	D.
1. Características de rio/ribeira						
Tipo de vale						
						1
Perfil de margens						
1 Vertical escavado ; 2 Vertical cortado ; 3 Declive >45% ; 4 Declive <45% ; 5 Suave Composto ; 6 artificial 					2	4
Volume de água						
Largura da superfície da água "L" (m)						3
Profundidade média "P" (m)						1
Secção S=(P x L) (m ²)						3
Velocidade média "V" ? (m/?s)						0,25
Caudal C=(V x S) (m ³ /s):						0,75
Substrato margens						
1 Solo argiloso; 2 Arenoso; 3 Pedregoso; 4 Rochoso; 5 Artificial pedra; 6 Artificial betão.					2;5	2;5
Estado geral da linha de água:						
I. Canal sem alterações, estado natural; II. Canal ligeiramente perturbado; III. Início de uma importante alteração do canal; IV. Grande alteração do canal; V. Canal completamente alterado (canalizado, regularizado)					I	V
A margem do rio (< 10m) tem:						
1. Monstros domésticos;2. Entulhos; 3. Lixos de pequena dimensão;4. Sacos de plástico; 5.Latas ou material ferroso; 6. Outros: _____					3	2;3;5
2. Qualidade da água						
Parâmetros físico-químicos						
pH						6
Condutividade						20
Temperatura						15°C
O ₂ mg/L / O ₂ %	/		/			0.2/0.5
Nitratos/Nitritos	/		/			10/0.5
Transparência (I-IV)						IV
Indícios na água						
1. Óleo (reflexos multicolores); 2. Espuma; 3. Esgotos; 4. Impurezas e lixos orgânicos;5. Sacos de plástico e embalagens;6. Latas ou material ferroso;7. Outros: _____						2;3;6
A cor da água						
1 Transparente; 2 Leitosa; 3 Castanha; 4 Verde-escura; 5 Laranja; 6 Cinzenta; 7 Outra cor: _____						4
O odor (cheiro) da água						
1 Não tem odor; 2 Cheiro a fresco; 3 Cheiro a peixe; 4 Cheiro a esgoto; 5 Cheiro químico (cloro); 6 Cheiro podre (ovos podres); 7 Outro odor: _____						6

