

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE
2013/2014

Avaliação de Projetos de Intervenção em Sistemas
Fluviais

SARA MACHADO RODRIGUES CARDOSO

Dissertação submetida para obtenção do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Presidente do Júri:

Orientador académico: Professor Rodrigo Jorge Fonseca de Oliveira Maia

Orientador na empresa: Engenheiro José Carlos Pimenta Machado

(Julho, 2014)

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Professor Doutor Rodrigo Maia, da Secção de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e ao co-orientador Eng.º Pimenta Machado, da APA/ARH-Norte (Agência Portuguesa do Ambiente, ex Administração da Região Hidrográfica do Norte), pelo apoio, disponibilidade e confiança.

Ao Mestre António Pinto, pela ajuda e acompanhamento.

Ao Eng.º Sérgio Fortuna, da APA/ARH-Norte, pela disponibilidade e confiança.

Pelo apoio imprescindível para o estudo de casos:

- Professor Doutor Poças Martins, Mestre Rita Cunha e Eng.^a Fernanda Lacerda das Águas do Porto, EM;
- Eng.^a Paula Pereira da Câmara Municipal de Braga;
- Eng.º Hélio Costa e Eng.^a Sofia Vieira da AGERE, EM (Empresa de Água, Efluentes e Resíduos de Braga);
- Eng.^a Célia Pereira da Câmara Municipal de Viana do Castelo.

RESUMO

Esta dissertação foi realizada com o objetivo de contribuir/colaborar na avaliação de projetos de intervenção fluvial, no que diz respeito à evolução dos sistemas fluviais como resposta às intervenções preconizadas, para determinação da eficácia das soluções de reabilitação implementadas.

Pretendeu-se, ainda, avaliar a qualidade do processo de planeamento destes projetos de intervenção fluvial, de modo a analisar a possível relação entre lacunas identificadas naquele processo e insucessos verificados no cumprimento dos objetivos propostos para os referidos projetos.

Para tal, foram selecionados os projetos de intervenção relativos aos troços (i) do Viso e (ii) da Quinta do Rio da ribeira da Granja, no Porto, ao troço (j) entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha do rio Este, em Braga, e aos troços (k) de Cardielos e (kk) de Portuzelo do rio Lima, em Viana do Castelo, de forma a contemplar diferentes problemáticas, graus de severidade, diferentes metodologias e técnicas aplicadas, bem como diferentes idades de projeto.

Para a avaliação da evolução dos sistemas fluviais intervencionados, procedeu-se à definição das situações pré e pós-intervenção, através da análise DPSIR, e foram selecionados indicadores de desempenho para avaliar a evolução destes sistemas nas componentes biológica, hidrogeomorfológica e social, com atribuição de classificações baseadas numa escala de valores definida de acordo com a magnitude da evolução alcançada.

A avaliação dos processos de planeamento destes projetos de intervenção teve como base indicadores descritivos, aos quais foi atribuída uma classificação baseada numa escala de valores definida de acordo com a profundidade com que a informação a que se referem é descrita nos projetos entregues à entidade licenciadora - APA/ARH-Norte.

Apenas os troços do Viso e da Quinta do Rio da ribeira da Granja apresentaram uma evolução superior a 50% como resposta às intervenções preconizadas. Constata-se que, nos projetos relativos às intervenções no troço do Viso da ribeira da Granja e no troço do rio Este, a componente social foi valorizada em relação às componentes biológica e hidrogeomorfológica, o que não reflete a relevância que estas componentes apresentam nos objetivos estabelecidos na Lei da Água. O incumprimento dos objetivos dos projetos de intervenção fluvial analisados é justificado, em especial, pela realização pouco consistente da fase de caracterização e diagnóstico e pelo inexistente planeamento das fases de monitorização e manutenção pós-intervenção.

Palavras-Chave: Avaliação; Reabilitação fluvial.

ABSTRACT

This study was conducted with the objective to assist the assessment of river intervention projects, with regard to the evolution of river systems in response to the recommended interventions, to determine the effectiveness of implemented rehabilitation solutions.

It was intended also assess the quality of the planning process of these river intervention projects, in order to analyze the possible relationship between identified gaps in that process and failures in meeting the proposed objectives for these projects.

To this end, were selected the intervention projects for the sections (i) Viso and (ii) Quinta do Rio of the Granja river in Porto; the section (j) between Avenue Frei Bartolomeu dos Martires and Ponte Pedrinha of the Este river in Braga; and sections (k) Cardielos and (kk) Portuzelo of the Lima river in Viana do Castelo, in order to accommodate different problems, degrees of severity, different methodologies and techniques applied, as well as different ages project.

To review the evolution of the river systems intervened, the definition of pre and post-intervention was performed through a DPSIR analysis, and performance indicators for assessing the evolution of these systems in the biological, social and hydrogeomorphological components were selected with an assignment of ratings based on a scale of values set according to the magnitude of the progress achieved.

The review of the planning processes of these intervention projects was based on descriptive indicators, to which a rating was assigned, based on a scale of values defined according to the depth with which the information referred to is described in the projects delivered to the licensing entity - APA / ARH Norte.

Only the sections of Viso and Quinta do Rio of the Granja river had a 50% higher evolution in response to the recommended interventions. It was found that in intervention projects for the section of Viso of the Granja river and the section of the Este river, the social component was valued in relation to biological and hydrogeomorphological components, which does not reflect the importance that these components are given in Lei da Água. The failure in meeting the objectives of the river interventions projects analyzed is justified, in particular, by the lack of consistency in the characterization and diagnosis phase and the non-existing planning of the monitoring and post-intervention maintenance phases.

Keywords: Evaluation; River Restoration

ÍNDICE GERAL

1. Introdução.....	1
1.1. Âmbito.....	1
1.2. Objetivos	5
1.3. Organização da tese.....	5
2. Estado da arte	7
2.1. Reabilitação de sistemas fluviais.....	7
2.1.1. Princípios básicos da reabilitação de sistemas fluviais	7
2.1.2. Intervenções realizadas em sistemas fluviais	10
2.1.3. Metodologias de reabilitação de sistemas fluvias	11
2.1.4. Medidas técnicas de reabilitação de sistemas fluviais.....	15
2.2. Avaliação de projetos de intervenção fluvial	25
2.2.1. Metodologias de avaliação de projetos de intervenção fluvial.....	26
3. Metodologias aplicadas para avaliação dos casos de estudo	31
3.1. Avaliação do processo de planeamento dos projetos de intervenção fluvial ..	31
3.1.1. Seleção de Indicadores	31
3.1.2. Ponderação dos Indicadores (Classificação Final).....	36
3.2. Avaliação da evolução dos sistemas intervencionados	38
4. Casos de estudo.....	41
4.1. Avaliação dos projetos de intervenção nos troços do Viso e da Quinta do Rio da ribeira da Granja (Porto).....	41
4.1.1. Caracterização geral	42
4.1.2. Caracterização das zonas de intervenção	43
4.1.3. Justificação das intervenções.....	44
4.1.4. Descrição das intervenções	46
4.1.5. Resultados observados	52
4.1.6. Avaliação do projeto de intervenção no troço do Viso da ribeira da Granja	

4.1.7.	Avaliação do projeto de intervenção no troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja	63
4.2.	Avaliação do projeto de intervenção no troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha do rio Este (Braga).....	68
4.2.1.	Caracterização geral	68
4.2.2.	Caracterização do troço intervencionado	69
4.2.3.	Justificação da intervenção.....	70
4.2.4.	Descrição da intervenção.....	71
4.2.5.	Resultados observados	79
4.2.6.	Avaliação do projeto de intervenção no troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha do rio Este	84
4.3.	Avaliação dos projetos de intervenção nos troços de Cardielos e Portuzelo do rio Lima (Viana do Castelo).....	89
4.3.1.	Caracterização geral	89
4.3.2.	Caracterização das zonas de intervenção	89
4.3.3.	Justificação da intervenção.....	92
4.3.4.	Descrição da intervenção.....	94
4.3.5.	Resultados observados	98
4.3.6.	Avaliação do projeto de intervenção no troço de Cardielos do rio Lima ..	106
4.3.7.	Avaliação do projeto de intervenção no troço de Portuzelo do rio Lima ..	109
4.4.	Análise comparativa de casos de estudo	112
4.4.1.	Avaliação do processo de planeamento dos projetos de intervenção	114
4.4.2.	Avaliação da evolução dos sistemas intervencionados	117
5.	Conclusões.....	119
5.1.	Conclusões	119
5.2.	Perspetivas futuras.....	120
6.	Referências Bibliográficas	123
7.	Anexos	129

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Dinâmicas estabelecidas ao nível da bacia hidrográfica (Tánago & Jalón, 1998).....	8
Figura 2 – Compatibilidade de técnicas de estabilização, em função do declive das margens (adaptado de Cortes, 2000).	21
Figura 3 – Conceito de articulação entre zonas reabilitadas e pontos de interesse da cidade do Porto (AdP, 2013).	24
Figura 4 – Esquema representativo das relações analisadas na metodologia DPSIR (Walmsley, 2002; Gabrielsen & Bosch, 2003; EPA, 2014).	27
Figura 5 – Representação (linha amarela) da bacia hidrográfica da ribeira da Granja no concelho do Porto (cedido pela AdP).	43
Figura 6 – Troço do Viso (jusante) (área circundada a azul) e troço da Quinta do Rio (montante) (área preenchida a vermelho) (cedido pela AdP).	43
Figura 7 – Situação pré-intervenção da ribeira da Granja no troço do Viso (cedido pela AdP).	45
Figura 8 – Ribeira da Granja entubada no troço da Quinta do Rio, pré-intervenção (google earth, 2009).	45
Figura 9 – Passagem hidráulica da Travessa de Requesende (cedido pela AdP).	46
Figura 10 – Perímetro sujeito a cheias nos troços do Viso e da Quinta do Rio da ribeira da Granja, assinalado a azul, de acordo com o PDM do Porto, 2005 (cedido pela AdP).	46
Figura 11 - Fotografia aérea do troço intervencionado da ribeira da Asprela (sinalizado a azul) e da envolvente (google earth, 2007).	47
Figura 12 - Situação pré-intervenção do troço do Outeiro da ribeira da Asprela (cedido pela AdP).	48
Figura 13 - Situação pós-intervenção do troço do Outeiro da ribeira da Asprela (13/06/14).	48
Figura 14 – Troços do Viso (extensão intervencionada a azul e extensão projetada mas não intervencionada a vermelho) e da Quinta do Rio (a lilás) da ribeira da Granja e sua envolvente (google earth, 2007).	49
Figura 15 - Área expectante do domínio municipal, a jusante do troço do Viso da ribeira da Granja pré-intervenção (google earth, 2009).	51
Figura 16 – Parque de skate construído a jusante do troço do Viso da ribeira da Granja (23/02/14).	51
Figura 17 – Bacia de retenção no troço do Viso da ribeira da Granja (15/10/13).	53
Figura 18 – Erosão da margem esquerda na zona da bacia de retenção no troço do Viso da ribeira da Granja (23/02/14).	53
Figura 19 - Estado da vegetação, em junho de 2014, na margem direita do troço do Viso (13/06/14).	53
Figura 20 – Faxinas deslocadas da posição vertical em que foram colocadas, na margem esquerda do troço do Viso (23/02/14).	54
Figura 21 – Faxinas removidas e margem sujeita a erosão no troço do Viso (23/02/14).	54
Figura 22 – Raízes de uma árvore visíveis, na sequência de erosão da margem esquerda no troço do Viso (13/06/14).	54
Figura 23 – Evidências da diversificação de velocidades na linha de água no troço do Viso da ribeira da Granja (23/02/14).	54
Figura 24 – Margem esquerda da ribeira da Granja no troço do Viso invadida por canas (<i>Arundo donax</i>) (15/10/13).	55
Figura 25 – Resultados de atos de vandalismo em bancos e postes de iluminação no troço do Viso da Ribeira da Granja (15/10/13).	55
Figura 26 – Presença de entulhos no leito da ribeira da Granja no troço da Quinta do Rio (15/10/13).	56
Figura 27 – Estado da vegetação, em outubro de 2013, na zona da bacia de retenção criada no troço da Quinta do Rio (15/10/13).	56

Figura 28 – Estado da vegetação, em junho de 2014, na zona da bacia de retenção criada no troço da Quinta do Rio (13/06/14).....	56
Figura 29 – Margens sujeitas a erosão no troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja (23/02/14).	57
Figura 30 – Invasão por canas (<i>Arundo donax</i>) no troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja (15/10/13).	57
Figura 31 – Exemplares de pato-real identificados no troço do Viso (13/06/14).	57
Figura 32 - Fotografia aérea do troço intervencionado do rio Este (sinalizado a vermelho) e da envolvente (google earth, 2012).	69
Figura 33 - Passagem do Rio Este nas instalações da DELPHI (29/10/13).....	70
Figura 34 - Localização da DELPHI e degradação das margens do rio a jusante (google earth, 2012).	70
Figura 35 – Troço do rio Este pré-reabilitação (google earth, 2009).....	71
Figura 36 – Poluição no rio Este pré-intervenção (cedido pela Cmb).	71
Figura 37 – Representação dos sub-troços considerados na intervenção e dos principais arruamentos que os limitam (google earth, 2012).	72
Figura 38 – Zona do Parque da Ponte, que não sofreu intervenção para melhoria das condições hidráulicas (13/01/14).	73
Figura 39 – Zona mais a jusante do sub-troço 4 que sofreu reperfilamento do leito por meandrização (13/01/14).	73
Figura 40 – Levadas da Zona dos Galos, no sub-troço 3, sujeitas a limpeza e desobstrução (13/01/14).....	74
Figura 41 – Leito do rio constituído por maciço rochoso, a proteger, no sub-troço 3 (13/01/14).	75
Figura 42 – Leito menor definido no sub-troço 4 (13/01/14).	76
Figura 43 – Situação pré-intervenção na zona mais a jusante do sub-troço 3 (google earth, 2009).	76
Figura 44 – Situação pós-intervenção na zona mais a jusante do sub-troço 3 (29/10/13).	76
Figura 45 – Situação pré-intervenção na zona mais a montante do sub-troço 4 (google earth, 2009).....	77
Figura 46 – Situação pós-intervenção na zona mais a montante do sub-troço 4 (29/10/13).....	77
Figura 47 – Zona de merendas instalada no sub-troço 5 (29/10/13).....	78
Figura 48 – Escorrência para o rio numa ligação direta de águas pluviais na zona mais a montante do sub-troço 5 (13/06/14).....	79
Figura 49 – Papéis depositados no fundo do leito do rio no sub-troço 5 (13/06/14).	79
Figura 50 – Caudal do rio Este com coloração branca na sequência de uma descarga de tinta (Coentrão, 2014).	80
Figura 51 – Desenvolvimento de vegetação no tapete de enrocamento (13/01/2014).....	81
Figura 52 – Situação de erosão na margem esquerda do sub-troço 4 (13/01/14).	81
Figura 53 – Acumulação de sedimentos na zona mais a jusante do sub-troço 5 (13/06/14).....	81
Figura 54 – Zonas do sub-troço 5 onde a sementeira não desenvolveu (13/06/14).	82
Figura 55 – Presença de vegetação no fundo do leito no sub-troço 5 (13/06/14).....	82
Figura 56 – Invasão por canas (<i>Arundo donax</i>) em terreno privado nas proximidades do sub-troço 3 (13/01/14).	82
Figura 57 – Exemplos de utilizações do espaço público criado (29/10/13).....	83
Figura 58 – Acesso à malha urbana em mau estado de conservação no sub-troço 5 (29/10/13).	83
Figura 59 – Árvores despidas de folhagem numa zona do sub-troço 4 onde existem fábricas muito próximas do leito do rio (13/01/14).	83
Figura 60 – Localização dos troços intervencionados do rio Lima (google earth, 2003).	90
Figura 61 – Zona de merendas e lazer existente no troço de Cardielos (14/11/13).	91
Figura 62 – Prática de pastoreio nas margens do rio Lima, no troço de Cardielos (18/03/14).	91
Figura 63 – Porto de apoio a atividades náuticas existente no troço de Portuzelo (14/11/13).....	91
Figura 64 – Caminho existente no troço de Portuzelo (14/11/13).....	92
Figura 65 – Zona húmida existente no troço de Portuzelo (18/03/14).....	92

Figura 66 – Situação pré-intervenção de instabilidade da margem direita do rio Lima no troço de Cardielos (cedido pela CmV).....	93
Figura 67 – Situação pré-intervenção (março de 2011) de instabilidade da margem direita do rio Lima no troço de Portuzelo (cedido pela CmV).....	93
Figura 68 - Variação do perfil transversal na zona de Cardielos, entre 1990 e 2004 (cedido pela CmV).	93
Figura 69 – Fotografia aérea da zona de intervenção no troço de Cardielos do rio Lima e da sua envolvente (google earth, 2003).	95
Figura 70 – Planta do projeto de estabilização de margens implementado no troço de Cardielos (cedido pela CmV).96	
Figura 71 – Perfil transversal do projeto implementado no troço de Cardielos (cedido pela CmV).	96
Figura 72 – Fotografia aérea da zona de intervenção no troço de Portuzelo do rio Lima e da sua envolvente (google earth, 2003).	97
Figura 73 – Perfil transversal do projeto implementado no troço de Portuzelo (cedido pela CmV).	98
Figura 74 – Deposição de sedimentos nas zonas localizadas entre os esporões e defletores instalados no setor de Cardielos (13/06/14).	99
Figura 75 – Erosão da margem direita do rio Lima, pondo em risco a zona de lazer, no troço de Cardielos onde apenas foram instalados esporões (13/06/14).	99
Figura 76 – Erosão da margem direita do rio Lima, pondo em risco uma linha de árvores de grande porte, no troço de Cardielos onde apenas foram instalados esporões (13/06/14).	100
Figura 77 – Erosão da margem esquerda do afluente do rio Lima, na extremidade mais a jusante do troço intervencionado de Cardielos (13/06/14).	100
Figura 78 – Rede de malha metálica de proteção da hidrossementeira visível no seguimento de fenómenos de erosão na zona mais a jusante do troço de Cardielos (13/06/14).	100
Figura 79 – Rede de malha metálica de proteção da camada de terra vegetal visível no troço de Cardielos (14/11/13).	101
Figura 80 – Estado da vegetação aplicada no troço de Cardielos, em junho de 2014 (13/06/14).	101
Figura 81 – Área onde a hidrossementeira não desenvolveu no troço de Cardielos (13/06/14).	102
Figura 82 – Presença de erva-das-pampas (<i>Cortaderia selloana</i>) entre a vegetação aplicada no troço de Cardielos (13/06/14).	102
Figura 83 – Deposição de resíduos em local desapropriado no troço de Cardielos (13/06/14).	102
Figura 84 – Rede de malha metálica de proteção da camada de terra vegetal visível no troço de Portuzelo (14/11/13).	103
Figura 85 – Manta de geocélulas visível no troço de Portuzelo, devido a arrastamento do seu preenchimento pelo caudal do rio (18/03/14).	103
Figura 86 – Estruturas de proteção da margem desprotegidas nos limites laterais no troço de Portuzelo (18/03/14).	103
Figura 87 – Altura descontinuada da camada de enrocamento (13/06/14).	104
Figura 88 – Estado da vegetação aplicada no troço de Portuzelo, em junho de 2014 (13/06/14).	104
Figura 89 – Exemplar de salgueiro seco no troço de Portuzelo (18/03/14).	105
Figura 90 – Presença de erva-das-pampas (<i>Cortaderia selloana</i>) entre a vegetação aplicada no troço de Portuzelo (13/06/14).	105
Figura 91 – Invasão por erva-das-pampas (<i>Cortaderia selloana</i>) no troço de Portuzelo (14/11/13).	105
Figura 92 – Invasão por eucaliptos (<i>Eucalyptus</i>) no troço de Portuzelo (18/03/14).	105