3. Intervenções presentes	A	B	C
Intervenções			
1. Edifícios; 2. Pontes; 3. Limpezas das margens; 4. Estabilização de margens; 5. Barragem; 6. Diques; 7. Rio canalizado; 8. Esporões; 9. Paredões; 10. Técnicas de Engenharia Natural; 11. Outras: _____			3 1;4;7
Ocupação das margens [<10 m]			
1. Zona natural com/sem intervenção; 2. Floresta/arvores plantadas; 3. Mato alto (1-5 m); 4. Mato rasteiro <1m; 5. Pastagem (pecuária); 6. Agricultura; 7. Espaço abandonado (+ 3 anos); 8. Jardins ou espaços de lazer; 9. Zona edificada (casas/edifícios); 10. Zona industrial; 11. Vias de comunicação (ruas); 12. Entulho e zona degradada.			1 6;7;9
4. Património edificado [estado de conservação: I - Bom a V- Mau]			
1. Moinho/azenhas; 2. Açude <1m; 3. Açude (1-9 m); 4. Barragem (> 10m); 5. Levadas; 6. Pesqueiras; 7. Escadas de peixe; 8. Poldras; 9. Pontes/pontões sem pilar no canal; 10. Pontes/pontões com pilar no canal; 11. Passagem a vau; 12. Barcos; 13. Igreja, capela, santuário; 14. Solares ou casas agrícolas; 15. Núcleo habitacional;			12-V 1-I 14-IV 15-V
1. Edifícios particulares; 2. Edifícios públicos (estatais); 3. ETA/ETAR/elevatórias; 4. Descarregadores de águas pluviais; 5. Coletores saneamento; 6. Deflectores artificiais; 7. Mota lateral; 8. Canal artificial; 9. Entubado			1-IV 8- II
5. Fauna			
Aves			
1. Guarda-rios (<i>Alcedo atthis</i>); 2. Garça-real (<i>Ardea cinerea</i>); 3. Melro-de-água (<i>Cinclus cinclus</i>); 4. Galinha-de-água (<i>Gallinula chloropus</i>); 5. Outro: _____			1;2
Anfíbios			
1. Salamandra-lusitânica (<i>Chioglossa lusitanica</i>); 2. Salamandra-de-pintas-amarelas (<i>Salamandra salamandra</i>); 3. Tritão-ventre-laranja (<i>Lissotriton boscai</i>); 4. Rã-ibérica (<i>Rana ibérica</i>); Outros: _____			1;2
Répteis			
1. Lagarto-de-água (<i>Lacerta schreiberi</i>); 2. Cobra-de-água-de-colar (<i>Natrix natrix</i>); 3. Cágado (<i>Mauremys leprosa</i>) 4. Outro: _____			2
Mamíferos			
1. Lontras (<i>Lutra lutra</i>); 2. Morcegos-de-água (<i>Myotis daubentonii</i>); 3. Toupeira da água (<i>Galemys pyrenaicus</i>); 4. Rato-de-água (<i>Arvicola sapidus</i>); 5. Outro: _____			3;4
Peixes			
1. Boga; 2. verdemã; 3. Truta mourisca; Truta arco-iris; 4. 5. Outro: _____			
Fauna Exótica:			
1. Perca-sol (<i>Lepomis gibbosus</i>); 2. Tartaruga da Florida (<i>Trachemys scripta</i>); 3. Caranguejo-peludo-chinês (<i>Eriocheir sinensis</i>); 4. Gambúsia (<i>Gambusia holbrooki</i>); 5. Lagostim vermelho (<i>Procambarus clarkii</i>); 6. Outro: _____			8
5.1. Macroinvertebrados			
1. Planárias; 2. Dípteros; 3. Gastrópodes physa; 4. Bivalves; 5. Coleóptero (escaravelho); 6. Trichóptero (mosca d'água); 7. Odonata; 8. Heterópteros; 9. Plecópteros (mosca-de-pedra); 10. Efemerópteros (efémera); 11. Crustáceos; 12. Ácaros; 13. Pulga-de-água (<i>Daphnia</i>); 14. Insetos – adultos (adultos na forma aérea).			1;6;11
6. Flora			
1. Salgueiral (salgueiros); 2. Amial (amieiral); 3. Freixial (freixos); 4. Choupal (choupos); 5. Ulmeiral (ulmerios); 6. Sanguinhos; 7. Ladual (lódãos-bastardos); 8. Tramazeiras; 9. Carvalhal; 10. Sobreiral; 11. Azinhal; 12. Outro: _____			1;2;6 1;2;6;9
Estado de conservação do bosque ribeirinho (10mx10 m)			
1. Total (>75%) com bosque - continuidade arbórea com total sobreposição de copas; 2. (50-75%) Com bosque ripícola Semi-continua arbórea; 3. (25-50%) Sem bosque ripícola (Semi-continua arbórea); 4. Campos agrícolas (10-25%) Descontinua - na arbórea; 5. (5 a 10%) Interrompida – com manchas de árvores; 6. (<5%) Esparsa - Só árvores isoladas ou Urbanizações ou infra-estruturas;			1 4
Espécies vegetação invasora			
1. Silvas; 2. Erva-da-fortuna; 3. Plumas; 4. Lentilha da água; 5. Pinheirinha; 6. Jacinto de água; 7. Outro: _____			2