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Atividades que utilizam recursos hídricos (Teiga, 2003).....	1
Tabela 2 – Exemplos de modificações em sistemas fluviais originadas por ação humana (Makepeace <i>et al.</i> , 1995 in Bernhardt & Palmer, 2007; Saraiva, 1999; Yuan <i>et al.</i> , 2001 in Bernhardt & Palmer, 2007; Beasley & Kneale, 2002 in Bernhardt & Palmer, 2007; Teiga, 2011).	3
Tabela 3 – Objetivos específicos de intervenções de reabilitação fluvial (Teiga, 2003; INAG, 2001; Tánago & Jalón, 1998; Saraiva, 1999).	7
Tabela 4 – Funções desempenhadas pelos componentes integrantes dos sistemas fluviais (Saraiva, 1999).	9
Tabela 5 – Exemplos de intervenções em sistemas fluviais (McCann, 2012; Pittock, 2012; Force, 2013).	10
Tabela 6 – Exemplos de ações de manutenção (adaptado de Teiga, 2011).	13
Tabela 7 – Fases do processo de participação pública (adaptado de DQA, 2000; Teiga, 2011).	15
Tabela 8 – Exemplos de técnicas de proteção direta de margens (Amorim, 2004; Lemos, 2008; Teiga, 2011; Pereira, 2001).	19
Tabela 9 – Exemplos de estruturas a instalar para promoção de diversidade de <i>habitats</i> (Ferreira, 2006; Coelho 2009).	22
Tabela 10 – Descrição dos elementos analisados na aplicação da metodologia DPSIR (Walmsley, 2002; Gabrielsen & Bosch, 2003; EPA, 2014).	27
Tabela 11 – Categorias de indicadores (adaptado de Gabrielsen & Bosch, 2003).	29
Tabela 12 – Métodos de avaliação com base em indicadores (adaptado de Coelho, 2009).	29
Tabela 13 - Indicadores de avaliação da fase de caracterização e diagnóstico (adaptado de Coelho, 2009 e Teiga, 2011).	32
Tabela 14 – Indicadores de avaliação da fase de identificação de soluções (adaptado de Coelho, 2009 e Teiga, 2011).	34
Tabela 15 – Indicadores de avaliação do planeamento da fase de implementação (adaptado de Coelho, 2009 e Teiga, 2011).	34
Tabela 16 – Indicadores de avaliação do planeamento da fase de monitorização (adaptado de Coelho, 2009 e Teiga, 2011).	35
Tabela 17 – Indicadores de avaliação do planeamento da fase de manutenção (adaptado de Coelho, 2009 e Teiga, 2011).	35
Tabela 18 – Indicadores de avaliação do planeamento da fase de sensibilização e participação pública (adaptado de Coelho, 2009 e Teiga, 2011).	36
Tabela 19 - Escala de classificação dos indicadores de avaliação dos processos de planeamento dos projetos de intervenção e seu significado (adaptado de Coelho, 2009).	36
Tabela 20 – Indicadores de avaliação da evolução dos sistemas intervencionados (adaptado de Woolsey <i>et al.</i> , 2007 e Teiga, 2011).	39
Tabela 21 – Escala de classificação dos indicadores de avaliação da evolução dos sistemas intervencionados e seu significado.	40
Tabela 22 – Fatores de ponderação por tipo de evolução.	40
Tabela 23 – Ponderações atribuídas aos objetivos do projeto de intervenção no troço do Viso da ribeira da Granja. .	59
Tabela 24 – Classificações obtidas para as várias fases de planeamento, classificações totais para cada objetivo do projeto de intervenção e classificação total para o processo de planeamento do projeto de intervenção no troço do Viso da ribeira da Granja.	61

Tabela 25 – Classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da evolução do sistema intervencionado no troço do Viso da ribeira da Granja, classificações totais, por tipo de evolução e classificação total obtida para a evolução do sistema.	62
Tabela 26 – Ponderações atribuídas aos objetivos do projeto de intervenção no troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja.	63
Tabela 27 – Classificações obtidas para as várias fases de planeamento, classificações totais para cada objetivo do projeto de intervenção e classificação total para o processo de planeamento do projeto de intervenção no troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja.	66
Tabela 28 – Classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da evolução do sistema intervencionado no troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja, classificações totais, por tipo de evolução e classificação total obtida para a evolução do sistema.	67
Tabela 29 - Extensão e área de cada sub-troço considerado (cedido pela CmB).	72
Tabela 30 – Ponderações atribuídas aos objetivos do projeto de intervenção no troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha do rio Este.	84
Tabela 31 – Classificações obtidas para as várias fases de planeamento, classificações totais para cada objetivo do projeto de intervenção e classificação total para o processo de planeamento do projeto de intervenção no troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha do rio Este.	86
Tabela 32 – Classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da evolução do sistema intervencionado no troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha do rio Este, classificações totais, por tipo de evolução e classificação total obtida para a evolução do sistema.	87
Tabela 33 – Ponderações atribuídas aos objetivos do projeto de intervenção no troço de Cardielos do rio Lima.	106
Tabela 34 – Classificações obtidas para as várias fases de planeamento, classificações totais para cada objetivo do projeto de intervenção e classificação total para o processo de planeamento do projeto de intervenção no troço de Cardielos do rio Lima.	107
Tabela 35 – Classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da evolução do sistema intervencionado no troço de Cardielos do rio Lima, classificações totais, por tipo de evolução e classificação total obtida para a evolução do sistema.	108
Tabela 36 – Ponderações atribuídas aos objetivos do projeto de intervenção no troço de Portuzelo do rio Lima.	109
Tabela 37 – Classificações obtidas para as várias fases de planeamento, classificações totais para cada objetivo do projeto de intervenção e classificação total para o processo de planeamento do projeto de intervenção no troço de Portuzelo do rio Lima.	110
Tabela 38 – Classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da evolução do sistema intervencionado no troço de Portuzelo do rio Lima, classificações totais, por tipo de evolução e classificação total obtida para a evolução do sistema.	111
Tabela 39 – Resumo das características dos casos de estudo.	113
Tabela 40 – Ponderações atribuídas aos objetivos dos projetos de intervenção estudados.	113
Tabela 41 – Classificações obtidas na fase de caracterização e diagnóstico dos projetos de intervenção estudados.	114
Tabela 42 - Classificações obtidas na fase de identificação de soluções dos projetos de intervenção estudados.	114
Tabela 43 - Classificações obtidas no planeamento da fase de implementação dos projetos de intervenção estudados.	115
Tabela 44 - Classificações obtidas no planeamento da fase de monitorização dos projetos de intervenção estudados.	115
Tabela 45 - Classificações obtidas no planeamento da fase de manutenção dos projetos de intervenção estudados.	116
Tabela 46 - Classificações obtidas no planeamento da fase de sensibilização e participação pública dos projetos de intervenção estudados.	116

Tabela 47 - Classificações totais obtidas para o processo de planeamento dos projetos de intervenção estudados....	117
Tabela 48 - Classificações obtidas para cada tipo de evolução e para a evolução global dos sistemas intervencionados estudados.....	117

LISTA DE ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

AdP – Águas do Porto, E.M.

AGERE – Empresa municipal de Água, Efluentes e Resíduos de Braga

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

ARH – Administrações das Regiões Hidrográficas

Av. – Avenida

CBO – Carência Bioquímica de Oxigénio

C_E – Classificação da evolução da componente ecológica em sistemas fluviais como resposta a intervenções preconizadas

C_H – Classificação da evolução da componente hidrogeomorfológica em sistemas fluviais como resposta a intervenções preconizadas

cm – centímetro

CmB – Câmara Municipal de Braga

CmV – Câmara Municipal de Viana do Castelo

CQO – Carência Química de Oxigénio

C_S – Classificação da evolução da componente social em sistemas fluviais como resposta a intervenções preconizadas

Cte – Classificação total de avaliação da evolução de sistemas fluviais como resposta a intervenções preconizadas

CTp – Classificação total de avaliação do processo de planeamento de projetos de intervenção fluvial

d – diâmetro

DELPHI – Empresa produtora de equipamentos eletrónicos

DPSIR – Driving-Forces-Pressure-State-Impact-Response

DQA – Diretiva Quadro da Água

EUA – Estados Unidos da América

f – fator de ponderação representativo da relevância que os tipos de evolução de sistemas fluviais apresentam no cumprimento dos objetivos da Lei da Água

g – grama

GNR – Guarda Nacional Republicana

km – quilómetro

m – metro

MCH – Melhoria das condições hidráulicas

M.D. – Margem direita

M.E. – Margem esquerda

MEP – Melhoria do espaço público

mm – milímetro

MQA – Melhoria da qualidade da água

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

OD – Oxigénio Dissolvido

p – fator de ponderação representativo da importância das fases do processo de planeamento de projetos de intervenção fluvial para a qualidade do mesmo

PDM – Plano Diretor Municipal

PROCESL – empresa de consultoria e engenharia de infraestruturas na área do ambiente

PSR – Pressure-State-Response

PVC – Policloreto de vinila

q – fator de ponderação representativo da preponderância que os objetivos de reabilitação representam em projetos de intervenção fluvial específicos

RELM – Renaturalização e estabilização do leito e margens

RH – Recuperação de *habitat*

SPT – Standard Penetration Test

1. INTRODUÇÃO

1.1. ÂMBITO

Os sistemas fluviais constituíram, ao longo da História da humanidade, os ecossistemas mais utilizados pelo Homem, para seu proveito. Os benefícios disponibilizados à população por estes sistemas exprimem valores de uso e de não-uso (Saraiva, 1999), sendo que:

- ✓ Os valores de uso representam recursos que são utilizados para diversas atividades, como as identificadas na tabela 1.

Tabela 1 – Atividades que utilizam recursos hídricos (Teiga, 2003).

Captação de água (consumo direto, higiene, lavagens e rega)	Pesca industrial, de subsistência ou desportiva
Rejeição de águas residuais	Pecuária industrial ou de subsistência
Navegação industrial ou de recreio, com ou sem motor	Agricultura industrial ou de subsistência
Aquacultura	Extração de inertes
Empreendimentos de lazer com uso intensivo de água (p.e. campos de golfe)	Plantação e cortes de vegetação
Produção elétrica	Apoios de praias fluviais e equipamentos
Indústrias transformadoras que utilizem água no processo	Natação e uso de praias fluviais
Moagem de cereais	

- ✓ Os valores de não-uso constituem aspetos reconhecidos pela sua validade para a sociedade, como sejam os valores paisagísticos e historico-culturais, a integridade natural e a raridade de determinados ecossistemas.

O solo e a água podem ser encarados como recursos renováveis, na medida em que constituem um suporte e elemento integrante dos ecossistemas. No entanto, existem ações e utilizações que põem em risco a sua capacidade de renovação, irremediavelmente (Saraiva, 1999).

Inicialmente, na História da humanidade, o Homem procurou adaptar-se aos processos naturais, beneficiando de recursos e respeitando os limites de conservação dos ecossistemas. As atividades desenvolvidas em cada região dependiam, nomeadamente, do clima e a intensidade de exploração dos recursos era limitada pelo reduzido desenvolvimento tecnológico, garantindo apenas a subsistência das populações (Saraiva, 1999). A transformação das áreas destinadas à prática agrícola foi tão gradual que permitiu a adaptação das espécies faunísticas (CONFAGRI, 2013). As zonas ribeirinhas eram usadas como locais de lazer, tanto em zonas rurais como na envolvente das zonas urbanas (Saraiva, 1999).

O crescimento populacional e o desenvolvimento tecnológico, baseado, sobretudo, no crescimento económico, resultaram em pressões, à escala mundial, sobre o ambiente, dos quais se destacam o consumo exaustivo de recursos naturais, a rejeição poluidora de vários tipos de

resíduos e desequilíbrios no campo da utilização da energia, com consequente redução da camada do ozono, aumento do efeito de estufa e formação de chuvas ácidas (Saraiva, 1999).

Objetivos como a navegabilidade, a proteção contra cheias, a ocupação do solo, a produção de energia, a irrigação e o abastecimento de água estão na origem de grandes projetos de regularização fluvial, que deram origem a modificações, em grande escala, dos regimes, traçados e funções dos sistemas fluviais. No final do século XIX quase todos os grandes rios da Europa tinham sido canalizados e/ou retificados (Saraiva, 1999).

Medidas estruturais de proteção contra cheias, nomeadamente a regularização fluvial, alteraram o traçado natural dos cursos de água, agravando a frequência e intensidade destes eventos. Estas medidas procuravam afastar a água da população, o que conduziu a uma perceção de risco reduzida e a uma intensificação da construção no leito de cheia dos cursos de água. No entanto, o risco persiste, a longo prazo, e a vulnerabilidade aos danos é acrescida pela intensificação do uso (Saraiva, 1999).

A intensificação da atividade agrícola, nomeadamente, o aumento da intensidade e da área de produção, do uso de agroquímicos e da mecanização e a utilização de sistemas de monocultura, provocou uma mudança tão intensa e repentina na paisagem rural que as espécies faunísticas não tiveram capacidade de se adaptar às novas condições (CONFAGRI, 2013).

O uso dos cursos de água como sistemas de recolha de águas residuais urbanas e de efluentes industriais e a concentração de adubos e pesticidas usados na agricultura levaram a uma progressiva alteração da qualidade das águas (Saraiva, 1999).

A concentração das populações nas zonas litorais e principais cidades provocou uma transformação acelerada da paisagem urbana e peri-urbana, com perda de qualidades, associada à importação de modelos, configurações e densificações, promovidos por interesses económicos desprovidos de preocupações de inserção funcional, estética ou cultural (Saraiva, 1999).

A degradação dos sistemas fluviais transformou-os em elementos indesejáveis para as populações e autoridades decisoras do ordenamento do território. Quando a sua dimensão o permitiu, os cursos de água foram entubados e, na impossibilidade de entubamento, relacionada com as dimensões do leito, foram transformados em canais artificializados (Saraiva, 1999).

Os impactos em ecossistemas fluviais, provenientes de atividades humanas, são cada vez mais sentidos a grandes distâncias dos locais onde são “produzidos” (Tánago & Jalón, 1998). As zonas dos rios mais afetadas correspondem aos troços mais a jusante, de maior caudal e de mais elevada concentração urbana e industrial (Saraiva, 1999). As ribeiras, por apresentarem comprimento mais reduzido, inserem-se, muitas vezes, na sua totalidade em zonas urbanas, sendo todo o comprimento afetado.

Na tabela 2 encontram-se sintetizadas algumas das alterações impostas em sistemas fluviais pelas atividades e procedimentos mencionados anteriormente, categorizadas em três grupos – morfológicas, hidrológicas e físico-químicas. Os impactos nos ecossistemas são resultantes desses três tipos de alterações e traduzem-se na redução de zonas húmidas, redução da fertilidade dos solos, degradação da galeria ripícola, degradação de *habitats* naturais, menor facilidade de acesso a *habitats*, maior vulnerabilidade a desequilíbrios (proliferação de espécies exóticas de carácter invasor, doenças e pragas) e, consequentemente, menor biodiversidade (Saraiva, 1999).

Tabela 2 – Exemplos de modificações em sistemas fluviais originadas por ação humana (Makepeace *et al.*, 1995 in Bernhardt & Palmer, 2007; Saraiva, 1999; Yuan *et al.*, 2001 in Bernhardt & Palmer, 2007; Beasley & Kneale, 2002 in Bernhardt & Palmer, 2007; Teiga, 2011).

Alterações morfológicas	Ações responsáveis
Limitação do espaço do leito Condicionalmento da conectividade e grau de liberdade do curso de água Maior erosão em certos troços e sedimentação e colmatagem noutros Maior carga de sedimentos Impermeabilização do solo	Urbanização Extração de inertes Construção de barragens e albufeiras Regularização do leito do curso de água Entubamento do curso de água
Alterações hidrológicas	Ações responsáveis
Menor capacidade de infiltração Menor recarga de aquíferos Maior caudal de escoamento dos cursos de água Maior frequência e magnitude de eventos de cheias	Urbanização Extração de inertes Construção de barragens e albufeiras Regularização do leito do curso de água
Maior probabilidade de obstrução do leito Menor capacidade de vazão do caudal escoado Maior frequência e magnitude de eventos de cheias	Entubamento do curso de água
Redução do nível freático Salinização	Exploração excessiva de aquíferos subterrâneos
Alterações físico-químicas	Ações responsáveis
Alteração da temperatura dos cursos de água	Remoção da vegetação ripícola Descarga de poluentes térmicos
Maior dificuldade na deteção de focos de poluição Menor capacidade de autodepuração da água	Entubamento do curso de água
Acidificação Eutrofização Odores Turvação Coloração	Descarga de poluentes orgânicos e inorgânicos Poluição difusa (p.e. escoamento superficial de metais pesados, provenientes de parques de estacionamento e telhados, e de fertilizantes, herbicidas e dejetos animais, provenientes de campos agrícolas, campos de golfe e parques)

Na segunda metade do século XX, tornou-se notória uma tendência de mudança na atitude global da sociedade face ao ambiente, coincidente com grandes mudanças nos sistemas de informação e nas organizações institucionais. Esta evolução assentou sobre linhas de convergência comuns, como a maior integração interdisciplinar na compreensão das problemáticas ambientais, a consideração das diversas visões numa evolução dinâmica da sociedade e o estabelecimento de relações interdependentes (Saraiva, 1999). A partir de 1989, foram criados programas de cooperação inter-regional, ao nível europeu, com o objetivo de esbater as fronteiras entre as regiões da Europa.

Surgiu o conceito de desenvolvimento sustentável, aceite como de grande emergência, pela maioria, como enquadrador de ações futuras, que dita a articulação entre objetivos de desenvolvimento económico e de equilíbrio ambiental, de modo a que a quantidade e qualidade dos recursos naturais e funções dos ecossistemas sejam mantidos a nível constante. A contribuição para a integridade, funcionalidade, estabilidade e valorização estética/paisagística dos sistemas fluviais apresenta-se, atualmente, como de elevada prioridade para um desenvolvimento sustentável. A importância das zonas ripícolas é reconhecida internacionalmente e a conservação destes ecossistemas é, hoje em dia, um objetivo aceite em todo o Mundo, pelo menos teoricamente. A sociedade tende a interessar-se, não só por problemáticas ambientais de índole abrangente, mas também por temas de carácter mais específico, que se prendem com questões do quotidiano e com a atuação das instituições mais próximas da esfera de decisão local (Saraiva, 1999).

Cada vez mais, cientistas, gestores e políticos, ao nível internacional, se reúnem para discutir esta problemática, definindo objetivos e metas a atingir na proteção dos recursos naturais, bem como programas de medidas para esse fim. Foi criada legislação comunitária para as diferentes temáticas que influenciam o ambiente e esta foi transposta para os diversos países (Saraiva, 1999). As zonas ribeirinhas ganharam importância em planos de gestão urbanística e na definição de parâmetros de qualidade de vida das populações. As atuais políticas de ordenamento do território tendem a integrar o sistema ribeirinho no espaço público, tornando-o mais atrativo e introduzindo novos locais de lazer para a população, tanto em ambiente urbano, como em ambiente rural (Coelho, 2009). Paralelamente, existe cada vez mais investigação e publicação de artigos na área do ambiente (Saraiva, 1999).

No ano 2000, foi aprovada a Diretiva Quadro da Água (DQA), transposta para o direito interno pela Lei 58/2005, de 29 de dezembro, que tem como objetivo preservar os ecossistemas fluviais e a qualidade da água, definindo metas específicas para tal. A definição conjunta de estratégias europeias para a recuperação de espécies faunísticas e de *habitats* foi materializada em legislação abrangente e transnacional como a Diretiva *Habitats* e a Diretiva Aves.

A reabilitação de rios e ribeiras, bem como a otimização da eficiência da rede de abastecimento de água para redução de perdas e gastos, a reciclagem de águas pluviais e residuais tratadas, nomeadamente para rega, e a otimização dos processos de tratamento de águas residuais, surge com a necessidade de cumprir os objetivos da DQA.

Atualmente verifica-se que a identidade europeia está criada, embora apresente sintomas de fragilidade. Vários projetos de reabilitação fluvial incorporam de forma deficiente a multidimensionalidade e a interdisciplinaridade requiridas, levando a soluções desajustadas. Simultaneamente, ocorre um deficiente acompanhamento das intervenções realizadas.

1.2. OBJETIVOS

Esta dissertação foi realizada com o objetivo de contribuir/colaborar na avaliação de projetos de intervenção em sistemas fluviais, no que diz respeito à eficácia das soluções adotadas para resolução das problemáticas associadas a estes sistemas.

Pretendeu-se ainda avaliar a qualidade do processo de planeamento destes projetos de intervenção fluvial, no que diz respeito ao modo como foram conduzidas as fases de caracterização e diagnóstico e de identificação de soluções e planeadas as fases de implementação, monitorização, manutenção e de sensibilização e participação pública.

Assim, através da comparação dos resultados obtidos nos dois tipos de avaliação realizados, tornou-se possível analisar a possível relação entre lacunas identificadas no processo de planeamento dos projetos de intervenção em estudo e insucessos verificados no cumprimento dos objetivos propostos para os referidos projetos.

1.3. ORGANIZAÇÃO DA TESE

No primeiro capítulo procede-se à descrição sumária do âmbito em que a temática desta dissertação se insere e dos objetivos propostos na realização da mesma.