Obstrução do leito e margens (vegetação)						
I. Com pouca ou sem vegetação no leito <5%; II. Com alguns ramos e pequenos troncos no leito (5 a 25%); III. Com ramos e troncos no leito e margem (25 a 50%); IV. Com obstrução de 50 a 75% com ramos e troncos; V. Com obstrução quase total >75% do leito e margens.					III	II
7. Disponibilização de informação	Colocar um número só.					
1) Local de informação por junta de freguesia mais próxima ou acesso público á internet, Disponibilidade de informação (técnicos e não técnicos) e acesso a informação de projetos de Participação Pública. 2) Local de informação por município ou acesso público á internet, Disponibilidade de informação (técnicos e não técnicos) e acesso á informação de projetos de Participação Pública. 3) Acesso á internet com indicações da localização da informação e disponibilidade de informação (técnicos e não técnicos). 4) Disponibilidade de informação de qualidade deficiente para os objetivos de reabilitação. 5) Ausência de locais de informação acessível.						2
8. Envolvimento público	Colocar um número só.					
1) Envolvimento de Decisores-Chave (município, ARH), em pelo menos sessões de participação pública, grupos Projeto Rios, associações locais, Sondagens e Inquéritos a população. 2) Envolvimento de Decisores-Chave (município, ARH), em pelo menos sessões de participação pública e/ou associações locais. 3) Poucas atividades de participação pública. 4) Atividades com deficiente envolvimento publico local. 5) Ausência de atividades de envolvimento.						5
9. Ação	Colocar um número só.					
1) São realizadas pelo menos uma das atividades de ações de fiscalização, Monitorização, acompanhamento de participação e envolvimento da população, no mínimo 1%, e há o seu feedback. 2) São realizadas pelo menos uma das atividades de ações de fiscalização e há o seu feedback. 3) Integração das decisões de participação nas soluções e inexistência de feedback das decisões finais. 4) Sem integração nem feedback das decisões finais. 5) Ausência total de atividades.						3
10. Legislação	Colocar um número só.					
1) Cumpre todos os requisitos legais nacionais, diretivas europeias e convenções internacionais assinadas por Portugal. 2) Cumpre todos os requisitos legais nacionais. 3) Não cumpre requisitos legais ao nível de pessoas singulares. 4) Não cumpre requisitos legais ao nível de pessoas singulares e de pessoas coletivas. 5) Não se observa nenhuma aplicação legal.						1
11. Estratégia, planos de ordenamento e gestão	Colocar um número só.					
1) Existem evidências de implementação de uma estratégia de reabilitação integrada com as figuras de ordenamento locais e regionais. 2) Existe uma estratégia de reabilitação integrada ou planos de ordenamento e de gestão de bacia hidrográfica implementados. 3) Existem planos de ordenamento e de gestão de bacia hidrográfica desintegrados das figuras de ordenamento local e regional e com diminuta implementação. 4) Existem planos de ordenamento e de gestão de bacia hidrográfica sem implementação. 5) Não existe nenhum documento estratégica, planeamento de ordenamento e de gestão a nível de recursos hídricos.						4
12. Gestão das intervenções de melhoria	Colocar um número só.					
Existe pelo menos uma atividade de cada um dos grupos: 1) Definição de objetivos claros de intervenção de melhoria, ações de monitorização com valores de referência, ações de fiscalização, plano de intervenção em caso de acidente ou catástrofe, plano de ações de intervenção de melhoria e ações de manutenção com envolvimento dos proprietários.						3

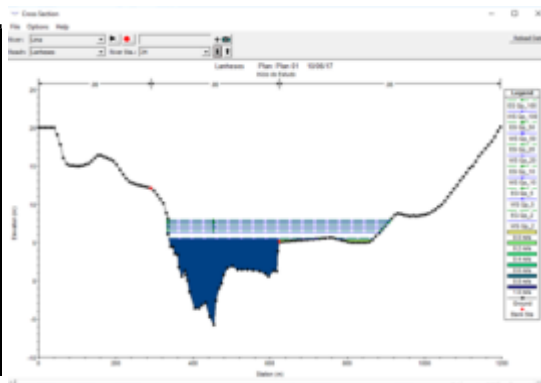
2) Definição de objetivos claros de intervenção de melhoria, plano de ações de intervenção de melhoria, ações de monitorização com valores de referência e ações de manutenção com envolvimento dos proprietários.		
3) Definição de objetivos claros de intervenção de melhoria e plano de ações de intervenção de melhoria.		
4) Definição de objetivos claros de intervenção de melhoria, mas sem qualquer intervenção.		
5) Não existe nenhuma evidência de gestão das intervenções de melhoria.		
Observações:		
Corte Transversal A		
Corte Transversal B		
Corte Transversal C		
Corte longitudinal		

Componentes de avaliação	P1	P2	P3	Troço Global
A. Dados Gerais				
B. Qualidade da água				
B1. Físico-químicas/bacteriológicas				
B2. Ecológicas				
C. Hidrogeomorfologia				
C1. Regime hidrológico				
C2. Características geomorfológicas				
D. Corredor Ecológico				
D1. Vegetação				
D2. Habitat				
D3. Fauna				
E. Alterações Antrópicas				
E1. Poluição				
E2. Construções				
E3. Exploração				
F. Participação Pública				
F1. Disponibilização de informação				
F2. Envolvimento público				
F3. Acção				
G. Organização e planeamento				
G1. Legislação				
G2. Estratégia, planos de ordenamento e gestão				
G3. Gestão das intervenções de melhoria				
IRR- Índice de reabilitação de Rios				

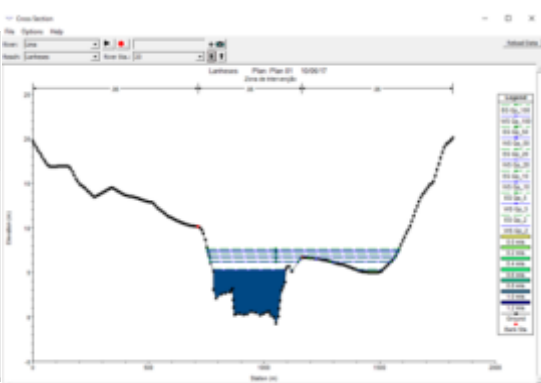
ANEXO II – LANHESES

Tabela Anexo II – Representação numérica e gráfica de alguns perfis referentes ao troço de estudo (espaçamento 10 metros).

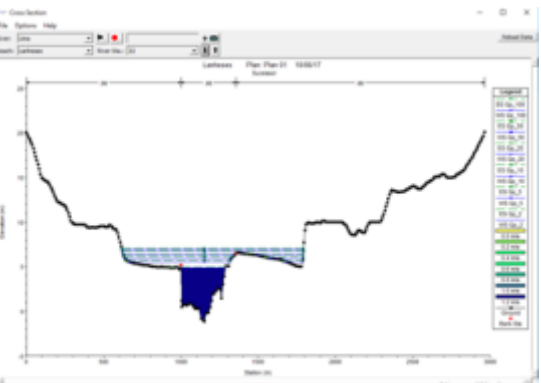
Estação do Rio	Perfil	Q Total	cota mínima do canal	cota da superfície de água	Velocidade
		(m ³ /s)	(m)	(m)	
24	2 anos	1323	-5,73	5,48	0,87
	5 anos	1953	-5,73	6,36	1,06
	10 anos	2370	-5,73	6,81	1,17
	20 anos	2770	-5,73	7,17	1,26
	50 anos	3288	-5,73	7,57	1,38
	100 anos	3676	-5,73	7,83	1,47