No segundo capítulo – Estado da arte – descrevem-se os principais objetivos da reabilitação fluvial; os conceitos que traduzem os princípios básicos da reabilitação fluvial; são sumariados exemplos de intervenções preconizadas ao nível mundial em sistemas fluviais; descrevem-se as principais etapas de um processo de reabilitação fluvial; as principais técnicas aplicadas; descrevem-se também metodologias utilizadas na avaliação de projetos de intervenção fluvial.

No terceiro capítulo – Metodologias aplicadas para avaliação dos casos de estudo – é descrita a metodologia aplicada para avaliação dos projetos de intervenção fluvial em estudo nesta dissertação.

No quarto capítulo – Casos de estudo – procede-se à caracterização das intervenções fluviais em estudo; são descritas as problemáticas que justificaram as intervenções; as técnicas de reabilitação aplicadas; a descrição dos resultados da análise realizada sobre o estado pós-intervenção dos sistemas fluviais em estudo, acompanhada por fotografias representativas; são também apresentados os resultados da avaliação realizada aos projetos de intervenção fluvial em estudo nesta dissertação.

No quinto capítulo – Conclusões – são descritas as principais conclusões identificadas com a realização desta dissertação, face aos objetivos propostos.

Por fim, apresentam-se as referências bibliográficas enunciadas ao longo de todo o texto.

Nos Anexos apresenta-se informação complementar ao conteúdo desta dissertação.

2. ESTADO DA ARTE

2.1. REABILITAÇÃO DE SISTEMAS FLUVIAIS

Teiga (2003) define os tipos de intervenções que visam melhorar, estruturalmente e/ou funcionalmente, os sistemas fluviais da seguinte forma:

- ❖ **Restauração e Recuperação** – pressupõem a existência de uma degradação ou destruição e de uma restituição estrutural da componente degradada;
- ❖ **Requalificação** – pressupõe a atribuição de novos valores ambientais ao local;
- ❖ **Reabilitação** – pressupõe um processo que conduz à restituição, total ou parcial, de um estado perdido para o restabelecimento de capacidades funcionais. Pode ser considerada uma recuperação por regeneração. É o conceito mais abrangente e utilizado em Portugal.

Mais especificamente, as ações de reabilitação de sistemas fluviais apresentam os objetivos descritos na tabela 3.

Tabela 3 – Objetivos específicos de intervenções de reabilitação fluvial (Teiga, 2003; INAG, 2001; Tánago & Jalón, 1998; Saraiva, 1999).

Controlo da poluição e melhoria da qualidade das águas superficiais	Garantir a qualidade da água para os diferentes usos
Promoção e preservação da conectividade dos sistemas fluviais	Cumprimento da legislação nacional e comunitária
Promoção e preservação da biodiversidade aquática e ripícola	Estabelecimento de uma rede de segmentos fluviais com interesse conservacionista
Proteção contra situações hidrológicas extremas	Preservação e promoção do reaparecimento de espécies de fauna e flora autóctones
	Promoção da diversidade de <i>habitats</i>
	Manutenção de processos ecológicos essenciais
	Restituição da dinâmica fluvial
	Promoção do ordenamento das zonas ribeirinhas
	Melhoria da qualidade visual, sensorial e olfativa das zonas ribeirinhas
	Promoção do enquadramento das zonas ribeirinhas com a envolvente
	Promoção da articulação da malha urbana através de espaços verdes coletivos de proximidade
Melhoria da saúde e segurança públicas e da qualidade de vida das populações	Promoção da escala humana nas zonas ribeirinhas e do contacto dos utilizadores com os elementos naturais
	Promoção de atividades de recreio e lazer
	Valorização cultural e patrimonial

2.1.1. PRINCÍPIOS BÁSICOS DA REABILITAÇÃO DE SISTEMAS FLUVIAIS

Os princípios básicos de reabilitação de sistemas fluviais são fundamentos teóricos que sintetizam o conhecimento científico sobre estes sistemas e constituem orientações sobre o modo de atuação nos processos de reabilitação fluvial. De acordo com Saraiva (1999), os princípios de reabilitação fluvial fundamentais traduzem-se nos seguintes conceitos:

❖ Unidade

No estudo dos sistemas fluviais é necessário compreender a origem das suas águas e sedimentos, ou seja, as características da bacia hidrográfica (Tánago & Jalón, 1998).

O regime de caudais observado na bacia hidrográfica depende da frequência e quantidade de precipitação observada na região, da vegetação e outros tipos de cobertura do solo presentes e da permeabilidade do solo. A frequência e quantidade de precipitação observada dependem, por sua vez, do clima e da altitude da região considerada (Tánago & Jalón, 1998).

Na bacia hidrográfica estabelecem-se relações longitudinais montante/jusante, que resultam em processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos, relações transversais entre o leito, as margens e o leito de cheia e relações verticais entre o leito visível e as águas subterrâneas. Estabelece-se assim uma conectividade de nutrientes, sedimentos, flora e fauna. Aliada a estas dimensões espaciais está a dimensão temporal, que traduz a dinâmica de evolução do sistema, influenciada pelas escalas temporais geológica e humana (Saraiva, 1999).

Diferentes regimes de caudais líquidos e sólidos originam cursos de água distintos, nomeadamente ao nível do comprimento, da profundidade, da velocidade de escoamento, do traçado e da rugosidade (Tánago & Jalón, 1998). A qualidade da água é influenciada pelos tipos de solo, formações geológicas, precipitação, escorrências superficiais, flora, fauna, processos biológicos, físicos e químicos e ainda pelas atividades e utilizações humanas existentes na bacia (Teiga, 2003). Na figura 1 identificam-se dinâmicas estabelecidas ao nível da bacia hidrográfica.

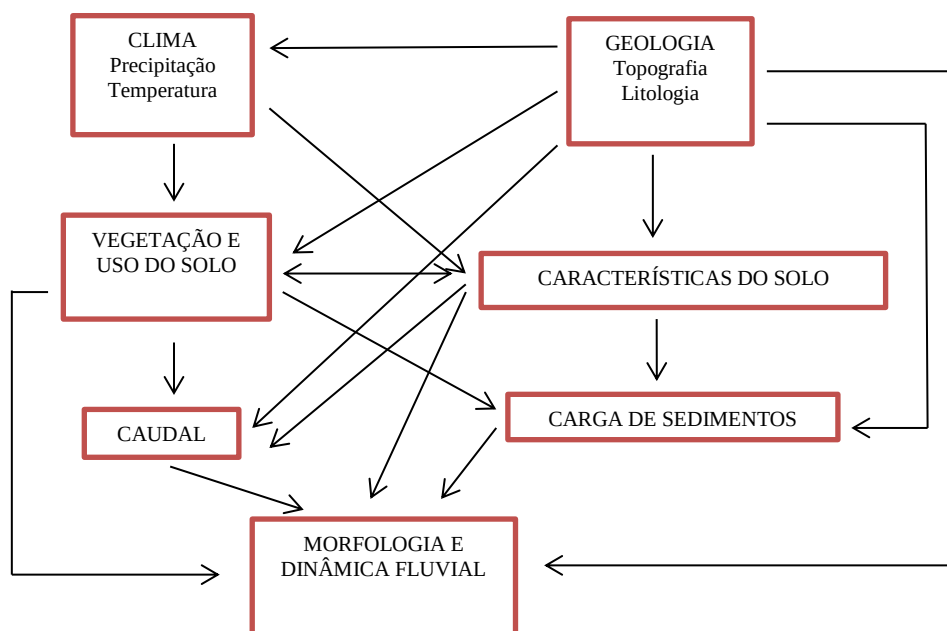


Figura 1 – Dinâmicas estabelecidas ao nível da bacia hidrográfica (Tánago & Jalón, 1998).

Pelas inter-relações que se formam entre processos e componentes dos sistemas fluviais, a bacia hidrográfica é considerada como a unidade básica de investigação e gestão.

Cada toço do sistema fluvial integra as características da bacia hidrográfica, tornando ineficaz uma intervenção pontual quando os problemas derivam de outros locais de influência. A existência de boas condições de qualidade a montante torna mais provável o mesmo cenário a jusante. As relações longitudinais, transversais e verticais estabelecidas na bacia hidrográfica e em cada troço devem ser preservadas ou recuperadas.

❖ Integridade

O conceito de sistema fluvial engloba as relações mútuas entre os subsistemas leito, corpo de água e zona ripícola (Amorim, 2004). Todos os componentes integrantes dos sistemas fluviais desempenham funções fundamentais para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas fluviais. Na tabela 4 encontram-se descritas algumas destas funções.

Tabela 4 – Funções desempenhadas pelos componentes integrantes dos sistemas fluviais (Saraiva, 1999).

Componentes dos sistemas fluviais	Funções
Global	Condução temporária de água, sedimentos, nutrientes e espécies faunísticas
	Recolonização de espécies faunísticas em locais onde se encontravam extintas
	Promoção do desenvolvimento de fauna selvagem de forma adequada
	Fontes de alimento e abrigo para espécies biológicas
Leito de cheia e zona ripícola	Retenção e armazenamento de caudais de cheia
	Filtragem, retenção e transporte de sedimentos e nutrientes, com efeito na qualidade das águas superficiais
Vegetação ripícola	Estabilização do leito e das margens (drenagem de água por evotranspiração e estabilização por enraizamento)
	Diminuição da velocidade de escoamento do curso de água
	Minimização da ação destruidora das cheias
	Ensombreamento do leito e manutenção do equilíbrio térmico dos cursos de água

O conceito de integridade centra-se no sistema fluvial como um todo, dependente do estado de todas as suas componentes. Descreve o “estado natural” do ecossistema fluvial, ou seja, as condições hidrológicas, geomorfológicas e ecológicas que permitem que este tenha a capacidade de recuperar o seu estado inicial após perturbação – conceito de resiliência (Holling, 1973 in Palmer *et al.*, 2005; Walker *et al.*, 2002 in Palmer *et al.*, 2005).

O funcionamento estável do ecossistema fluvial exige espaço, nomeadamente a existência do leito de cheia, para o desenvolvimento de atividades físicas e biológicas de forma livre. Esta área assume especial importância em zonas urbanas, na medida em que é necessária a existência de uma “banda ripícola” para proteção da influência dos espaços adjacentes.

❖ Individualidade

Cada sistema fluvial tem a sua individualidade própria, baseada nas condições naturais e na influência humana. De igual modo, as características de cada toço do sistema são influenciadas pela sua posição na bacia hidrográfica.

A complexidade de processos, inter-relações e impactos que se verifica em sistemas fluviais, que torna cada caso num caso isolado, faz com que seja essencial a realização de estudos

prévios de caracterização e diagnóstico da bacia hidrográfica e do troço a intervir, de modo a considerar esta individualidade nas medidas propostas. Deve ser evitada a uniformização das medidas de intervenção, a fim de evitar a monotonia nas paisagens fluviais.

❖ Diversidade

A biodiversidade de um sistema fluvial é função da matéria vegetal sintetizada no leito de cheia e da heterogeneidade de *habitats* (Teiga, 2003; CONFAGRI, 2013). No anexo A encontra-se uma listagem geral da fauna e flora associadas ao sistema fluvial.

Segundo este conceito, o objetivo da reabilitação deve ser o de restabelecer a variabilidade temporal e espacial característica dos sistemas fluviais, por oposição a condições estáveis (Palmer *et al.*, 2005).

2.1.2. INTERVENÇÕES REALIZADAS EM SISTEMAS FLUVIAIS

Muitos são os exemplos, por todo o Mundo, da implementação de estratégias de reabilitação de sistemas fluviais, cujo objetivo é retomar o estado de referência destes sistemas. Sintetizam-se, na tabela 5, exemplos de estratégias integradas de reabilitação fluvial.

Tabela 5 – Exemplos de intervenções em sistemas fluviais (McCann, 2012; Pittcock, 2012; Force, 2013).

Projeto	Problemática	Medidas
Holanda - Programa nacional “Room for the River”, relativo ao rio Reno	Intensos eventos de cheias ocorridos no rio Reno, nomeadamente em 1995.	Inundação de determinadas áreas, nomeadamente de cultivo agrícola, e realojamento de agricultores, para aumentar a segurança nas restantes áreas; reposicionamento e reestruturação de diques.
China - “River Health and Environmental Flow in China Project”, relativo aos rios Yellow, Yangtze, Pearl e Liao, bem como a alguns lagos do país	Na China habita 20% da população mundial, com acesso a apenas 7% da água existente no planeta. As alterações no estilo de vida da população, associadas ao desenvolvimento económico, originaram impactos nos sistemas fluviais do país, nomeadamente, ocorrências de extensas cheias, redução da quantidade e da qualidade da água, eutrofização dos cursos de água e perda de biodiversidade.	Quebra de barreiras entre instituições com responsabilidade pela água, que revelavam competição notória; aumento da eficiência em processos com utilização de água; imposição de limites de poluição; primeira revisão, em várias décadas, dos planos relativos às sete bacias hidrográficas do país; criação de um guia de recomendações para as políticas nacionais, com metodologias para ações de melhoria e desenvolvimento; avaliação ecológica, da qualidade da água e de fatores socio-económicos, com elaboração de relatórios para tomada de decisão e estabelecimento de prioridades; substituição de técnicas rígidas de construção em rios por técnicas de engenharia natural; desenvolvimento de software que permite estimar a saúde de um rio de acordo com mudanças na sua hidrologia.
Espanha - Projeto de reabilitação do rio Segura	Eventos de seca, captação excessiva para rega e descargas de águas residuais urbanas não tratadas e de efluentes industriais provocaram a redução da qualidade da água do rio Segura, até um nível em que a saúde pública era posta em causa.	Reciclagem de águas residuais urbanas tratadas para rega; revisão de legislação; criação de um sistema de monitorização de descargas; implementação de sistemas de tratamento de efluentes industriais na fonte.
EUA – Projeto de reabilitação da zona húmida de Everglades	A construção de diversos diques e condutas para abastecimento da população comprometeu a conectividade do ecossistema; a contaminação por efluentes agrícolas originou elevadas concentrações de fósforo neste sistema.	Criação de um sistema para captação e armazenamento de águas pluviais em excesso durante a época húmida e reciclagem das mesmas na época seca; criação de um sistema de filtragem e tratamento de efluentes provenientes de terrenos agrícolas na envolvente.

Em Portugal, a experiência pioneira na área da reabilitação fluvial foi desenvolvida entre 1991 e 1993, em troços do Rio Xarrama e afluentes, no concelho de Évora (Saraiva, 1999). Os projetos de intervenção relativos aos troços do Viso e da Quinta do Rio da ribeira da Granja, no Porto, ao troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha do rio Este, em Braga, e aos troços de Cardielos e de Portuzelo do rio Lima, em Viana do Castelo, em estudo nesta dissertação (capítulo 4), constituem exemplos de estratégias integradas de reabilitação fluvial, recentemente adotadas em Portugal.

2.1.3. METODOLOGIAS DE REABILITAÇÃO DE SISTEMAS FLUVIAS

O conceito de corredor fluvial, com a complexidade que lhe é inerente, pressupõe uma abordagem integrada, baseada na contribuição de várias áreas disciplinares, nomeadamente, Biologia, Ecologia, Agronomia, Paisagismo, Engenharia, Ordenamento e Planeamento do Território, Arqueologia, História, Sociologia, Topografia, Economia e Direito. A setorização existente entre estas áreas disciplinares e a divergência de objetivos entre as várias partes interessadas podem originar dispersões e sobreposições, que podem resultar em orientações contraditórias (Saraiva, 1999).

A adoção de uma metodologia universal de reabilitação permitiria a garantia de globalidade, convergência e continuidade na gestão de sistemas fluviais.

Procede-se, em seguida, à descrição das principais etapas do processo de reabilitação fluvial, consideradas por Saraiva (1999), Teiga (2003), Palmer *et al.* (2005), Coelho (2009) e Teiga (2011):

a) Caracterização e diagnóstico

Um projeto de intervenção fluvial que tenha por base a compreensão do funcionamento do curso de água na sua bacia hidrográfica apresenta maiores probabilidades de sucesso (Palmer *et al.*, 2007). A reabilitação de um sistema fluvial deve ser precedida da realização de estudos de caracterização com recolha de informação necessária para conhecimento do seu funcionamento, deteção de problemas, definição de objetivos, estabelecimento de prioridades e definição de soluções. O conhecimento do comportamento do sistema fluvial permite a determinação do seu potencial ecológico e, consequentemente, a previsão da sua evolução na sequência da intervenção e a elaboração de ajustamentos quando esta evolução não é a esperada ou quando ocorrem eventos inesperados que interferem com o sucesso do projeto (Palmer *et al.*, 2007). O conhecimento do estado de conservação do sistema fluvial pré-intervenção e a previsão da sua evolução em resposta à intervenção facilita o processo de avaliação do projeto de intervenção, na medida em que permite, através de monitorização do estado do sistema fluvial pós-intervenção, determinar a evolução real do sistema fluvial e realizar a comparação com os objetivos previstos no projeto.

No anexo B identificam-se exemplos de parâmetros de caracterização de sistemas fluviais, definidos por FISRWG (1998), Elozegi & Sabater (2009), Coelho (2009) e Teiga (2011).

No anexo C encontram-se descritas metodologias e índices de caracterização e diagnóstico utilizados em diversos países, sintetizados por Teiga (2011).

b) Identificação de objetivos e soluções

A identificação de soluções para reabilitação de sistemas fluviais é realizada com base na informação adquirida na fase de caracterização e diagnóstico. As soluções identificadas devem ser estudadas, nomeadamente no que diz respeito aos benefícios que introduzem no sistema, à sua durabilidade e aos custos que acarretam; destas, devem ser selecionadas as que melhor se adequam ao sistema fluvial em questão. Deve proceder-se (i) à identificação das atividades previstas no projeto de intervenção que sejam potencialmente causadoras de impactos e (ii) à previsão de medidas de mitigação ou correção dos mesmos.

A implementação de um projeto de intervenção fluvial é muitas vezes acompanhada de uma gestão adaptativa. Retornar um sistema fluvial à sua forma natural é um desafio que geralmente não é alcançado, devido à irreversibilidade de alterações provocadas nas condições da envolvente (Wade *et al.*, 1998 in Macedo, 2009; Findlay & Taylor, 2006). Na maioria dos casos, mesmo sendo conhecida a situação pré-distúrbio de um sistema fluvial, a atual dinâmica hidrológica não permite tal adequação, sobretudo devido a obstruções a montante e a modificações do uso do solo (Wade *et al.*, 1998 in Macedo, 2009). A solução mais pragmática é a de restabelecer, de acordo com as possibilidades permitidas pelo contexto regional, a situação em que o sistema fluvial se encontrava menos degradado (Middleton, 1999 in Palmer *et al.*, 2005; Choi, 2004 in Palmer *et al.*, 2005; Palmer *et al.*, 2004 in Palmer *et al.*, 2005; Suding *et al.*, 2004 in Palmer *et al.*, 2005).

A existência de edificações nas proximidades dos cursos de água, nomeadamente no leito de cheia, faz com que, geralmente, se torne necessário proceder à aquisição de solos, recorrer a medidas que afetam terrenos nas zonas envolventes e formular acordos com proprietários de terrenos confinantes da linha de água. O investimento exigido em soluções deste tipo faz com que a tendência seja para a escolha de locais a intervencionar que sejam propriedade pública, em detrimento de locais onde a aquisição de solos seja necessária, mesmo que estes últimos apresentem maior necessidade de intervenção ou maior probabilidade de sucesso (Bernhardt & Palmer, 2007).

Estradas e sistemas de drenagem de águas pluviais e de recolha de água residuais acompanham e cruzam o traçado dos cursos de água, impondo, geralmente, limitações às possibilidades de intervenção locais e à eficiência das intervenções numa visão global da bacia hidrográfica (Bernhardt & Palmer, 2007).

Deve ter-se também em consideração que alguns cursos de água se encontram tão modificados que se torna economicamente inviável a sua reabilitação (Gregory, 2006 in Macedo, 2009). Também por falta de recursos adequados (p.e. maquinaria, meios humanos qualificados e meios financeiros) nem sempre as ações que se pretende implementar são exequíveis (Mendes, 2012).

c) Implementação

Devem ser tidos em consideração alguns parâmetros que garantam que, durante a fase de implementação, serão executados procedimentos corretos e medidas adequadas à dinâmica dos sistemas fluviais. As atividades desenvolvidas devem ser acompanhadas por técnicos com formação adequada, para orientação de trabalhos e resolução de situações imprevistas.

d) Monitorização

Deve ser definido um programa de monitorização para acompanhamento periódico da evolução do sistema fluvial como resposta à intervenção e identificação de possíveis impactos que influenciem negativamente esta evolução. A monitorização permite a validação das soluções de reabilitação implementadas e assegura o desenvolvimento e a manutenção das mesmas.