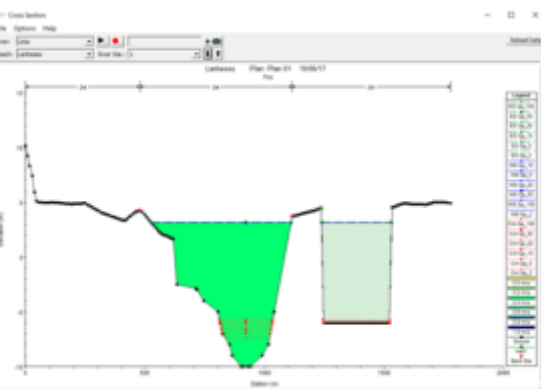
Estação do Rio	Perfil	Q Total	cota mínima do canal	cota da superfície de água	Velocidade
		(m ³ /s)	(m)	(m)	
23	2 anos	1323	-0,75	5,28	1,03
	5 anos	1953	-0,75	6,12	1,2
	10 anos	2370	-0,75	6,55	1,29
	20 anos	2770	-0,75	6,9	1,36
	50 anos	3288	-0,75	7,28	1,43
	100 anos	3676	-0,75	7,53	1,49



Estação do Rio	Perfil	Q Total	cota mínima do canal	cota da superfície de água	Velocidade
		(m ³ /s)	(m)	(m)	
22	2 anos	1323	-1,12	4,85	1,19
	5 anos	1953	-1,12	5,57	1,41
	10 anos	2370	-1,12	5,96	1,5
	20 anos	2770	-1,12	6,3	1,54
	50 anos	3288	-1,12	6,7	1,57
	100 anos	3676	-1,12	6,97	1,59



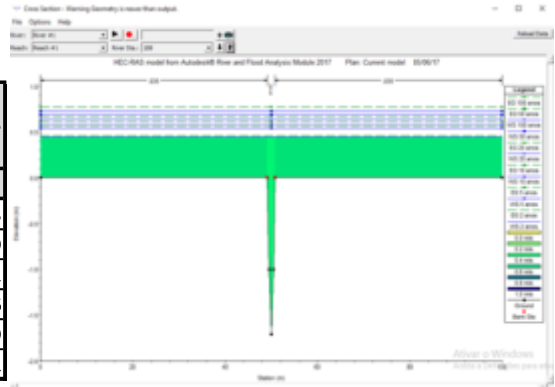
Estação do Rio	Perfil	Q Total	cota mínima do canal	cota da superfície de água	Velocidade
		(m ³ /s)	(m)	(m)	
1	2 anos	1323	-10	4,14	0,31
	5 anos	1953	-10		0,45
	10 anos	2370	-10		0,55
	20 anos	2770	-10		0,64
	50 anos	3288	-10		0,76
	100 anos	3676	-10	0,85	



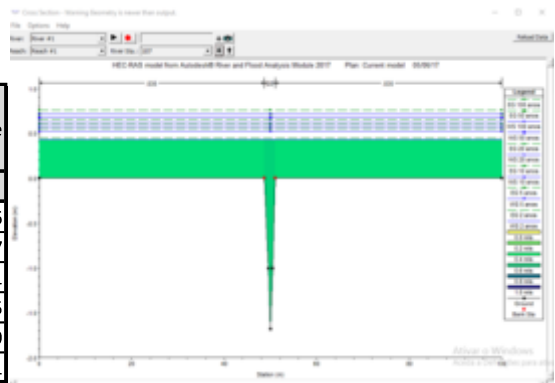
ANEXO III – UIMA

Tabela Anexo III – Representação numérica e gráfica de alguns perfis referentes ao troço de estudo (espaçamento 10 metros).

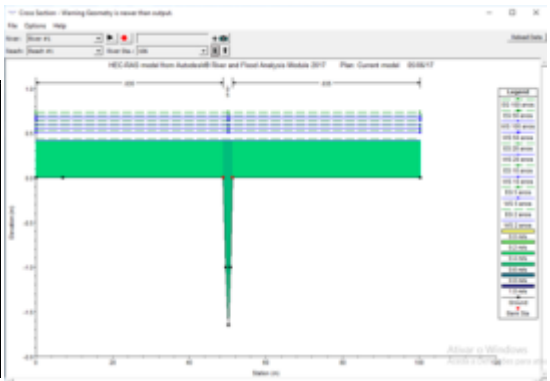
Estação do Rio	Perfil	Q Total	cota mínima do canal	cota máxima do canal	cota da superfície de água	Velocidade
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	
108	2 anos	26	-1,71	-0,21	0,23	0,53
	5 anos	38	-1,71	-0,21	0,33	0,59
	10 anos	45	-1,71	-0,21	0,38	0,62
	20 anos	53	-1,71	-0,21	0,43	0,66
	50 anos	62	-1,71	-0,21	0,48	0,69
	100 anos	69	-1,71	-0,21	0,52	0,71