A monitorização pode ser realizada a nível técnico, com protocolos de caracterização, ou por grupos de voluntários, com metodologias adequadas, e deve ser mais frequente no período imediatamente após intervenção e sucessivamente menos frequente (Woolsey *et al.*, 2007). Os resultados da monitorização devem ser adicionados a uma base de dados, contendo já os resultados da caracterização prévia. Este processo facilita a avaliação geral do projeto e, consequentemente, promove a melhoria contínua (Palmer *et al.*, 2007).

No anexo D encontram-se identificados parâmetros gerais de monitorização sintetizados por Teiga (2011) e parâmetros relativos à monitorização da componente ecológica do sistema fluvial, definidos na DQA.

e) Manutenção

Deve ser elaborado um plano específico, com previsão de ações a desenvolver após execução da obra, com o objetivo de proteger e conservar as técnicas de reabilitação implementadas. A manutenção das áreas intervencionadas inclui a manutenção periódica, medidas corretivas e medidas de emergência, a que correspondem, entre outras, as ações descritas na tabela 6.

Tabela 6 – Exemplos de ações de manutenção (adaptado de Teiga, 2011).

Tipo de manutenção	Ações de manutenção
Manutenção periódica	Contenção de espécies infestantes, aparos em prados cortados, podas em árvores e arbustos, manutenção das técnicas de estabilização de margens, remoção de obstruções e de assoreamentos.
Medidas corretivas	Substituição de vegetação danificada, remoção de vegetação junto a caminhos caso impeça a circulação, correção de descargas de efluentes, limpeza de resíduos, substituição ou reparo de mobiliário danificado.
Medidas de emergência	Remoção de material lenhoso após eventos de cheias, salvamento de peixes após descarga grave, remoção de estruturas após rutura ou deslizamentos.

A manutenção das áreas intervencionadas deve ser frequente, em oposição a limpezas “radicais” mais espaçadas no tempo, nomeadamente com recurso a máquinas que causam compactação do solo. As ações de manutenção devem ser progressivamente menos frequentes (especial incidência nos 3 a 5 anos após intervenção), até que o ecossistema atinja o estado de resiliência.

À semelhança da fase de implementação, a fiscalização dos trabalhos de manutenção por técnicos com formação adequada é essencial.

A ausência de manutenção ou a manutenção desajustada pode resultar num desequilíbrio no sistema fluvial e no reiniciar da degradação do mesmo.

f) Sensibilização e participação pública

A participação da população em todas as fases, de planeamento, implementação e acompanhamento, do projeto é um fator fundamental para o êxito do mesmo (Palmer *et al.*, 2007), na medida em que se pretende que as propostas estabelecidas tenham não só viabilidade técnica, como aceitação por parte do público a quem também se destinam. A população constitui não só um agente mais ou menos ativo na transformação dos sistemas ambientais, mas também o seu utilizador e detetor de disfunções e potencialidades. A participação pública permite assim:

- ✓ Efetuar um diagnóstico mais realista e adotar medidas mais eficazes e adaptadas à realidade e potencialidades locais;
- ✓ Adotar medidas com maior legitimidade e aceitação por parte da sociedade e reduzir conflitos;
- ✓ Promover o desenvolvimento de uma sociedade conhecedora e ativa;
- ✓ Melhorar a gestão de recursos humanos e materiais e diminuir os custos e tempo do projeto;
- ✓ Reforçar a presença do curso de água, a apropriação dos espaços, a responsabilidade social e ambiental e o incentivo na continuidade das intervenções realizadas;
- ✓ Aumentar o envolvimento da sociedade na preservação, monitorização, manutenção e fiscalização contínua dos espaços.

Na tabela 7 encontram-se exemplos de ações de participação pública, divididos pelas fases de informação e consulta. Estas ações devem ser desenvolvidas após identificação dos grupos ou indivíduos possivelmente afetados pelas intervenções planeadas.

Tabela 7 – Fases do processo de participação pública (adaptado de DQA, 2000; Teiga, 2011).

Fases	Ações
Informação: permitir e providenciar o acesso a informação, rigorosa, pertinente e oportuna	Existência de um local de informação por Junta de Freguesia ou acesso público à internet
	Possibilidade de acesso, por parte da população, a informação sobre projetos de participação pública
	Divulgação dos objetivos gerais dos projetos e das suas várias fases de desenvolvimento
	Divulgação das consequências sociais, económicas e ambientais de decisões e projetos alternativos
Consulta: permitir e providenciar o envolvimento da população na identificação e seleção de soluções	Elaboração e divulgação de relatórios técnicos, com linguagem adequada
	Sessões de participação pública
	Inquéritos à população para deteção de carências, aspirações e valores e discussão de soluções
	Registo de sondagens/entrevistas diretas à população

Para que a participação da população nas diversas fases do projeto de intervenção seja possível, é necessário que seja potenciada a educação prévia da mesma, de forma a que não ocorram ações contra os objetivos da reabilitação, por falta de conhecimento ou má interpretação. Exemplos deste tipo de ações são, nomeadamente, situações em que águas residuais são indevidamente ligadas ao sistema de recolha de águas pluviais, muitas vezes por falta de conhecimento, resíduos são depositados em locais indevidos, espécies autóctones são excessivamente exploradas e espécies exóticas de carácter invasor são introduzidas (Saraiva, 1999).

A par da fiscalização, a sensibilização e participação pública constituem fases de extrema importância em procedimentos ambientais, ainda muito descuradas (Saraiva, 1999). Ações de participação pública, em especial da fase de consulta da população na fase inicial de tomada de decisão, raramente são postas em prática, menos ainda através de um procedimento formal (Sessa, 2012).

Um exemplo de metodologia de participação pública é o Projeto Rios, criado na Catalunha em 1997 e adotado em Portugal em 2006 por diversas entidades institucionais, no qual a população se voluntaria a adotar troços de 500 metros de sistemas fluviais e, de acordo com uma metodologia definida, a identificar disfunções, monitorizar o seu estado e proceder à sua manutenção seletiva, apoiada por monitores com formação (ProjectoRios, 2013).

2.1.4. MEDIDAS TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO DE SISTEMAS FLUVIAIS

As medidas técnicas possíveis de serem implementadas no âmbito da reabilitação fluvial dividem-se em medidas não-estruturais e medidas estruturais. Os projetos de reabilitação fluvial tornam-se, em geral, mais eficazes se conjugarem os dois tipos de medidas (Bernhardt & Palmer, 2007). Procede-se, em seguida, à descrição de ações que integram medidas não-estruturais e estruturais de reabilitação fluvial:

a) Medidas não-estruturais

Constituem medidas de caráter não-físico e predominantemente preventivo, por atribuição de competências, responsabilidades e funções aos interventores no meio hídrico (Teiga, 2003).

Englobam a publicação de legislação comunitária e transposta para os diferentes países, a elaboração de planos, contendo orientações para o cumprimento de metas estabelecidas, a delimitação de áreas a proteger e a compatibilização de utilizações nas mesmas, a implementação de planos de monitorização e fiscalização de projetos e de programas de sensibilização e participação pública e a formação de técnicos e decisores.

Intervenções sobre as causas de degradação dos ecossistemas através de medidas não-estruturais resultam na redução da necessidade de implementação de intervenções estruturais, já que os próprios ecossistemas apresentam uma elevada taxa de recuperação natural. A aplicação de medidas não-estruturais, apesar de poder ser pontualmente mais barata do que a aplicação de medidas estruturais, constitui uma medida de longo prazo, isto é, os seus efeitos só são notados num espaço de tempo alargado, pelo que, politicamente, as estratégias têm tendência a ser invertidas, com a aplicação maioritária de medidas estruturais (Mendes, 2012). Benefícios a longo prazo devem ser prioritários em relação a benefícios a curto prazo, tendo em conta que, quando aplicadas a determinadas problemáticas (p.e. controlo de cheias), medidas estruturais apresentam eficácia limitada e, se mal geridas, podem agravar a problemática em causa (Pitcock, 2013).

No anexo E encontram-se identificados alguns dos documentos e instrumentos que se incluem na categoria de medidas não-estruturais de reabilitação de sistemas fluviais.

A prática comum caminha, quase sempre, com atraso face à legislação criada e a conceitos emergentes (Saraiva, 1999). Por exemplo, o domínio do ordenamento do território encontra-se assente em fortes disposições regulamentares, mas a capacidade de implementação ou fiscalização é reduzida. Medidas regulamentares de ordenamento, geralmente, só são aplicadas quando a densidade de ocupação é elevada e a eficácia na minimização do problema é menor (Saraiva, 1999). Ações de proteção contra fenómenos ambientais extremos são aplicadas, tendencialmente, após as catástrofes, através da criação de grupos de trabalho e programas para lidar com situações de emergência. Decorrido algum tempo, estabelece-se, geralmente, uma situação de abrandamento da prática das medidas estabelecidas, nomeadamente as de caráter não-estrutural (Saraiva, 1999).

b) Medidas estruturais

Descrevem-se, em seguida, exemplos de medidas técnicas estruturais de reabilitação fluvial, relativas aos objetivos específicos de melhoria da qualidade da água, melhoria das condições hidráulicas, renaturalização e estabilização do leito e margens, recuperação de *habitat* e melhoria do espaço público.

❖ Melhoria da qualidade da água

A reabilitação de sistemas fluviais deve ter como prioridade inicial a melhoria da qualidade da água. Para tal é necessário completar a rede de saneamento através da instalação de coletores e execução de ramais, melhorar a qualidade do serviço através da recuperação ou substituição de coletores, ligar as habitações à rede de saneamento e sensibilizar a população (AdP, 2013).

❖ Melhoria das condições hidráulicas

Sempre que possível, o desentubamento de linhas de água deve ser realizado, com os seguintes benefícios (AdP, 2013):

- ✓ Diminuição do risco de obstrução;
- ✓ Diminuição do risco de inundações;
- ✓ Maior facilidade de deteção de focos de poluição;
- ✓ Melhoria da capacidade de autodepuração da água;
- ✓ Aumento da conectividade ecológica;
- ✓ Criação de espaços de lazer e contacto com a natureza.

A criação de um canal naturalizado, mais próximo do existente antes de regularização, melhora significativamente as condições hidráulicas de escoamento da linha de água e seus sedimentos, mesmo em situações extremas de precipitação, na medida em que reduz consideravelmente a área inundada e a velocidade de escoamento.

As opções englobam frequentemente a meandrização do leito e/ou a modelação/adequação de secções transversais do canal. A meandrização do leito permite recuperar a diversidade morfológica e hidráulica no mesmo, incluindo sequências de rápidos/remansos, variação de substratos e diversidade de *habitats* (Ferreira, 2006). A modelação/adequação de secções transversais é realizada, por exemplo, para incremento da secção de vazão do curso de água. Este incremento pode, no entanto, ser inconveniente durante a época de estiagem, pela ausência de caudal expressivo.

Inserem-se ainda no objetivo de melhoria das condições hidráulicas trabalhos de limpeza e desobstrução do leito. Este tipo de trabalhos inclui a remoção de resíduos e o desassoreamento.

As práticas tradicionais de limpeza e desobstrução em cursos de água são geralmente demasiado drásticas, alterando o substrato do leito e a estrutura da vegetação das margens, com impactos

desfavoráveis na dinâmica e diversidade dos sistemas fluviais. Segundo Teiga (2009), os trabalhos de limpeza e desobstrução devem:

- ✓ Ser desenvolvidos de jusante para montante;
- ✓ Ocorrer, sempre que possível, antes do período de chuvas e durante o período de outono;
- ✓ Permitir e preservar a vegetação e fauna autóctones;
- ✓ Evitar a remoção da vegetação fixadora das margens;
- ✓ Ser realizados numa margem de cada vez, de modo gradual, para evitar choques violentos para o ecossistema;
- ✓ Ser realizados evitando o uso de meios mecânicos, do modo mais rápido e silencioso possível.

❖ **Renaturalização e estabilização das margens**

Neller (1988) concluiu que o aumento da taxa de erosão num sistema fluvial não significa necessariamente que este se encontra instável. Esta pode ser a resposta do sistema às perturbações a que está sujeito, ajustando-se até encontrar novo equilíbrio. Woolsey *et al.* (2007) referem que nem sempre é necessário proceder à estabilização das margens quando ocorre erosão, uma vez que é importante manter o ciclo de sedimentos do curso de água.

O ideal seria obter um canal estável sem qualquer tipo de revestimentos ou proteções adicionais, mas, em muitas situações, isso implicaria a existências de canais muito largos, de forma a obter velocidades compatíveis com o tipo de material constituinte do canal (Lemos, 2008).

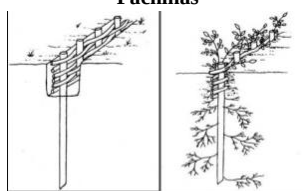
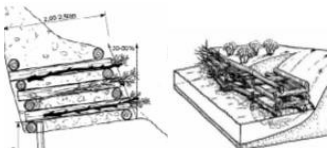
As técnicas de proteção de margens contra a ação hidráulica são classificadas em diretas ou indiretas, sendo que as diretas se subdividem em flexíveis e rígidas (Lemos, 2008). As vantagens e desvantagens das técnicas de proteção direta e indireta de margens encontram-se descritas no anexo F.

De entre as referidas, destacam-se as técnicas naturais de bio-engenharia, que se inserem na categoria de proteções diretas flexíveis. Estas técnicas utilizam materiais naturais (pedras, troncos e vegetação), preferencialmente da região, e contribuem para a proteção do leito e margens, permitindo, simultaneamente, repor o funcionamento do sistema fluvial, nomeadamente como filtro de sedimentos, nutrientes e poluentes e aumentar a diversidade de *habitat* e o potencial dos valores recreativos e paisagísticos do local. Estes objetivos são conseguidos com custos reduzidos. Quando estas técnicas se encontram em funcionamento pleno não são perceptíveis, uma vez que a vegetação se desenvolve ao redor das mesmas (Teiga, 2011).

Como material de construção, a vegetação possui características singulares, sendo a principal a sua capacidade de regeneração. As raízes e rizomas aumentam a resistência do solo à desagregação e a folhagem imersa absorve e dissipa a velocidade das águas (Saraiva, 1999). No anexo G encontram-se descritas as vantagens e desvantagens da utilização da vegetação como material de construção, comparativamente com técnicas de proteção direta, inertes e rígidas, que utilizam materiais pouco flexíveis, como betão ou misturas de enrocamento com argamassas.

Na tabela 8 encontram-se descritos exemplos de técnicas de proteção direta utilizadas na estabilização de margens.

Tabela 8 – Exemplos de técnicas de proteção direta de margens (Amorim, 2004; Lemos, 2008; Teiga, 2011; Pereira, 2001).

Técnicas	Descrição
Enrocamento 	Consiste numa camada de pedras, normalmente dispostas de forma solta, que constituem uma superfície rugosa e estável. De modo a evitar a lavagem do solo subjacente e a consequente destruição da construção, deve ser colocado um filtro composto por cascalho ou geotêxtil sob o enrocamento. Subdivide-se em riprap, blocos de pedra, enrocamento ligeiro arrumado e enrocamento com argamassa (colocado juntamente com a aplicação de betão ou betume). Vantagens: elevada proteção para margens e leito de cursos de água na influência de correntes particularmente agressivas; a superfície rugosa promove a deposição de partículas em suspensão, possibilitando a formação de solo nos interstícios e a consequente instalação de vegetação que aumentará a ação consolidante da infraestrutura; custo reduzido Desvantagens: promove o aumento da energia cinética do curso de água, causando um progressivo aumento dos problemas a jusante; retarda a colonização vegetativa e a interface entre a vegetação e a linha de água.
Riprap	Constituído por elementos independentes de pedra, com granulometria relativamente elevada. Vantagens: elevada proteção para margens e leito de cursos de água sob fortes correntes e ondulações, incluindo elevados níveis de turbulência; solução viável para proteção de margens com inclinação elevada; elevada flexibilidade; baixa necessidade de manutenção; proteção imediata e durável; facilidade de integração de vegetação.
Blocos de pedra	Constituído por blocos de pedra de elevadas dimensões cuidadosamente colocados em camadas, para formarem vários degraus ao longo da margem, com o objetivo de facilitar a fixação de vegetação. Desvantagens: necessidade de maquinaria pesada para instalação, efeito estético pouco aprazível, oferece proteção estável face a velocidades de escoamento elevadas, mas somente para níveis de turbulência moderados.
Enrocamento ligeiro arrumado	As pedras são colocadas manualmente. Este revestimento é maioritariamente usado na proteção superior das margens e raramente se aplica à sua totalidade. É resistente a escoamentos médios a fortes e proporciona uma agradável integração paisagística. No entanto apresenta flexibilidade relativa e necessita de manutenção frequente.
Fachinas 	São permeáveis à água e garantem de imediato a proteção contra a erosão. As fachinas, formadas por ramos de árvores e arbustos, geralmente de salgueiro ou choupo, são enterradas numa vala segundo o nível médio da água e fixadas com estacas a cada metro. São dispostas com a base orientada para montante, formando pequenos defletores e um espaço intermédio, não consolidado, sujeito à dinâmica fluvial. Esta técnica transforma um talude com declive severo em pequenos taludes de menor inclinação e é normalmente aplicada em margens pouco meandrizadas e em cursos de água onde a velocidade de escoamento é reduzida e, consequentemente, onde a erosão é menos agressiva.
Empacotamento 	Consiste num muro permeável de estrutura simples ou dupla, constituído por ramos finos e flexíveis e preenchido com estacas vivas ou vegetação enraizada. As pontas dos ramos são colocadas num fosso na base da margem e são ancoradas com paliçadas. O empacotamento é fixado à margem por redes de arame e estacas de madeira. A estrutura tenderá a consolidar-se pelo desenvolvimento da vegetação e pela deposição de materiais.
Estacaria	Aplicada em cursos de água de reduzida largura e com margens planas com mediana estabilidade, para favorecimento da deposição de materiais. Apresentam bons resultados

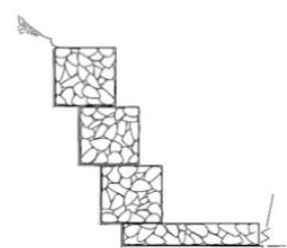
Técnicas	Descrição
	em solos húmidos e inundados. Enterram-se, perpendicularmente ao declive da margem, ramos vivos sob a forma de estacas, que são posteriormente consolidadas por um suporte perpendicular.
Gabiões 	Constituídos por uma malha em arame preenchida com pedras. São colocados sobre geossintéticos ou sobre camada filtrante se a velocidade de escoamento for elevada. A malha em arame restringe o movimento das pedras no seu interior, o que permite aumentar a estabilidade destes elementos, quando comparado com os revestimentos constituídos por pedras soltas. Subdividem-se em gabião caixa (pedras cúbicas), colchão Reno (pedras retangulares com espessura reduzida) e gabião saco (pedras cilíndricas). Vantagens: resposta rápida quando a margem se encontra muito vulnerável à erosão e o curso de água possui elevada energia hidráulica; pode ser instalada em declives elevados; permite a apropriação por vegetação; é permeável à água e de fácil construção. Desvantagens: pouco flexível, exceto quando são usados colchões Reno; a malha em arame pode ser deteriorada se ficar sujeita a fricção e/ou desgaste; custos de manutenção elevados, exceto quando são usados colchões Reno; provoca um impacto pouco natural.
Rolos de caniço 	Parapeito de terra ou pedras, permeável e em forma de cesto, com terra e rizomas. Os rolos assim formados são dispostos ao longo do sopé da margem e fixados por estacas. Apresentam particular interesse na proteção de margens sujeitas a pouca variação de caudal e com base em sistemas combinados de proteção. Promovem a deposição de materiais e aumentam a capacidade auto-depuradora da linha de água.
Sementeiras e hidrosementeiras	Permite obter, de forma económica e num curto espaço de tempo, uma boa cobertura do solo. A mistura de sementes deve incluir espécies de instalação rápida, espécies de enraizamento profundo, espécies de enraizamento intensivo e leguminosas. As hidrosementeiras combinam a mistura de sementes com substâncias que asseguram humidade para a sua germinação. Esta técnica pode ainda ser combinada com fertilizantes naturais.

Tabela 8 (Continuação) – Exemplos de técnicas de proteção direta de margens (Amorim, 2004; Lemos, 2008; Teiga, 2011; Pereira, 2001).

No que diz respeito a técnicas de proteção indireta de margens, destacam-se os esporões e defletores, que apresentam a função de estabilização de secções de escoamento, através da promoção do desvio de correntes e da deposição de material sólido transportado pelo escoamento, de modo a minimizar a erosão geral do leito e margens. São construídos transversalmente ao leito a partir de uma das margens, ocupando parte da largura da secção transversal. Utilizam-se enrocamentos, cascalho, terra, materiais vegetais ou blocos artificiais. Quanto maior for a força de arraste do escoamento, maior deve ser o peso unitário dos elementos construtivos. Podem ser conjugados com vegetação, proporcionando maior deposição de sedimentos. Os defletores apresentam dimensões inferiores às dos esporões.

Os princípios gerais inicialmente considerados para a escolha do tipo de proteção a adotar num determinado curso de água são a inclinação do talude da margem e o espaço disponível (figura 2) (Cortes, 2000). Devem igualmente ser tidos em conta o gradiente de humidade do solo, a velocidade da corrente e o tipo de substrato. Sempre que existir disponibilidade de espaço, a inclinação da margem deve ser moldada para instalação de cobertura vegetal. Caso haja limitação de espaço ou o curso de água apresente características torrenciais terão de ser

O diagrama ilustra a evolução de um talude natural para uma situação ótima de bioengenharia. A base horizontal é rotulada como "horizontal". O talude natural é representado por uma linha inclinada com uma razão de 1:3. A "Verificação da estabilidade" é mostrada por uma curva vermelha que indica a zona de ruptura potencial. A "Correcção do declive e revegetação" é representada por uma linha inclinada com uma razão de 1:1. A "Combinação de estruturas de estabilização, bioengenharia" é mostrada por uma linha inclinada com uma razão de 2:1. A "Situação ótima para técnicas Bioengenharia" é representada por uma linha inclinada com uma razão de 3:1. A "Plantação/sementeira" é mostrada por uma linha inclinada com uma razão de 10:1. O diagrama também indica a presença de "Enrocamentos e gabiões" na base do talude.

Em termos gerais, as soluções de bioengenharia ou as soluções que envolvem utilização de vegetação, estão mais dependentes, especialmente no período que se segue à sua instalação, de manutenção periódica, para que possam desempenhar as suas funções corretamente. Ainda assim, quando não existirem impedimentos, devem ser preferidas medidas de conceção naturalista, na medida em que, seguindo as leis da Natureza os projetos são mantidos com custos reduzidos, enquanto que, contrariando-as pode ser necessário recorrer a medidas de manutenção de emergência, muitas vezes com custos muito superiores aos custos de execução dos projetos.

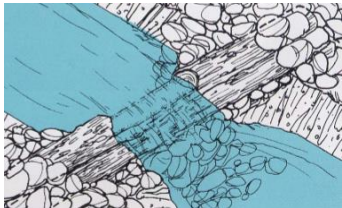
As estruturas morfológicas fluviais, vulgarmente designadas por *habitat*, resultam da morfologia do canal e dos tipos de fluxo de água aí existentes, que, por sua vez, resultam do regime hidrológico do sistema fluvial em questão, dos tipos e proporção relativa de substratos geológicos do leito e dos padrões de erosão e sedimentação de materiais associados (Ferreira, 2006). No anexo I encontram-se identificados exemplos de micro e macro *habitats*.

O meio urbano pode sustentar uma elevada biodiversidade faunística e pode até permitir o ressurgimento de espécies extintas em locais onde historicamente se conhece a sua existência, se existirem os requisitos para o seu ciclo de vida. A recuperação de *habitat* e, consequente recuperação da biodiversidade, é conseguida com recurso, nomeadamente, ao repovoamento de espécies de vegetação e de fauna, à eliminação de espécies exóticas e invasoras e à instalação de determinadas estruturas no canal. No entanto, este tipo de intervenções só faz sentido se as condições hidrológicas do sistema fluvial em causa, bem como a qualidade da sua água, não constituírem impedimentos aos objetivos que apresentam (Bernhardt & Palmer, 2007).

Deve ser efetuado um levantamento prévio da fauna e flora existentes nos troços selecionados e envolvente, com o objetivo de fornecer informação relevante para os projetos de intervenção, nomeadamente, aferir sobre as zonas mais afetadas por poluição e as espécies a incluir e remover e permitir acompanhar a evolução dos ecossistemas (Saraiva, 1999).

Secções transversais não uniformes, meandros e vegetação aumentam a heterogeneidade de profundidades, velocidades e movimentos no curso de água e, deste modo, é conseguida a diversidade de *habitats* (Järvelä & Helmiö, 2004). Na tabela 9 encontram-se descritas opções de estruturas a instalar no leito para promoção de *habitats* diferenciados.

Tabela 9 – Exemplos de estruturas a instalar para promoção de diversidade de *habitats* (Ferreira, 2006; Coelho 2009).

Técnicas	Descrição
Açudes 	A jusante dos açudes forma-se frequentemente uma depressão seguida de um rápido, possibilitando uma maior diversidade de condições hidráulicas. Os açudes são construídos com materiais diversos, preferencialmente naturais, por exemplo blocos de pedra, troncos de árvores ou gabiões, dispostos no leito. Podem ser dispostos em diferentes ângulos em relação à margem, ser estruturas transversais direitas, irregulares ou em V, no sentido de montante ou de jusante e podem ser permanentemente galgáveis ou apenas a partir de determinado caudal. Os locais de instalação dos açudes devem ser definidos de forma a não agravar situações de extravasamento. No seu dimensionamento deve ser tido em conta que, por um lado, a sua existência não deve constituir novo obstáculo para caudais elevados e, por outro lado, a sua altura deve ser algo significativa. A montante dos açudes devem existir grelhas para evitar a acumulação de detritos de grandes dimensões. A jusante dos mesmos, se for prevista a formação de depressões seguidas de rápidos, deve ser construída uma bacia para dissipação da energia.
Defletores 	Podem ser contituídos pelos mesmos materiais que os açudes. Diminuem a largura do leito, acelerando a corrente na passagem pela estrutura, o que resulta na criação de zonas de rápidos e zonas de remansos, onde ocorre deposição de materiais finos.
Empoçamentos laterais 	Pequenas baías laterais, protegidas da zona principal de corrente, aumentam a diversidade de <i>habitats</i> no canal, fornecendo zonas de abrigo e alimentação para a fauna e contribuindo, nomeadamente, para mitigar os impactos de descargas.
Diversificação de substratos 	Vários tipos de substratos (p.e. calhau rolado e pedra da região) podem ser instalados em determinadas zonas do leito, para melhorar as condições de <i>habitat</i>. Também é possível a disposição de árvores ou partes de árvores no leito, plantação ou sementeira de vegetação marginal ou aquática em zonas de maior deposição de materiais finos.

Os esporões, técnicas indiretas de estabilização de margens, geralmente utilizados para defletir o escoamento da margem côncava do curso de água, evitando o efeito erosivo que lhe está associado, por favorecerem a deposição de sedimentos, contribuem também para o aumento da diversidade de *habitats*, nomeadamente micro *habitats*.

As estruturas identificadas produzem efeitos de importância relativa decrescente à medida que a largura do canal aumenta. Entre os benefícios encontram-se o direcionamento da corrente para zonas chave, criação de zonas irregulares na secção e criação de zonas de erosão e de zonas de sedimentação, diversificação das velocidades de escoamento, favorecimento da deposição de folhagem no leito, formação de diferentes tipos de substrato, formação de condições heterogéneas de parâmetros físico-químicos, aumento da diversidade de temperaturas no curso de água, aumento de abrigos e amortecimento dos caudais de cheia. Esta diversidade de condições proporciona a cada espécie faunística possibilidades de adaptação (Teiga, 2003; Ferreira, 2006).

No que diz respeito a espécies de vegetação, as espécies de valor ecológico, autóctones e em bom estado sanitário devem ser conservadas. Devem ser plantadas espécies autóctones, adequadas aos *habitat* que se pretende promover para as espécies-alvo faunísticas. As espécies invasoras, que constam no anexo I do Decreto-Lei nº 565/99 de 21 de dezembro, devem ser alvo de programas plurianuais de controlo ou erradicação. O documento “Normas técnicas de elaboração dos planos específicos de intervenção florestal”, elaborado pela Autoridade Florestal Nacional, que data de setembro de 2009, contém informação sobre técnicas de controlo e erradicação destas espécies.

As intervenções em sistemas fluviais devem adaptar-se, tanto quanto possível, às características do ecossistema, nomeadamente respeitando os períodos de floração e frutificação e os períodos de reprodução e desenvolvimento das crias das espécies mais sensíveis, ou seja, não devem englobar os meses de março, abril e maio. A plantação deve ser realizada no período de primavera, de modo a permitir a adaptação da vegetação adicionada. Tanto quanto possível, devem ser mantidas as estruturas de ecossistemas existentes ecologicamente mais desenvolvidas, em termos de estrutura, desenvolvimento e maturidade. As intervenções sobre o fundo do leito devem ser limitadas, de modo a manter a diversidade de *habitat*.

❖ **Melhoria do espaço público**

Uma perceção favorável, por parte da população, sobre um sistema fluvial resulta numa aproximação e valorização do mesmo para usufruto. Pelo contrário, uma perceção desfavorável leva a um afastamento e consequente degradação deste sistema. Perceções desfavoráveis são, no entanto, quase sempre desenvolvidas devido à degradação imposta pela própria população, o que origina um ciclo vicioso de degradação e afastamento (Saraiva, 1999).

A avaliação dos valores de não-uso é fundamental para a compreensão das interações dinâmicas entre a sociedade, o território e o ambiente e, consequentemente, da transformação da paisagem. O facto de os valores de não-uso dos sistemas fluviais serem de avaliação subjetiva faz com que estes sejam muitas vezes negligenciados, uma vez que envolvem a perceção por parte de uma população não uniforme, com diferentes interesses (Saraiva, 1999).

Em ações de melhoria do espaço público, integradas em projetos de reabilitação fluvial, a presença e circulação humana na área intervencionada deve ser privilegiada, através da criação de percursos pedonais e cicláveis integrados na paisagem. Os percursos projetados devem acompanhar a sinuosidade do traçado do curso de água e permitir acesso a todas as zonas da área intervencionada. Estes percursos devem articular um circuito formado por outros percursos pedonais e cicláveis e meios de transportes públicos, permitindo a ligação entre as linhas de água e outros pontos de atração, nomeadamente locais de interesse cultural e áreas verdes da cidade (figura 3).



Figura 3 – Conceito de articulação entre zonas reabilitadas e pontos de interesse da cidade do Porto (AdP, 2013).

Ao longo dos percursos criados devem ser previstas zonas de estadia com instalação de mobiliário urbano. Na escolha do mobiliário urbano deve ser tido em conta o valor estético, a coerência com o espaço público urbano e a integração visual em áreas naturalizadas.

A distribuição da vegetação deve promover uma maior densidade junto ao curso de água, de modo a dar mais expressão à orla ripícola e intensa biodiversidade, em contraste com espaços de estadia e transparência visual (aspeto relevante para a promoção do sentimento de segurança nos espaços públicos exteriores). A disposição da vegetação deve ainda promover a minimização do impacto das construções envolventes. Podem ser aplicados dois tipos de prado: os prados cortados, concebidos para acolher utilização, e os prados em crescimento livre, para favorecer a biodiversidade e criar um efeito sensorial contrastante. Os prados cortados querem-se amplos, quase vazios, sem obstáculos, apenas pontuados por árvores de especial interesse ornamental. Os prados em crescimento livre são plantados por sementeira e constituídos por diferentes espécies de vegetação.

2.2. AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE INTERVENÇÃO FLUVIAL

A avaliação de projetos de intervenção em sistemas fluviais, a par da pesquisa científica nas áreas de influência destes sistemas, é de extrema importância, na medida em que se procede à identificação e quantificação de erros e acertos, o que permite avaliar a eficácia e eficiência dos projetos, adotar uma gestão adaptativa, otimizar programas futuros e obter a aceitação pública (Bernhardt & Palmer, 2007; Woolsey *et al.*, 2007).

Projetos que não cumpram os objetivos inicialmente propostos, mas aos quais tenha sido realizada uma avaliação adequada, podem apresentar uma contribuição mais significativa de aprendizagem para projetos futuros do que projetos que cumpram os objetivos (Bash & Ryan, 2002 in Woolsey *et al.*, 2007; Palmer *et al.*, 2005). Segundo Palmer *et al.* (2005), de um modo geral, o potencial de aprendizagem de um projeto de intervenção fluvial depende do investimento aplicado na caracterização do estado de conservação inicial do sistema e da atenção dada ao desenho das soluções e à monitorização pós-implementação.

O progresso em intervenções fluviais tem sido limitado pela falta de entendimento na definição de critérios (metodologias e indicadores) de avaliação do sucesso das mesmas. A inexistência de critérios globalmente aceites resulta em incentivos reduzidos para que os intervenientes nos projetos de intervenção fluvial avaliem e publiquem os resultados dos mesmos (Bernhardt *et al.*, 2005; Palmer *et al.* 2005) e, conseqüentemente, a avaliação destes projetos raramente é realizada (Downs & Kondolf, 2002 in Woolsey *et al.*, 2007).

Além da limitação por falta de critérios de avaliação, identificam-se limitações por falta de financiamento, tempo e mão-de-obra especializada (Bash & Ryan, 2002 in Woolsey *et al.*, 2007). Bratrich (2004) (in Woolsey *et al.*, 2007) estima que os custos de avaliação de projetos de intervenção fluvial se situam entre 5 a 10% do custo total do projeto, ou seja, são custos relativamente reduzidos e que não devem justificar a reduzida prática de avaliação destes projetos. Também a falha na definição de objetivos claros para os projetos de intervenção fluvial é identificada como limitação à avaliação destes projetos (Woolsey *et al.*, 2007).

A avaliação do sucesso de projetos de intervenção fluvial deve traduzir a eficácia e eficiência dos mesmos na melhoria dos sistemas intervencionados, de acordo com o estado inicial de perturbação dos mesmos, com os objetivos dos projetos e com a sua adequabilidade no âmbito da reabilitação fluvial e dos objetivos da DQA. É necessário ter em conta que os efeitos das intervenções nos sistemas fluviais não são imediatos, pelo que a avaliação do sucesso dos projetos só poderá ser conclusiva 1 a 3 anos (dependendo dos parâmetros analisados) após a intervenção ser concluída (Woolsey *et al.*, 2007). Quanto mais prolongado for o período de avaliação, maior a precisão da mesma (Downs & Kondolf, 2002 in Woolsey *et al.*, 2007). A avaliação do sucesso de projetos de intervenção fluvial com base no cumprimento dos objetivos

propostos é geralmente negligenciada apesar da sua importância na detecção de falhas na concepção e implementação dos projetos (Woolsey *et al.*, 2007).

Os resultados da avaliação devem ser publicados e utilizados na promoção da melhoria dos processos de concepção, implementação e acompanhamento dos projetos (Woolsey *et al.*, 2007). À medida que vai sendo adquirida experiência na reabilitação de sistemas fluviais e que a quantidade e qualidade de publicações nesta área aumentam, o esforço investido na avaliação dos projetos pode ser reduzido (Palmer *et al.*, 2005).

2.2.1. METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE INTERVENÇÃO FLUVIAL

A utilização de metodologias de avaliação é essencial, na medida em que estas proporcionam a sistematização dos processos de recolha, análise e divulgação de informação. A utilização dessas metodologias promove a rápida identificação de aspetos chave, a sintetização e a compilação de informação relacionada e, conseqüentemente, a facilidade de interpretação. A utilização de metodologias de avaliação pode ainda auxiliar na identificação de informação em falta (Walmsley, 2002).

Descrevem-se, em seguida, exemplos de metodologias de avaliação de projetos de intervenção fluvial existentes:

a) Análise DPSIR

No final dos anos 80 a OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico) criou a metodologia Pressure-State-Response (PSR). Esta metodologia foi mais tarde aprofundada pelas Nações Unidas, dando origem à metodologia Driving-Forces-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) (Walmsley, 2002).

Esta metodologia tem por base as relações representadas no esquema da figura 4. De acordo com este esquema, os desenvolvimentos sociais e económicos geram pressões no ambiente e, como consequência, o estado dos ecossistemas pode sofrer alterações. Estas alterações podem resultar em impactos na qualidade de vida humana ou na qualidade dos ecossistemas que podem gerar respostas da sociedade. Estas respostas podem traduzir-se em alterações no modo de vida da sociedade e, conseqüentemente, influenciar todo o ciclo, ou podem incidir diretamente sobre uma etapa mais avançada deste ciclo, como nas pressões, no estado ou nos impactos, através de medidas adaptativas ou corretivas (Gabrielsen & Bosch, 2003).

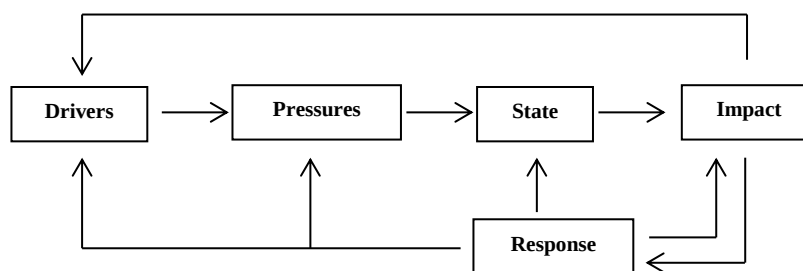


Figura 4 – Esquema representativo das relações analisadas na metodologia DPSIR (Walmsley, 2002; Gabrielsen & Bosch, 2003; EPA, 2014).

A metodologia DPSIR constitui não só uma análise descritiva dos elementos que compõem os sistemas económico, social e ambiental, mas também uma análise dinâmica das relações causa-efeito entre estes elementos. Estas relações são complexas e dependem da interação de vários fatores, o que pode resultar em dinâmicas não-lineares. Cada análise realizada constitui uma caracterização instantânea do sistema, mas apresenta potencial de previsão de futuras alterações nas forças motrizes, pressões, estados, impactos e respostas (Gabrielsen & Bosch, 2003). Na tabela 10 encontra-se uma descrição mais pormenorizada de cada elemento do esquema anterior.

Tabela 10 – Descrição dos elementos analisados na aplicação da metodologia DPSIR (Walmsley, 2002; Gabrielsen & Bosch, 2003; EPA, 2014).

Elementos	Descrição
Driving forces – Forças motrizes	Causas sócio-económicas, derivadas de desenvolvimentos, aos níveis social, demográfico e económico, na sociedade e consequentes alterações no seu estilo de vida e nos níveis de consumo e padrões de produção, potenciais causadoras de problemas ambientais. De um modo geral, constituem os setores sócio-económicos com influência no preenchimento das necessidades humanas de alimento, água, abrigo, saúde, segurança e cultura. Podem ser originadas e agir ao nível global, regional e local. Consideram-se também os fenómenos naturais potenciais causadores de pressões no ambiente.
Pressures – Pressões	Pressões geradas no ambiente, de modo intencional ou não intencional, pelas atividades humanas que visam suprimir as necessidades humanas. Dependem do tipo e nível de tecnologia envolvida nas atividades desenvolvidas e podem variar de acordo com a região geográfica e com a escala espacial de análise.
State – Estado	Alterações no estado dos ecossistemas provocadas, de modo intencional ou não intencional, na sequência das pressões geradas. Estas alterações podem ser geradas pelas pressões de modo direto ou de modo indireto, no caso de as pressões serem transportadas e transformadas por processos naturais.
Impact – Impacto	Impactos que se refletem em alterações nas funções dos ecossistemas para os humanos. Constituem alterações na qualidade dos ecossistemas e na qualidade de vida humana.
Response – Resposta	Ações estruturais e não-estruturais levadas a cabo por grupos de indivíduos ou por indivíduos singulares, com o objetivo de prevenção, reversão ou adaptação aos impactos sentidos.

Esta metodologia tem uma grande variedade de aplicações, nomeadamente (EPA, 2014):

- ✓ Quantificação e acompanhamento de parâmetros em programas de monitorização;
- ✓ Resumo e categorização de informação de diferentes fontes;
- ✓ Desenvolvimento de modelos ou ferramentas de apoio à decisão, para utilização na avaliação e comparação de resultados referentes a diferentes soluções implementadas.

Esta metodologia apresenta diversas vantagens que contribuem para a sua utilização generalizada, nomeadamente (Walmsley, 2002; EPA, 2014):

- ✓ Transparência e simplicidade, com a utilização de cinco conceitos básicos, de fácil compreensão para os diferentes intervenientes e partes interessadas nos processos;
- ✓ Permite o isolamento de determinadas conexões ou interações e, simultaneamente, a sua integração no sistema global;
- ✓ Permite flexibilidade de análise, nomeadamente, por permitir o cruzamento da informação reunida com outros métodos;

b) Análise de indicadores

Um indicador constitui um valor representativo e simplificado de um fenómeno em estudo. Em geral, os indicadores permitem a quantificação e sintetização de informação pela agregação de diferentes e múltiplos dados. A simplificação do fenómeno em estudo, nomeadamente a análise de certos aspetos específicos que são considerados relevantes e sobre os quais existem dados disponíveis, pode promover a compreensão de realidades complexas. Os indicadores ambientais fornecem informações sobre fenómenos considerados típicos e/ou críticos para a qualidade ambiental (Walmsley, 2002; Gabrielsen & Bosch, 2003).