Estação do Rio	Perfil	Q Total	cota mínima do canal	cota máxima do canal	cota da superfície de água	Velocidade
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	
107	2 anos	26	-1,68	-0,18	0,25	0,6
	5 anos	38	-1,68	-0,18	0,34	0,67
	10 anos	45	-1,68	-0,18	0,39	0,71
	20 anos	53	-1,68	-0,18	0,44	0,75
	50 anos	62	-1,68	-0,18	0,49	0,79
	100 anos	69	-1,68	-0,18	0,53	0,81



Estação do Rio	Perfil	Q Total	cota mínima do canal	cota máxima do canal	cota da superfície de água	Velocidade
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	
106	2 anos	26	-1,65	-0,15	0,27	0,64
	5 anos	38	-1,65	-0,15	0,36	0,72
	10 anos	45	-1,65	-0,15	0,4	0,75
	20 anos	53	-1,65	-0,15	0,45	0,79
	50 anos	62	-1,65	-0,15	0,5	0,83
	100 anos	69	-1,65	-0,15	0,54	0,86



Estação do Rio	Perfil	Q Total	cota mínima do canal	cota máxima do canal	cota da superfície de água	Velocidade
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	
105	2 anos	26	-1,62	-0,12	0,28	0,63
	5 anos	38	-1,62	-0,12	0,36	0,7
	10 anos	45	-1,62	-0,12	0,41	0,73
	20 anos	53	-1,62	-0,12	0,45	0,77
	50 anos	62	-1,62	-0,12	0,51	0,81
	100 anos	69	-1,62	-0,12	0,54	0,83

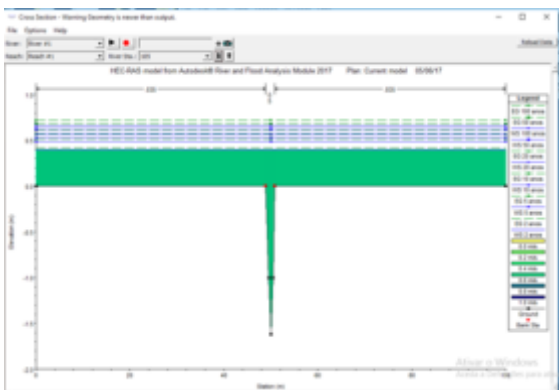
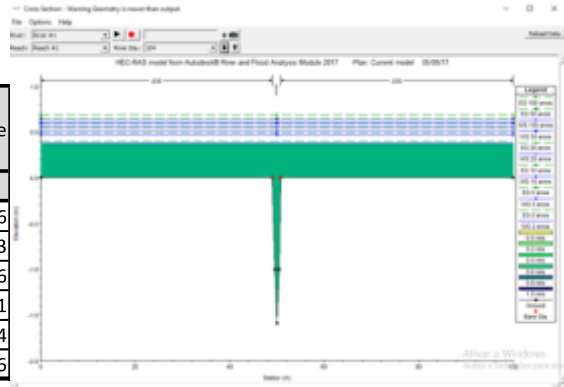
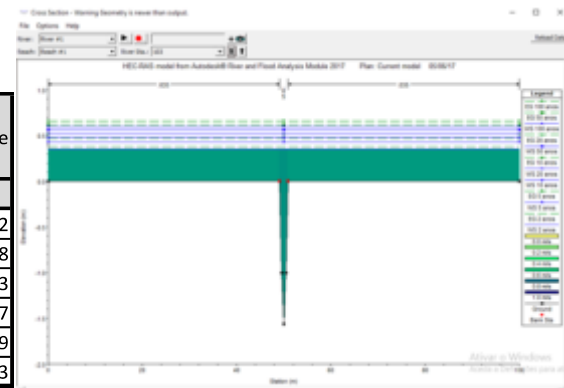