A análise de indicadores apresenta diversas potencialidades de utilização na gestão ambiental, nomeadamente (Walmsley, 2002; Gabrielsen & Bosch, 2003):

- ✓ Monitorização e avaliação de condições e tendências ao nível global, nacional e regional;
- ✓ Fornecimento de informação sobre problemáticas ambientais, de modo a facilitar o processo de decisão e garantir o seu máximo ajustamento a estas problemáticas, nomeadamente através da identificação de fatores de pressão sobre o ambiente e da gravidade das problemáticas para definição de prioridades;
- ✓ Monitorização e avaliação da eficácia de intervenções;

Woolsey *et al.* (2007) distinguem indicadores que podem ser analisados pela população geral e indicadores cuja quantificação apenas pode ser realizada por especialistas, indicadores que exigem uma análise demorada e indicadores cuja quantificação pode ser realizada em poucos dias, indicadores cuja quantificação é dependente da época do ano em que é realizada a análise, indicadores que exigem mais mão-de-obra do que outros e indicadores que permitem avaliar o cumprimento de mais do que um dos objetivos relativos a projetos de intervenção fluvial e que, por isso, permitem a redução do tempo e da mão-de-obra de avaliação. Na tabela 11 encontram-se descritas as categorias de indicadores existentes, segundo Gabrielsen & Bosch (2003).

Tabela 11 – Categorias de indicadores (adaptado de Gabrielsen & Bosch, 2003).

Categorias de indicadores	Descrição
Indicadores descritivos	Permitem caracterizar as problemáticas. Geralmente são apresentados num diagrama linear contendo a evolução de uma variável ao longo do tempo.
Indicadores de desempenho	Podem utilizar as mesmas variáveis que os indicadores descritivos, mas encontram-se relacionados com metas estabelecidas ou com valores alvo de sustentabilidade. Permitem avaliar a eficácia de intervenções e o progresso do sistema em resposta a estas intervenções relativamente às metas propostas, através da medição da distância do estado do sistema às metas ou a valores alvo.
Indicadores de eficiência	Permitem caracterizar a eficiência dos processos socio-económicos na utilização de recursos e na geração de resíduos e emissões.

Woolsey *et al.* (2007) propõem um conjunto de 49 indicadores, distribuídos por 13 objetivos específicos de projetos de intervenção fluvial, maioritariamente relativos a aspetos ecológicos, mas englobando também aspetos sócio-económicos, para avaliação do cumprimento de objetivos propostos para estes projetos.

Coelho (2009) propõe indicadores de avaliação de projetos de intervenção fluvial, com base na informação presente nos respetivos projetos entregues à entidade licenciadora, no que diz respeito à fase de conceção do projeto, nomeadamente à identificação de objetivos, à caracterização e ao diagnóstico realizados, à identificação de medidas a implementar e ao planeamento das fases de implementação, monitorização e manutenção.

Teiga (2011) propõe um conjunto de indicadores gerais de avaliação das etapas de conceção, implementação e acompanhamento de projetos de intervenção fluvial.

Na tabela 12 encontram-se identificados métodos de avaliação com base em indicadores, de acordo com Coelho (2009).

Tabela 12 – Métodos de avaliação com base em indicadores (adaptado de Coelho, 2009).

Métodos de avaliação	Descrição
Avaliação ausência/presença	Bastante simples e aplicável a uma gama alargada de indicadores. Contudo, a escala é pouco detalhada e não permite avaliar procedimentos executados incorrecta ou desadequadamente. Por outro lado, esta metodologia adapta-se perfeitamente a certos indicadores em que este detalhe é suficiente.
Classificação por escalas de valores	Permite uma análise mais detalhada. No entanto, a utilização de escalas de valores de baixa graduação torna a análise pouco detalhada e uma elevada graduação pode ser difícil de implementar por falta de informação e pode tornar a análise subjetiva.
Matrizes de impactos	Baseia-se na elaboração de uma matriz que relaciona impactos com as suas causas. Este método é especialmente usado para definir evoluções temporais e comparar diferentes técnicas.

Coelho (2009) propõe ainda uma metodologia de avaliação de projetos de intervenção fluvial com base nos indicadores que propõe, segundo a qual cada indicador é classificado através de uma escala de valores, definida de acordo com a qualidade e profundidade com que a informação a que se refere é descrita no projeto entregue para licenciamento. Esta metodologia pode apresentar alguma subjetividade, na medida em que a classificação de alguns indicadores

pode gerar dificuldades, nomeadamente, porque parte dos indicadores propostos resultam da aglutinação de informação proveniente de vários parâmetros. O objetivo da utilização desta metodologia é incluir o máximo de parâmetros sem, contudo, tornar o processo de avaliação demasiado complexo.

3. METODOLOGIAS APLICADAS PARA AVALIAÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO

No presente capítulo procede-se à descrição das metodologias aplicadas nos dois tipos de avaliação de projetos de intervenção fluvial realizados, demonstrados em casos de estudo apresentados (capítulo 4).

Essas metodologias correspondem, assim, (i) à avaliação do processo de planeamento dos projetos de intervenção, no que diz respeito às fases de caracterização e diagnóstico e identificação de soluções e ao planeamento das fases de implementação, monitorização, manutenção e sensibilização e participação pública, e (ii) à avaliação da evolução dos sistemas fluviais, como resposta às intervenções preconizadas.

3.1. AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE PLANEAMENTO DOS PROJETOS DE INTERVENÇÃO FLUVIAL

Uma intervenção de reabilitação fluvial deve ser sujeita a avaliação pela entidade responsável pela gestão dos recursos hídricos, no caso português, as Administrações das Regiões Hidrográficas (ARH's), enquanto delegações regionais da Agência Portuguesa do Ambiente (APA). É na fase de projeto que os conceitos teóricos se desenvolvem e materializam em soluções que servirão de guia para as fases seguintes.

A avaliação dos processos de planeamento dos projetos de intervenção em estudo no capítulo 4 (Casos de estudo) foi realizada com base na informação contida na documentação entregue à ARH-Norte para licenciamento dos mesmos, nomeadamente nos projetos de licenciamento e de execução. Mais especificamente, avalia-se a informação relativa à realização das fases de caracterização e diagnóstico e identificação de soluções e ao planeamento das ações de implementação, monitorização, manutenção e sensibilização e participação pública.

A avaliação desta informação foi realizada com base na metodologia de avaliação proposta por Coelho (2009), utilizando indicadores descritivos, baseados nos indicadores propostos por Coelho (2009) e Teiga (2011).

3.1.1. SELEÇÃO DE INDICADORES

A seleção dos indicadores para este trabalho, de entre os propostos pelos referidos autores, foi realizada tendo em conta a relevância e aplicabilidade que se entendeu apresentarem na avaliação dos projetos em questão. Foram também valorizados os indicadores com menor grau de subjetividade associado.

Identificam-se, em seguida, os indicadores selecionados, organizados pelas diferentes fases que se pretende avaliar:

a) Indicadores de avaliação da fase de caracterização e diagnóstico

Apresentam-se, na tabela 13, os indicadores de avaliação da fase de caracterização e diagnóstico selecionados. Na avaliação desta fase consideram-se os parâmetros de caracterização analisados nos projetos, bem como a profundidade de análise dos mesmos, pelo que se apresentam também exemplos de métodos de obtenção/cálculo da informação inerente a cada indicador. No anexo J encontra-se definida a relevância de cada indicador no processo de caracterização e diagnóstico, com base nos objetivos dos projetos, de acordo com Coelho (2009).

Tabela 13 - Indicadores de avaliação da fase de caracterização e diagnóstico (adaptado de Coelho, 2009 e Teiga, 2011).

Indicadores		Exemplo do método obtenção/cálculo
Hidrogeomorfológica	Caracterização da bacia hidrográfica	
	Características geométricas	
	Área (A)	Cartas topográficas
	Comprimento da linha de água (L)	
	Largura média (b)	
		$b = A/L$
	Índice de simetria (a)	$a = (A_e - A_d)/A$
	A _e - Área do lado esquerdo da bacia A _d - Área do lado direito da bacia	
	Coeficiente de compacidade (K _c)	$K_c = 0,28 \cdot (P/A)$
	P - Perímetro da bacia	
	Forma da bacia (K _f)	$K_f = A/L^2$
	Características topográficas	
	Tempo de concentração (T _c)	Várias fórmulas, p.e., Giandotti
	Geologia	A partir de cartas geológicas com escala adequada
	Características meteorológicas	
	Temperatura	Análise dos registos meteorológicos das estações mais perto e/ou interiores à área da bacia
	Precipitação média	Cálculo através do método de Thiessen com recurso às leituras dos postos udométricos mais perto da bacia
	Precipitação máxima	Cálculo da precipitação máxima para os tempos de retorno de referência (e para outros períodos caso seja exigido): 2, 50 e 100 anos
	Caudal afluente máximo	Cálculo, por intermédio de fórmulas matemáticas, do caudal afluente para vários períodos de retorno, em consonância com o exigido pelo projeto
	Número de geadas	Por observação dos registos meteorológicos, recolha do número de vezes em que a temperatura é negativa
Domínio hídrico	Qualidade da água	Análise físico-química (anexo K)
	Usos e ocupações do solo	Consultar Carta de Ocupações do Solo
	Usos e necessidades de água	Consultar o Plano de Bacia Hidrográfica correspondente
	Caracterização da fauna	Consultar o Plano de Bacia Hidrográfica correspondente
	Caracterização da flora	Consulta da Cartografia de habitats Medwet
Caracterização da zona de intervenção		
	Fotografias de referência	Visitas de campo. As fotografias devem ser identificativas das diferentes componentes que caracterizam o estado do sistema
	Área (A)	Cartas topográficas
	Comprimento da linha de água (L)	Medição <i>in situ</i> ou através de cartas topográficas
	Perfil longitudinal	Levantamento topográfico

Indicadores		Exemplo do método obtenção/cálculo
Altitude média		Avaliação através das cartas militares
Forma do vale		Preenchimento da ficha de apoio à caracterização do segmento de intervenção (anexo L)
Perfil transversal		
Profundidade (h)		Medição <i>in situ</i> da profundidade da corrente no meio do canal
Largura (l)		Medição <i>in situ</i> da largura da corrente
Área (A)		Admite-se em geral uma aproximação à forma retangular: $A = h \times l$
Declive		Medição <i>in situ</i> ou com auxílio de cartas topográficas
Caracterização das margens		
Tipos de utilização		Registo e averiguação, junto da população, das utilizações dadas às margens dos cursos de água pelas pessoas ou animais
Construções/conetividade transversal		Registo <i>in situ</i> da existência de edificações já construídas nas margens
Património cultural		Observação <i>in situ</i> de património cultural edificado e não edificado
Erosão/estabilidade		
Substrato do leito		Observação <i>in situ</i> ou análise através de cartas geológicas
Substrato das margens		Observação <i>in situ</i> ou análise através de cartas geológicas e preenchimento do ponto 2 da ficha de apoio para caracterização hidromorfológica (anexo M)
Capacidade de transporte		Cálculo da tensão tangencial da corrente para a situação de referência e para a situação mais crítica
Turvação do curso de água		Observação da aparência da água
Perfil das margens		Caracterização <i>in situ</i> através de ensaios SPT ou de outros ensaios possíveis
Análise de estabilidade/deslizamentos		Cálculo através de métodos goetécnicos, por exemplo: método dos blocos deslizantes
Cheias		
Área de inundação		Cálculo das áreas inundadas para a cheia centenária (e para outros períodos caso seja requerido excecionalmente) e mapeamento do leito de cheia no comprimento do segmento a intervir e em perfis transversal
Riscos e vulnerabilidades		Método proposto por Vinagre (2008)
Registo histórico de eventos		Levantamento de registos históricos de catástrofes e entrevistas à população sobre as memórias destas situações
Estado da massa de água	Biológico	
	Macroinvertebrados bentónicos	Preenchimento da ficha de campo para a análise macroinvertebrados bentónicos (INAG, 2008a)
	Fauna piscícola	Preenchimento da ficha de campo para a análise da fauna piscícola (INAG, 2008c)
	Vegetação aquática e ribeirinha	Preenchimento da ficha de campo para a análise de macrófitos (INAG, 2008b) e preenchimento do ponto 2 da ficha de apoio para caracterização hidromorfológica (anexo M)
	Hidromorfológico	
	Caudais	Medição <i>in situ</i> do caudal com recurso a um medidor de caudais ou registo da velocidade no meio do canal
	Condições de escoamento/conetividade longitudinal	Observação <i>in situ</i> da presença de infra-estruturas no leito e preenchimento do ponto 1 da ficha de apoio para caracterização hidromorfológica (anexo M)
	Ligação a massas de água subterrâneas/conetividade vertical	Observação <i>in situ</i> da % de canal impermeabilizado
	Qualidade da água	Análise físico-química (anexo K)

Tabela 13 (Continuação) - Indicadores de avaliação da fase de caracterização e diagnóstico (adaptado de Coelho, 2009 e Teiga, 2011).

b) Indicadores de avaliação da fase de identificação de soluções

Apresentam-se, na tabela 14, os indicadores de avaliação da fase de identificação de soluções selecionados, bem como a descrição dos mesmos.

Tabela 14 – Indicadores de avaliação da fase de identificação de soluções (adaptado de Coelho, 2009 e Teiga, 2011).

Indicadores	Descrição
Análise custo/benefício	Avaliação da viabilidade económica da intervenção, em função dos benefícios previstos para o sistema fluvial, na sequência da sua implementação. Avaliação individual da viabilidade económica das diversas alternativas de soluções, em função dos benefícios previstos para o sistema fluvial, na sequência da sua implementação, para justificação da seleção de soluções realizada
Peças desenhadas	Inclusão das peças desenhadas relevantes para o projeto em questão, nomeadamente plantas de localização, plantas cadastrais, planos gerais, planos de demolição, planos de modelação do terreno, perfis transversais, planos de plantação, plantas de pavimentos, plantas de localização de equipamentos, mobiliário urbano e iluminação, plantas de pormenores e telas finais
Estimativa de potenciais impactos, das intervenções previstas, no sistema	Previsão dos potenciais impactos que cada solução selecionada e o seu processo de implementação podem causar no sistema, para mitigação ou correção eficaz
Definição de medidas de mitigação de potenciais impactos das intervenções previstas	Definição de possíveis medidas de mitigação ou correção dos potenciais impactos previamente identificados

c) Indicadores de avaliação do planeamento da fase de implementação

Apresentam-se, na tabela 15, os indicadores de avaliação do planeamento da fase de implementação selecionados, bem como a descrição dos mesmos.

Tabela 15 – Indicadores de avaliação do planeamento da fase de implementação (adaptado de Coelho, 2009 e Teiga, 2011).

Indicadores	Descrição
Plano de formação	Referência à realização de formação adequada para os intervenientes na fase de implementação
Acompanhamento da obra	Referência à fiscalização dos trabalhos por técnicos com formação adequada

d) Indicadores de avaliação do planeamento da fase de monitorização

Apresentam-se, na tabela 16, os indicadores selecionados para avaliação do planeamento da fase de monitorização, bem como a descrição dos mesmos. Uma vez que esta fase se refere ao planeamento da monitorização, na sua avaliação foi apenas considerada a referência, no projeto, à monitorização de cada parâmetro, não tendo sido considerada a referência aos métodos de análise, como sucede na avaliação da fase de caracterização e diagnóstico. Baseado em Coelho (2009), define-se, no anexo N, a relevância de cada indicador no processo de monitorização, com base nos objetivos dos projetos.

Tabela 16 – Indicadores de avaliação do planeamento da fase de monitorização (adaptado de Coelho, 2009 e Teiga, 2011).

Indicadores		Descrição
Frequência		Referência à frequência de monitorização que se prevê cumprir
Qualidade da água		Referência aos parâmetros que se prevê monitorizar
Hidromorfológico	Caudais	
	Condições de escoamento/conetividade longitudinal	
	Ligação a massas de água subterrâneas/conetividade vertical	
	Capacidade de transporte	
	Turvação do curso de água	
Erosão/estabilidade	Análise de estabilidade/deslizamentos	
	Composição, abundância e estrutura da vegetação aquática e ribeirinha	
Biológico	Presença de espécies exóticas de carácter invasor	
	Composição, abundância e estrutura da fauna	
	Presença de resíduos	
Alterações antrópicas	Ocupação do leito de cheia/conetividade transversal	
	Pessoas envolvidas	
Participação pública	Ações realizadas	
	Notícias publicadas	

e) Indicadores de avaliação do planeamento da fase de manutenção

Apresentam-se, na tabela 17, os indicadores de avaliação do planeamento da fase de manutenção selecionados, bem como a descrição dos mesmos.

Tabela 17 – Indicadores de avaliação do planeamento da fase de manutenção (adaptado de Coelho, 2009 e Teiga, 2011).

Indicadores	Descrição
Previsão de medidas de manutenção periódica	Considera-se neste indicador apenas a previsão de medidas do tipo de manutenção periódica, pela especificidade que estas medidas apresentam (p.e. remoção de obstruções e assoreamentos, contenção de infestantes, aparos em prados cortados, podas em árvores e arbustos e manutenção de técnicas de estabilização de margens).
Frequência	Considera-se neste indicador apenas a previsão da frequência do tipo de manutenção periódica pela especificidade que estas medidas apresentam.
Acompanhamento por técnicos com formação adequada	Referência à fiscalização dos trabalhos de manutenção por técnicos com formação adequada

f) Indicadores de avaliação do planeamento da fase de sensibilização e participação pública

Apresentam-se, na tabela 18, os indicadores de avaliação do planeamento da fase de sensibilização e participação pública selecionados, bem como a descrição dos mesmos.

Tabela 18 – Indicadores de avaliação do planeamento da fase de sensibilização e participação pública (adaptado de Coelho, 2009 e Teiga, 2011).

Indicadores		Descrição
Identificação	Identificação da população possivelmente afetada/interessada.	Referência a grupos ou indivíduos possivelmente afetados/interessados na bacia hidrográfica ou na envolvente da zona intervencionada.
Informação	Divulgação dos objetivos gerais do projeto e das suas várias fases de desenvolvimento.	Previsão da realização de ações de esclarecimento da população.
	Divulgação das consequências sociais, económicas e ambientais de decisões e projetos alternativos.	
Consulta	Caracterização e diagnóstico com base em participação pública.	Previsão de ações que permitam e providenciem discussões entre a sociedade e as autoridades e decisores e a colaboração da sociedade na tomada de decisões.
	Soluções com base em participação pública.	
	Feedback das ações discutidas e finais.	
Sensibilização	Estruturas de interpretação criadas/recuperadas.	Instalação de vias pedonais e temáticas, de locais de estadia, de observatórios e de painéis informativos e didáticos.
	Ações de participação ativa desenvolvidas junto às linhas de água.	Implementação do Projeto Rios e organização de percursos interpretativos.

3.1.2. PONDERAÇÃO DOS INDICADORES (CLASSIFICAÇÃO FINAL)

Para avaliação dos processos de planeamento dos projetos de intervenção, procede-se à atribuição de uma classificação a cada um dos indicadores descritos anteriormente, com base numa escala de valores definida de acordo com a profundidade com que a informação a que se referem é descrita nos projetos entregues à entidade licenciadora. A escala de valores utilizada nesta avaliação encontra-se descrita na tabela 19.

Tabela 19 - Escala de classificação dos indicadores de avaliação dos processos de planeamento dos projetos de intervenção e seu significado (adaptado de Coelho, 2009).

Classificação	Significado
0	O indicador não é descrito no projeto.
1	Considera-se a descrição do indicador muito incompleta. Foram descritos menos de 50% dos parâmetros relevantes ou a descrição foi muito desenquadrada/desadequada.
2	Considera-se a descrição do indicador incompleta. Foram descritos menos de 90% dos parâmetros relevantes ou a descrição foi desenquadrada/desadequada.
3	Considera-se a descrição do indicador completa. Foram descritos todos os parâmetros relevantes de forma enquadrada/adequada.