Tabela Anexo III – Representação numérica e gráfica de alguns perfis referentes ao troço de estudo (espaçamento 10 metros). (continuação)

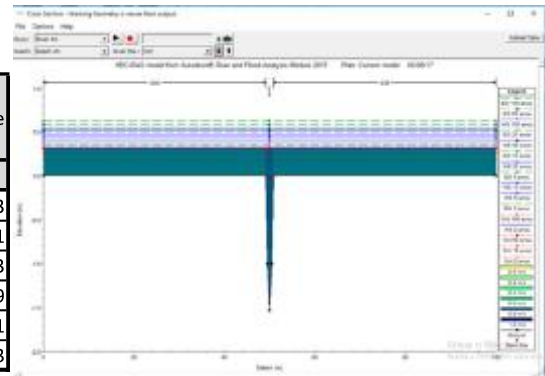
Estação do Rio	Perfil	Q Total	cota mínima do canal	cota máxima do canal	cota da superfície de água	Velocidade
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	
104	2 anos	26	-1,59	-0,09	0,29	0,66
	5 anos	38	-1,59	-0,09	0,37	0,73
	10 anos	45	-1,59	-0,09	0,42	0,76
	20 anos	53	-1,59	-0,09	0,46	0,81
	50 anos	62	-1,59	-0,09	0,51	0,84
	100 anos	69	-1,59	-0,09	0,54	0,86



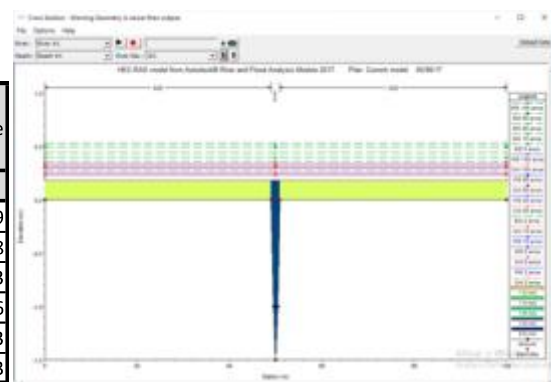
Estação do Rio	Perfil	Q Total	cota mínima do canal	cota máxima do canal	cota da superfície de água	Velocidade
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	
103	2 anos	26	-1,56	-0,06	0,29	0,72
	5 anos	38	-1,56	-0,06	0,37	0,8
	10 anos	45	-1,56	-0,06	0,41	0,83
	20 anos	53	-1,56	-0,06	0,45	0,87
	50 anos	62	-1,56	-0,06	0,5	0,9
	100 anos	69	-1,56	-0,06	0,54	0,93



Estação do Rio	Perfil	Q Total	cota mínima do canal	cota máxima do canal	cota da superfície de água	Velocidade
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	
102	2 anos	26	-1,53	-0,03	0,29	0,83
	5 anos	38	-1,53	-0,03	0,36	0,91
	10 anos	45	-1,53	-0,03	0,4	0,93
	20 anos	53	-1,53	-0,03	0,44	0,99
	50 anos	62	-1,53	-0,03	0,48	1,01
	100 anos	69	-1,53	-0,03	0,52	1,03