A classificação final de cada fase do processo (caracterização e diagnóstico, identificação de soluções, implementação, monitorização, manutenção e sensibilização e participação pública) é obtida através da divisão do somatório das classificações atribuídas aos indicadores referentes à fase em questão pelo somatório das classificações máximas que lhes poderiam ser atribuídas, e é apresentada em fração ou percentagem.

A classificação das fases de caracterização e diagnóstico e de monitorização, uma vez que foi definida a relevância da análise de cada indicador de acordo com os objetivos dos projetos, é obtida, primeiramente para cada objetivo, do modo descrito, procedendo-se, em seguida, ao

somatório das classificações obtidas para os objetivos, para obtenção da classificação final das referidas fases. A cada objetivo foi atribuída uma ponderação, em função da preponderância que se entendeu apresentar nos projetos de intervenção. A equação seguinte resume o cálculo da classificação das fases de caracterização e diagnóstico e monitorização.

$$C_{CD/MO} = (C_{MQA} \times q1) + (C_{MCH} \times q2) + (C_{RELM} \times q3) + (C_{RH} \times q4) + (C_{MEP} \times q5)$$

Em que,

C_{CD} - classificação da fase de caracterização e diagnóstico

C_{MO} - classificação do planeamento da fase de monitorização

C_{MQA} – classificação para o objetivo de melhoria da qualidade da água

C_{MCH} - classificação para o objetivo de melhoria das condições hidráulicas

C_{RELM} – classificação para o objetivo de renaturalização e estabilização do leito e margens

C_{RH} – classificação para o objetivo de recuperação de habitat

C_{MEP} – classificação para o objetivo de melhoria do espaço público

q1,q2,q3,q4,q5 - fatores de ponderação para cada objetivo dos projetos.

A equação seguinte resume o cálculo da classificação total de avaliação dos processos de planeamento dos projetos de intervenção. Considera-se que o projeto apresenta condições técnicas adequadas se obtiver uma classificação superior a 50%.

$$CTp = (C_{CD} \times p1) + (C_{IS} \times p2) + (C_I \times p3) + (C_{MO} \times p4) + (C_{Ma} \times p5) + (C_{SPP} \times p6)$$

Em que,

CTp – classificação total de avaliação dos processos de planeamento dos projetos de intervenção

C_{CD} – classificação da fase de caracterização e diagnóstico

C_{IS} – classificação da fase de identificação de soluções

C_I – classificação do planeamento da fase de implementação

C_{MO} – classificação do planeamento da fase de monitorização

C_{Ma} – classificação do planeamento da fase de manutenção

C_{SPP} – classificação do planeamento da fase de sensibilização e participação pública

p1, p2, p3, p4, p5, p6 - fatores de ponderação para cada fase

A cada fase foi atribuída a mesma ponderação na classificação total, uma vez que, apesar de as diferentes fases diferirem no número de indicadores que as caracterizam, as mesmas foram consideradas igualmente importantes para a qualidade dos processos de planeamento dos projetos de intervenção.

3.2. AVALIAÇÃO DA EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS INTERVENCIONADOS

Com utilização da metodologia DPSIR (Driving-Forces-Pressure-State-Impact-Response), procede-se à identificação do estado em que as áreas intervencionadas se encontravam previamente às intervenções, dos impactos que este estado causava nos ecossistemas e na população, das forças motrizes e pressões que influenciaram o referido estado e das respostas dadas, neste caso específico as intervenções preconizadas, para mitigar os impactos. A recolha de informação foi realizada através da análise dos projetos relativos às intervenções em estudo, fornecidos pela ARH-Norte e pelas entidades responsáveis pelos projetos em questão, e através de recolha de testemunhos junto de intervenientes no processo de implementação dos mesmos.

Tendo em conta que, apesar de alguns dos projetos de intervenção em estudo terem incidido sobre as pressões a que as áreas intervencionadas estavam sujeitas, os resultados observados se traduzem na evolução do estado destas áreas e, consequentemente, dos impactos sentidos, procede-se à identificação do estado e impactos pós-intervenção nas referidas áreas. A análise de resultados pós-implementação foi realizada com base em visitas de campo às áreas intervencionadas.

A cada zona intervencionada foram realizadas três visitas de campo, cada uma com duração aproximada de uma hora. A primeira visita (realizada em outubro ou novembro de 2013, dependendo da zona considerada) teve como objetivo o reconhecimento das zonas intervencionadas e envolventes, bem como das técnicas de reabilitação utilizadas e permitiu também a análise geral de resultados alcançados, aos níveis ecológico, hidromorfológico e social, nos sistemas intervencionados. A segunda visita (realizada em janeiro, fevereiro ou março do presente ano, dependendo da zona considerada) teve como objetivo a análise específica do efeito da época de chuvas na estabilidade das margens e no desenvolvimento da vegetação nestes sistemas fluviais. A terceira visita (realizada em junho do presente ano), teve como objetivo a análise do desenvolvimento da vegetação e da presença de espécies faunísticas nas áreas intervencionadas. As visitas foram realizadas ao início da tarde, à exceção da terceira visita realizada aos troços do rio Lima, que foi realizada de manhã, quando a maré se encontrava vazia, de modo a permitir uma melhor identificação das técnicas de estabilização de margens aplicadas.

A identificação dos parâmetros constituintes da metodologia DPSIR foi realizada de acordo com os objetivos específicos de cada projeto (isto é, não foram abordadas problemáticas sob as quais os projetos de intervenção não incidiram) e apenas foram incluídos parâmetros relativos a ações antropogénicas (não foram incluídos parâmetros relativos a fenómenos naturais).

Com base em indicadores, procedeu-se, após comparação do estado pré e pós-intervenção dos sistemas e dos impactos provocados, à avaliação da evolução do sistema fluvial e,

consequentemente, da eficácia das respostas dadas para mitigação de impactos. Os indicadores selecionados, presentes na tabela 22, baseiam-se nos indicadores propostos por Woolsey *et al.* (2007) e Teiga (2011) e possibilitam a avaliação da evolução do sistema aos níveis ecológico, hidrogeomorfológico e social. Esses indicadores são descritos na tabela 20.

Tabela 20 – Indicadores de avaliação da evolução dos sistemas intervencionados (adaptado de Woolsey *et al.*, 2007 e Teiga, 2011).

	Indicadores	Descrição
ECOLÓGICOS	Melhoria da qualidade da água	Consideram-se os parâmetros de coloração e turvação do curso de água e presença de odores, analisados no decorrer das visitas de campo realizadas.
	Aumento da conectividade longitudinal	Considera-se a desobstrução do leito e a eliminação de construções no leito. No decorrer das visitas de campo realizadas analisou-se a presença de resíduos e assoreamentos no leito.
	Aumento da conectividade transversal	Considera-se o desentubamento do curso de água, a substituição de revestimentos artificiais das margens por técnicas de engenharia natural (permeáveis) e a eliminação de construções nas margens.
	Aumento da conectividade vertical	Considera-se o desentubamento do curso de água e a eliminação de revestimentos artificiais do fundo do leito.
	Aumento da quantidade e diversidade de <i>habitats</i> naturais	Considera-se a meandrização do leito, a diversificação das secções transversais do leito e a criação de açudes no leito. No decorrer das visitas de campo realizadas analisou-se a diversidade e desenvolvimento da vegetação aquática e ribeirinha e a diversificação de velocidades de escoamento ao longo do curso de água. A presença de espécies de vegetação exóticas de caráter invasor na área intervencionada e/ou na envolvente constitui um fator negativo.
	Aumento da quantidade e diversidade de espécies faunísticas	Consideram-se os testemunhos de intervenientes nos respetivos projetos de intervenção, que identificam o reaparecimento destas espécies, e a identificação realizada no decorrer das visitas de campo.
HIDROGEOMORFOLÓGICOS	Aumento da estabilidade das margens	No decorrer das visitas de campo realizadas, analisou-se a existência de zonas das margens onde tenha ocorrido arrastamento de solo e/ou vegetação e o estado de conservação das técnicas de estabilização de margens aplicadas.
	Redução do risco de obstrução do leito	Considera-se o desentubamento do curso de água e a eliminação de passagens hidráulicas. Considera-se também a quantidade e volume de resíduos presentes no leito e margens, identificados no decorrer das visitas de campo realizadas.
	Redução da frequência, duração e extensão de cheias	Consideram-se os testemunhos de intervenientes nos respetivos projetos de intervenção.
SOCIAIS	Redução do risco de perdas materiais por inundação	Relacionado com a redução da frequência, duração e extensão de cheias.
	Redução do risco de insegurança	Considera-se a criação de vias pedonais, a criação e melhoria de acessos e a instalação de pontos de iluminação.
	Aumento da disponibilidade de tipos de uso	Considera-se a instalação de vias pedonais e/ou cicláveis, a criação de zonas de estadia e lazer e a instalação de infraestruturas para prática de desporto.
	Aumento dos valores de não-uso	Considera-se a melhoria dos valores estéticos da área intervencionada e a redução do impacto visual de construções limítrofes. A presença de resíduos nas margens e no leito do curso de água, a presença de mobiliário urbano danificado e de graffiti na área intervencionada e na envolvente, bem como outros tipos de atos de vandalismo, constituem aspetos negativos.
	Aumento do número e da frequência de visitantes	Consideram-se os testemunhos de intervenientes nos respetivos projetos de intervenção e a identificação realizada no decorrer das visitas de campo realizadas.

A classificação de cada indicador foi realizada através da escala de valores definida na tabela 21, de acordo com a magnitude da evolução observada.

Tabela 21 – Escala de classificação dos indicadores de avaliação da evolução dos sistemas intervencionados e seu significado.

Classificação	Significado
0	A evolução do indicador foi negativa ou nula.
1	A evolução do indicador foi positiva, mas incompleta/apresenta fragilidades na ordem dos 50%
2	A evolução do indicador foi positiva, mas incompleta/apresenta fragilidades na ordem dos 10%
3	A evolução do indicador foi positiva e completa

A classificação final por tipo de evolução observada no sistema (ecológica, hidrogeomorfológica e social) é obtida através da divisão do somatório das classificações atribuídas aos indicadores referentes ao tipo de evolução em questão pelo somatório das classificações máximas que lhes poderiam ser atribuídas, sendo apresentada em fração e em percentagem.

A cada tipo de evolução foi atribuída uma ponderação na classificação total de avaliação da evolução do sistema fluvial (tabela 22), de acordo com a relevância que, em primeira análise, se entendeu como adequada para o cumprimento dos objetivos da Lei da Água. Assim, considerou-se que o objetivo de melhoria do estado ecológico dos sistemas fluviais apresenta especial relevância na Lei da Água, na medida em que se pretende que seja alcançado até ao ano de 2015, o bom estado das águas e a recuperação estrutural e funcional dos ecossistemas. A melhoria das componentes hidrogeomorfológica e social influencia positivamente o cumprimento do objetivo principal.

Tabela 22 – Fatores de ponderação por tipo de evolução.

Tipo de evolução	Fator de ponderação (f_n)
Ecológica	0,45
Hidrogeomorfológica	0,35
Social	0,20

A equação seguinte resume o cálculo da classificação total de avaliação da evolução do sistema fluvial.

$$CTe = (C_E \times f1) + (C_H \times f2) + (C_S \times f3)$$

Em que,

CTe – classificação total de avaliação da evolução do sistema fluvial

C_E – classificação da evolução ecológica

C_H – classificação da evolução hidrogeomorfológica

C_S – classificação da evolução social

f1, f2, f3 - fatores de ponderação para cada tipo de evolução

4. CASOS DE ESTUDO

Os casos de estudo de reabilitação de sistemas fluviais são fundamentais para testar metodologias, verificar opções e confrontar conceitos teóricos com a prática corrente (Teiga, 2011).

Neste capítulo procede-se à avaliação de projetos de intervenção fluvial, no que diz respeito ao processo de planeamento dos mesmos e à evolução dos sistemas fluviais em estudo como resposta às intervenções preconizadas. A comparação dos resultados obtidos nos dois tipos de avaliação realizados possibilita relacionar lacunas identificadas no processo de planeamento dos projetos de intervenção fluvial em estudo com insucessos no cumprimento dos objetivos propostos para estes projetos.

Os projetos de intervenção em estudo são relativos aos troços do Viso e da Quinta do Rio da ribeira da Granja, no Porto, ao troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha do rio Este, em Braga e aos troços de Cardielos e Portuzelo do rio Lima, em Viana do Castelo. A escolha dos projetos foi realizada de forma a serem contempladas diferentes problemáticas e graus de severidade, diferentes soluções aplicadas e diferentes idades de projeto.

Em jeito de introdução à avaliação realizada procede-se à caracterização geral dos sistemas fluviais em estudo, bem como à caracterização das zonas de intervenção e suas envolventes. Procede-se também à exposição das problemáticas que justificaram as intervenções nestes sistemas e à descrição destas intervenções, incluindo os processos de planeamento das mesmas e as técnicas de reabilitação aplicadas, tendo por base a informação presente nos projetos referentes às intervenções em estudo, cedidos pela APA/ARH-Norte e pelas entidades responsáveis por estas intervenções (Municípios do Porto, Braga e Viana do Castelo), bem como testemunhos de intervenientes no processo de implementação das mesmas. Finalmente procede-se à descrição, acompanhada de fotografias complementares, dos aspetos positivos e negativos observados no decorrer de visitas de campo realizadas, referentes aos objetivos específicos de melhoria da qualidade da água, melhoria das condições hidráulicas, estabilização e renaturalização de margens, recuperação de *habitats* e melhoria do espaço público.

4.1. AVALIAÇÃO DOS PROJETOS DE INTERVENÇÃO NOS TROÇOS DO VISO E DA QUINTA DO RIO DA RIBEIRA DA GRANJA (PORTO)

Para análise destes casos de estudo recorreu-se: ao projeto apresentado para candidatura ao Programa Operacional do Norte, relativo às intervenções na ribeira da Asprela e no troço do Viso da ribeira da Granja, denominado “Gestão ativa das ribeiras do Porto - 1ª fase - rotas da Granja à Asprela”, cedido pela APA/ARH-Norte, que data de março de 2009; ao projeto de execução relativo às intervenções na ribeira da Asprela e no troço do Viso da ribeira da Granja,

denominado “Reabilitação das Ribeiras do Porto – Troços da Ribeira da Granja e da Asprela”, cedido pela APA/ARH-Norte, que data de dezembro de 2009; ao projeto de execução da intervenção no troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja, denominado “Controlo de cheias e regularização fluvial da ribeira da Granja: desentubamento e requalificação do leito e margens do troço da Quinta do Rio - fase 1”, cedido pela APA/ARH-Norte, que data de 2011; e as análises de dados levantados em campo através de três visitas realizadas às zonas de intervenção, nos dias 15 de outubro de 2013, 23 de fevereiro e 13 de junho de 2014. A primeira visita foi realizada com o acompanhamento da engenheira Rita Cunha, da empresa municipal Águas do Porto (AdP), que esteve envolvida na fase de implementação destes projetos.

No âmbito do Programa “Porto, Cidade sensível à Água”, que envolve planos de reabilitação e valorização das ribeiras do Porto, foi constituído um troço-piloto para experimentação das diferentes técnicas e conceitos de reabilitação fluvial, nomeadamente, o troço do Outeiro na ribeira da Asprela, com uma extensão aproximada de 52m. Dadas as reduzidas dimensões que este troço apresenta e os objetivos pelos quais foi intervencionado, optou-se por não se considerar como um caso de estudo deste trabalho, sendo apenas avaliados, no concelho do Porto, os troços do Viso e da Quinta do rio da ribeira da Granja.

4.1.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL

A ribeira da Granja é uma das mais importantes da cidade do Porto, drenando quase um terço da área do município. Forma-se pela junção de vários afluentes, dos quais: dois têm origem no concelho de Matosinhos; um terceiro nasce na zona de Santa Luzia, na cidade do Porto, entra em Matosinhos e retorna ao Porto, e; um quarto afluente percorre uma parte da Estrada da Circunvalação, e desagua no estuário do Douro, na freguesia de Lordelo do Ouro, no concelho do Porto. A rede hidrográfica total desta ribeira estende-se ao longo de cerca de 15 quilómetros no concelho do Porto. Na figura 5 encontra-se uma representação da bacia hidrográfica da ribeira da Granja no concelho do Porto.



Figura 5 – Representação (linha amarela) da bacia hidrográfica da ribeira da Granja no concelho do Porto (cedido pela AdP).

O tecido urbano contínuo e descontínuo ocupa praticamente a totalidade da área da bacia hidrográfica desta ribeira, existindo ainda ocupação por indústria, comércio, equipamentos, espaços verdes urbanos, agricultura e espaços naturais.

4.1.2. CARACTERIZAÇÃO DAS ZONAS DE INTERVENÇÃO

Os troços intervencionados da ribeira da Granja, identificados na figura 6, estão localizados na freguesia de Ramalde do concelho do Porto.

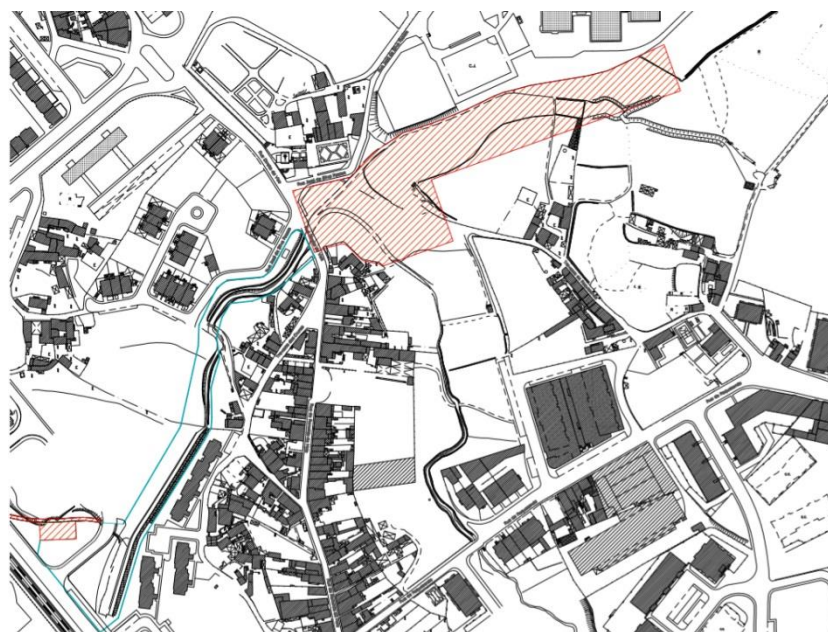


Figura 6 – Troço do Viso (jusante) (área circundada a azul) e troço da Quinta do Rio (montante) (área preenchida a vermelho) (cedido pela AdP).

Estes troços encontram-se nas proximidades da estação do metro de Ramalde e de paragens de autocarro, o que os torna de fácil acesso a partir de qualquer ponto da cidade do Porto. Encontra-se também muito próxima a autoestrada A20, o que permite o acesso fácil a esta zona para quem pretenda aceder vindo de fora da cidade.

No troço do Viso, a margem direita da ribeira da Granja encontra-se limitada por arruamentos e urbanizações descontínuas e a margem esquerda por urbanizações descontínuas e áreas de cultivo agrícola.

O troço da Quinta do Rio encontra-se imediatamente a montante do troço do Viso. É neste troço que ocorre a junção entre o ramo da ribeira com nascente em Arca d'Água (Requesende) com o ramo com nascente em São Gens (Estrada da Circunvalação). A envolvente é maioritariamente ocupada por campos agrícolas, encontrando-se também no limite da margem direita da ribeira a Quinta do Rio e a escola do Viso.

4.1.3. JUSTIFICAÇÃO DAS INTERVENÇÕES

Existem aproximadamente 66 quilómetros de cursos de água naturais na cidade do Porto. Neste meio, de carácter fortemente urbano, são muitos os ecossistemas ribeirinhos que se encontram ainda num estado extremamente negligenciado nos troços a céu aberto, deixados ao abandono e degradação, ou submetidos a entubamento, como acontece em cerca de 80% da sua extensão.

A ribeira da Granja é considerada, no âmbito do Plano Diretor Municipal (PDM) do Porto, como um espaço de potencial interesse à escala urbana municipal. Esta ribeira é, pela sua extensão ao longo da cidade, um dos corredores verdes estruturantes da cidade do Porto. Atravessa essencialmente áreas urbanas que têm sido progressivamente impermeabilizadas, encontrando-se entubada em cerca de 80% da sua extensão. Recebia vários pequenos afluentes e descargas de águas pluviais e de águas residuais domésticas e industriais, o que provocava, principalmente nos períodos mais secos, uma degradação assinalável da qualidade da água, já que parte significativa dos caudais drenados se encontrava poluída.

a) Troço do Viso

No troço do Viso, a ribeira da Granja encontrava-se a céu aberto. A regularização do seu leito, nomeadamente por linearização do seu traçado, e a construção de habitações e arruamentos que limitam as suas margens fizeram com que a ribeira, neste troço, perdesse o carácter que seria de prever na correspondente galeria ripícola. Na figura 7 é possível identificar a presença de vegetação exótica de carácter invasor, nomeadamente canas (*Arundo donax*), em grandes quantidades nas margens da ribeira, por oposição a vegetação ripícola, existente em reduzida quantidade e diversidade.