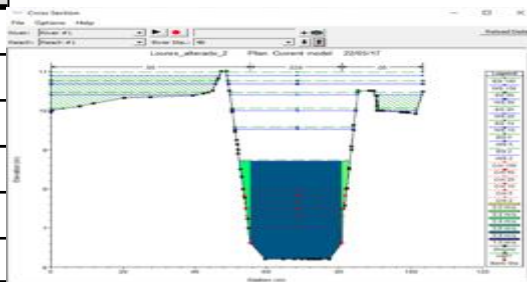
Estação do Rio	Perfil	Q Total	cota mínima do canal	cota máxima do canal	cota da superfície de água	Velocidade
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	
101	2 anos	26	-1,5	0	0,18	1,89
	5 anos	38	-1,5	0	0,23	1,98
	10 anos	45	-1,5	0	0,25	2,13
	20 anos	53	-1,5	0	0,3	1,96
	50 anos	62	-1,5	0	0,31	2,13
	100 anos	69	-1,5	0	0,34	2,13



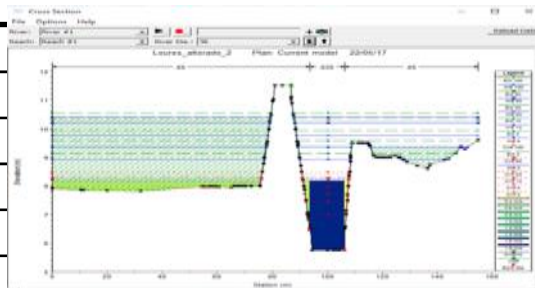
ANEXO IV – LOURES

Tabela Anexo IV – Representação numérica e gráfica de alguns perfis referentes ao troço de estudo (espaçamento 300 metros).

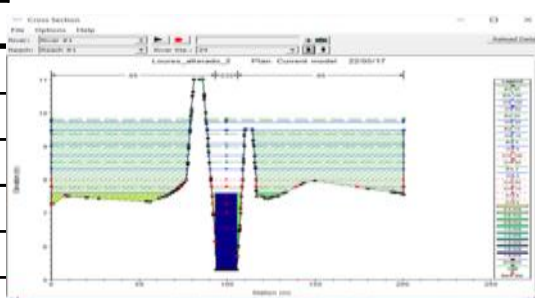
Estação do Rio	Perfil	Q Total	cota mínima do canal	cota da superfície de água	Velocidade
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m/s)
48	2	53.00	6.20	8.70	0.83
	5	86.00	6.20	9.53	1.00
	10	108.00	6.20	10.00	1.09
	20	129.00	6.20	10.40	1.16
	50	155.00	6.20	10.68	1.29
	100	176.00	6.20	10.89	1.38



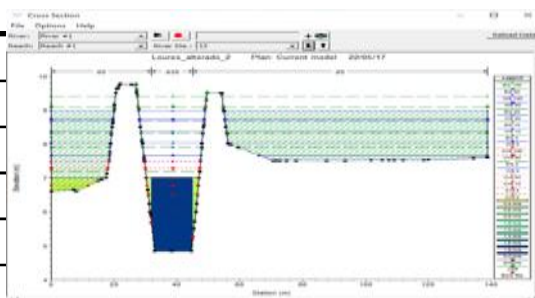
36	2	53.00	5.75	8.17	1.69
	5	86.00	5.75	8.93	2.04
	10	108.00	5.75	9.35	2.23
	20	129.00	5.75	9.75	2.11
	50	155.00	5.75	10.21	2.03
	100	176.00	5.75	10.39	2.12



24	2	53.00	5.29	7.59	1.77
	5	86.00	5.29	8.31	2.13
	10	108.00	5.29	8.72	2.33
	20	129.00	5.29	9.08	2.49
	50	155.00	5.29	9.47	2.67
	100	176.00	5.29	9.72	1.35



12	2	53.00	4.84	7.01	1.82
	5	86.00	4.84	7.67	2.22
	10	108.00	4.84	8.04	2.44
	20	129.00	4.84	8.35	2.63
	50	155.00	4.84	8.71	2.83
	100	176.00	4.84	8.98	2.98



2	2	53.00	4.46	5.83	3.50
	5	86.00	4.46	6.33	4.04
	10	108.00	4.46	6.62	4.32
	20	129.00	4.46	6.87	4.55
	50	155.00	4.46	7.16	4.80
	100	176.00	4.46	7.38	4.97