Figura 7 – Situação pré-intervenção da ribeira da Granja no troço do Viso (cedido pela AdP).

b) Troço da Quinta do Rio

No troço da Quinta do Rio, a ribeira da Granja encontrava-se desviada e entubada, segundo um traçado paralelo ao muro da escola do Viso (figura 8). Esse tipo de intervenção agravou a ocorrência de inundações, nomeadamente devido a uma deficiente conceção da estrutura do entubamento que, devido à reduzida dimensão, ficava facilmente colmatado por resíduos e sedimentos, o que provocava um estrangulamento no escoamento.



Figura 8 – Ribeira da Granja entubada no troço da Quinta do Rio, pré-intervenção (google earth, 2009).

De acordo com o estudo, intitulado “Estudo das Condições de Cheia na Ribeira da Granja no Troço entre a Estrada da Circunvalação, a Rua de Requesende e a Rua de Ramalde do Meio”, realizado pelo Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos (IHRH), o escoamento a jusante do troço da Quinta do Rio, controlado pela passagem hidráulica da Travessa de Requesende (figura 9), não tem capacidade de vazão para cheias com períodos de retorno iguais ou superiores a dez anos, nem terá, enquanto se mantiverem as dimensões desta passagem hidráulica.

A ocorrência de cheias apresentava-se como um fenómeno cada vez mais frequente e intenso. As graves inundações registadas na Rua Direita do Viso, na Travessa de Requesende e na Travessa das Cruzes chegaram a afetar habitações. O perímetro sujeito a cheias nos troços do Viso e da Quinta do Rio da ribeira da Granja encontra-se identificado a azul na figura 10, de acordo com o PDM do Porto.



Figura 9 – Passagem hidráulica da Travessa de Requesende (cedido pela AdP).



Figura 10 – Perímetro sujeito a cheias nos troços do Viso e da Quinta do Rio da ribeira da Granja, assinalado a azul, de acordo com o PDM do Porto, 2005 (cedido pela AdP).

4.1.4. DESCRIÇÃO DAS INTERVENÇÕES

No âmbito do programa “Porto, Cidade Sensível à Água”, que envolve planos de despoluição das ribeiras do Porto, do estuário do rio Douro e da orla costeira, a empresa Águas do Porto procedeu à reabilitação dos troços do Viso e da Quinta do Rio da ribeira da Granja.

Estas intervenções complementam intervenções de despoluição previamente realizadas, no âmbito do projeto "Porto Bandeira Azul", definido pela AdP em finais de 2006, que possibilitaram o reconhecimento da qualidade de três zonas balneares da cidade do Porto, desde o Homem do Leme até à Foz do Douro, abrangendo oito praias urbanas.

Essas intervenções de despoluição englobaram a instalação de diversos troços de coletores de águas residuais domésticas e a execução de ramais de saneamento e águas pluviais, em diversos arruamentos da cidade. Tal situação conduziu à eliminação de fossas sépticas. Procedeu-se ainda à ligação de diversas habitações à rede de saneamento e à eliminação de ligações indevidas de águas residuais à rede de águas pluviais.

Como referido anteriormente, o troço do Outeiro da ribeira da Asprela (identificado pela linha azul na figura 11), com 52 metros de extensão de linha de água foi reabilitado no ano de 2010, previamente às intervenções realizadas nos troços da ribeira da Granja, como espaço piloto de

experimentação das diferentes técnicas e conceitos pensados ao nível de todo o município quanto à reabilitação de linhas de água.



Figura 11 - Fotografia aérea do troço intervencionado da ribeira da Asprela (sinalizado a azul) e da envolvente (google earth, 2007).

A ribeira da Asprela era um dos casos mais graves de poluição da cidade do Porto. O troço intervencionado da ribeira encontrava-se a céu aberto, mas apresentava fraca qualidade estética e ecológica, com as margens da linha de água despidas de vegetação típica de galeria ripícola e sem condições para abrigar os seres vivos essenciais ao bom funcionamento deste ecossistema. Devido à ausência de vegetação, as suas margens não se encontravam estáveis e apresentavam uma elevada susceptibilidade à erosão e degradação aquando dos períodos de chuvas intensas. A proximidade ao bairro do Outeiro foi vista como uma oportunidade para criar um espaço agradável de estadia e contacto com a natureza para todas as faixas etárias da população, por oposição ao espaço desprezado onde se acumulavam resíduos.

A intervenção foi simples e prática, de modo a acelerar a obtenção de conclusões. Nas figuras 12 e 13 encontram-se, respetivamente, as situações pré e pós-intervenção deste troço da ribeira da Asprela.



Figura 12 - Situação pré-intervenção do troço do Outeiro da ribeira da Asprela (cedido pela AdP).

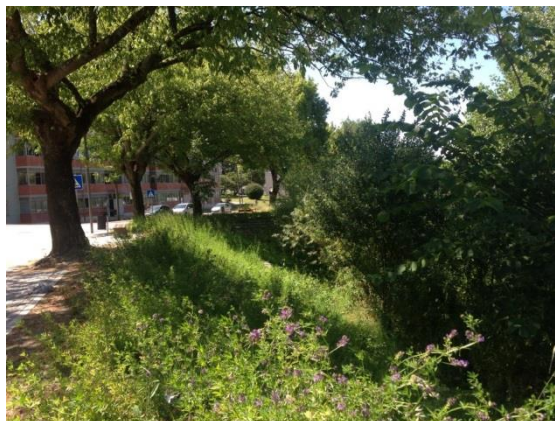


Figura 13 - Situação pós-intervenção do troço do Outeiro da ribeira da Asprela (13/06/14).

As intervenções de reabilitação no troço do Viso da ribeira da Granja realizaram-se no ano de 2010, entre os meses de março e julho. Em dezembro de 2011, com o objetivo de promover o aumento da conectividade na ribeira da Granja, iniciou-se a intervenção de reabilitação no troço da Quinta do Rio, imediatamente a montante do troço do Viso, que foi concluída em janeiro de 2012. Os projetos apresentaram os seguintes objetivos:

- ✓ Controlo de cheias;
- ✓ Valorização e gestão de *habitats* ripícolas em estado crítico;
- ✓ Promoção do enquadramento dos recursos hídricos em meio marcadamente urbano;
- ✓ Maximização da presença de vegetação na matriz urbana e aumento da diversidade biológica;
- ✓ Promoção da qualidade espacial, sensorial e ecológica do lugar;
- ✓ Promoção da articulação da malha urbana através de espaços verdes coletivos de proximidade;
- ✓ Promoção da escala humana e do contacto dos utilizadores com os elementos naturais;
- ✓ Sensibilização da população.

A intervenção no troço do Viso foi projetada para uma extensão de aproximadamente 340 metros de linha de água; no entanto, o sub-troço mais a jusante, de aproximadamente 155 metros, não foi intervencionado, uma vez que o proprietário de um terreno limítrofe apresentou queixa contra a AdP por se ter sentido lesado na sequência de uma intervenção realizada anteriormente pela empresa. Nos restantes 185 metros as intervenções foram essencialmente de limpeza e desobstrução do leito e margens, estabilização de margens com recurso a técnicas de engenharia natural, e plantação de espécies autóctones ribeirinhas.

A intervenção no troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja consistiu no desentubamento e na reabilitação do leito e margens, numa extensão de aproximadamente 600 metros de linha de água.

Na figura 14 é possível identificar os troços intervencionados da ribeira da Granja, assim como a sua envolvente.

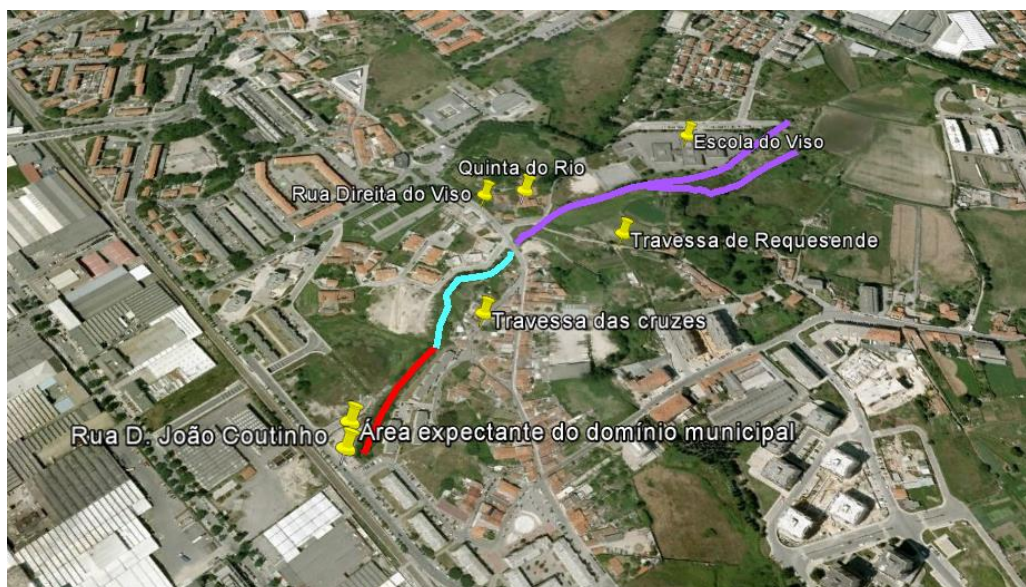


Figura 14 – Troços do Viso (extensão intervencionada a azul e extensão projetada mas não intervencionada a vermelho) e da Quinta do Rio (a lilás) da ribeira da Granja e sua envolvente (google earth, 2007).

Descrevem-se, em seguida, as técnicas seleccionadas para atingir os objetivos referidos anteriormente. Pela interligação temporal e espacial das duas intervenções a descrição é feita em conjunto.

a) Melhoria das condições hidráulicas

Para melhoria das condições hidráulicas nos troços intervencionados da ribeira da Granja recorreu-se à limpeza e desobstrução do leito e margens, ao reperfilamento do leito, nomeadamente para meandrização, à modelação de secções transversais e à criação de bacias de retenção. Foram objetivadas intervenções minimalistas de modelação do terreno das margens, de forma a reduzir o mais possível os impactos desta intervenção sobre a fauna e a flora. Deste modo recorreu-se a esta técnica apenas quando se verificou tal ser imprescindível.

Foram realizados trabalhos de meandrização do leito em todos os troços intervencionados, em especial, no troço da Quinta do Rio, por apresentar maior disponibilidade de espaço nas margens. A modelação de secções transversais consistiu no alargamento do leito da ribeira e na redução do declive das margens. Foi criada, no troço da Quinta do Rio, uma bacia de retenção que permite a inundação de zonas verdes, minimizando o risco de inundação para a população. No troço do Viso, adaptações realizadas ao projeto aquando da implementação, levaram à criação de uma bacia de retenção, através de alargamento do leito e modelação do terreno da margem esquerda da ribeira da Granja.

b) Renaturalização e estabilização do leito e margens

A estabilização de margens apresentou-se como uma etapa crucial para o sucesso da implantação dos projetos, uma vez que a ribeira da Granja apresentava graves problemas de erosão.

Foi efetuado um estudo sobre as diversas técnicas de estabilização existentes e destas selecionadas as que melhor se adequavam às diversas zonas. No troço do Viso optou-se por estabilização através de técnicas de enrocamento vivo, empacotamento vivo, faxinas vivas e paliçadas com vegetação. No troço da Quinta do Rio foram utilizadas as técnicas de enrocamento vivo e tapete de enrocamento. Os materiais utilizados nestas técnicas são provenientes da região. Quando se utilizou enrocamento vivo este foi coberto com solo e foi realizada a hidrossementeira com sementes de herbáceas e arbustos.

c) Recuperação de *habitat*

Foram realizados estudos de campo por especialistas, de forma a determinar as espécies de vegetação existentes, as que deveriam ser mantidas, erradicadas e introduzidas. Da vegetação existente foram mantidas as espécies autóctones e removidos os exemplares que não apresentavam bom estado sanitário. A vegetação exótica de carácter invasor existente, nomeadamente canas (*Arundo donax*), silvas (*Rubus*) e ervas-das-pampas (*Cortaderia selloana*), foi removida cuidadosamente, com um plano de controlo de longo prazo. Toda a vegetação adicionada é autóctone e/ou cultivar.

A vegetação implementada, no troço do Viso, apresenta maior densidade nas margens, em contraste com espaços de prados cortados. A estrutura arbórea foi pensada de acordo com a escala das unidades edificadas na sua envolvente, de modo a reduzir o seu impacto sensorial sobre o espaço. As unidades arbóreas integraram espécies de grande, médio e pequeno porte, de folha persistente e de folha caduca, nomeadamente espécies de salgueiros, amieiros, freixos, choupos e vidoeiros. A arbórea dominante é estrategicamente pontuada de espécies de crescimento mais lento, mas com interesse ao nível do dinamismo sazonal, forma e características cromáticas, nomeadamente carvalhos, aceres e ulmeiros. Os maciços arbustivos, sub-arbustivos e herbáceos formam massas de volume, de enchimento, de revestimento e de remate. Foram incluídos sabugueiros, sanguinhos das sebes, pilrriteiros e borrazeiras pretas.

No troço da Quinta do Rio optou-se pela utilização de prado em crescimento livre em toda a área disponível. Esta opção foi justificada pela falta de fundos disponíveis para a intervenção neste troço da ribeira. Já numa fase posterior à conclusão da intervenção projetada, no âmbito do Projeto Rios, toda a área deste troço foi plantada, tendo sido adicionadas, nomeadamente, espécies arbóreas.

Foram ainda construídos micro-açudes em ambos os troços intervencionados da ribeira da Granja.

d) Melhoria do espaço público

Nos dois troços da ribeira da Granja foram criados percursos que acompanham o traçado da ribeira e que ligam todos os pontos do terreno, permitindo acesso a todas as áreas do espaço.

Os percursos criados foram projetados de modo a possibilitar a utilização pedonal e por meio de transportes de marcha lenta. Foram reutilizadas lajetas de granito, provenientes de demolições realizadas na região, para pavimentos pedonais secundários.

Nestes dois troços da ribeira da Granja foram ainda criadas e adaptadas pontes pedonais de atravessamento entre as margens da ribeira. Existe atualmente uma ponte no troço do Viso e outra no troço da Quinta do Rio.

No troço do Viso foi instalado mobiliário urbano constituído por diferentes elementos, nomeadamente bancos, papelarias, um estacionamento para bicicletas e postes de iluminação.

A jusante do troço do Viso, junto à Rua D. João Coutinho, encontrava-se uma área expectante do domínio municipal, sinalizada na figura 14 e presente na figura 15, com fracas características a nível ecológico, mas de elevado potencial lúdico pela envolvimento de bairros sociais com pouco espaço de recreio disponível. Servindo de entrada e atração ao troço do Viso da ribeira da Granja, foi construído um parque de *skate* (figura 16), onde se fomenta a atividade desportiva das camadas mais jovens, aliado a uma zona permeável de prado, onde é possível o recreio passivo.



Figura 15 - Área expectante do domínio municipal, a jusante do troço do Viso da ribeira da Granja pré-intervenção (google earth, 2009).



Figura 16 – Parque de skate construído a jusante do troço do Viso da ribeira da Granja (23/02/14).

e) Monitorização e manutenção

A qualidade das águas das ribeiras do Porto é monitorizada desde 2007 através de estações de amostragem colocadas em pontos estratégicos, ao longo do percurso das ribeiras. No projeto de candidatura ao Programa Operacional do Norte são propostas ações de monitorização

trimestrais (uma ação por cada estação do ano), durante dois anos, no decorrer das quais são monitorizados parâmetros hidrogeomorfológicos, físico-químicos e biológicos.

No projeto de execução antecipou-se uma manutenção pouco exigente, limitada a podas em árvores e arbustos e/ou remoção de plantas herbáceas, junto a caminhos, no caso de se verificar que impedem a boa circulação nos mesmos, uma vez que toda a estrutura verde, com exceção dos prados cortados, se propõe de crescimento livre.

f) Sensibilização

No projeto de candidatura ao Programa Operacional do Norte encontra-se prevista a criação de uma horta pedagógica na ribeira da Granja, subdividida em vários talhões com elevado número de espécies autóctones e cultivares de agricultura ecológica, com o objetivo de proporcionar a jardins-de-infância, escolas primárias e do primeiro ciclo, grupos de jovens e adolescentes e a lares de terceira idade uma área onde são possíveis várias ações de sensibilização e formação específica *in locu*. Neste projeto encontra-se ainda prevista a instalação de placares informativos ao longo dos troços intervencionados da ribeira da Granja. No entanto, nenhuma destas ações foi ainda realizada.

A componente de sensibilização na temática das ribeiras na cidade do Porto é essencialmente assegurada pelo Centro de Educação Ambiental do Parque da Pasteleira, localizado no parque urbano da Pasteleira, muito perto da foz da ribeira da Granja, que alberga permanentemente uma exposição sobre “Rios e Ribeiras do Porto”, organiza percursos interpretativos, acompanhados por técnicos municipais, às principais linhas de água a céu aberto do concelho do Porto e realiza oficinas temáticas direcionadas para reabilitação de linhas de água.

A escola do Viso está envolvida no Projeto Rios e desenvolveu já atividades no troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja, nomeadamente com a plantação de espécies arbóreas autóctones.

4.1.5. RESULTADOS OBSERVADOS

a) Troço do Viso

Na zona da bacia de retenção criada neste troço da ribeira, a vegetação adicionada às margens encontra-se, em primeira análise, a cumprir o objetivo de aumento da rugosidade e consequente desaceleração do escoamento da ribeira (figura 17). No decorrer da visita efetuada a este troço no mês de fevereiro de 2014, detetou-se que a margem esquerda da ribeira, nesta zona, se encontrava sujeita a erosão (figura 18) por ação do caudal escoado. Esta ocorrência constitui uma etapa do ciclo de deposição/erosão gerado em zonas de bacias de retenção.



Figura 17 – Bacia de retenção no troço do Viso da ribeira da Granja (15/10/13).



Figura 18 – Erosão da margem esquerda na zona da bacia de retenção no troço do Viso da ribeira da Granja (23/02/14).

O desenvolvimento da vegetação adicionada às margens é notório e torna já difícil a identificação das técnicas de estabilização de margens aplicadas neste troço.

Durante a visita realizada em junho do presente ano ao troço do Viso, tornou-se notório o desenvolvimento da vegetação, especialmente na zona da margem mais próxima do curso de água e na margem direita da ribeira (figura 19).



Figura 19 - Estado da vegetação, em junho de 2014, na margem direita do troço do Viso (13/06/14).

No decorrer da visita realizada ao troço do Viso em fevereiro de 2014 verificou-se que, na zona intervencionada mais a jusante, as faxinas aplicadas para estabilização da margem esquerda se encontravam deslocadas da posição vertical em que foram colocadas (figura 20). Aquando da visita realizada em junho do mesmo ano verificou-se que, na mesma zona, as faxinas tinham

sido removidas quase na totalidade e a margem tinha sido sujeita a erosão, com arrastamento de parte considerável do solo que a constitui (figura 21). Esta ocorrência pode estar relacionada com o facto de a vegetação incorporada nas faxinas ter sido removida pelo caudal da ribeira na época de chuvas que se seguiu à conclusão da intervenção.



Figura 20 – Faxinas deslocadas da posição vertical em que foram colocadas, na margem esquerda do troço do Viso (23/02/14).



Figura 21 – Faxinas removidas e margem sujeita a erosão no troço do Viso (23/02/14).

Presenciou-se ainda, no troço do Viso, uma situação de erosão da margem esquerda da ribeira, com perigo de queda de uma árvore de grande porte no leito, na medida em que grande parte das raízes da mesma se encontra já visível (figura 22).

Ao longo deste troço é visível a diversificação de velocidades na linha de água (figura 23), proporcionada pelas secções transversais não uniformes, pelos meandros criados e pelas técnicas de estabilização de margens, permeáveis e com incorporação de vegetação.



Figura 22 – Raízes de uma árvore visíveis, na sequência de erosão da margem esquerda no troço do Viso (13/06/14).



Figura 23 – Evidências da diversificação de velocidades na linha de água no troço do Viso da ribeira da Granja (23/02/14).

Durante a visita realizada em outubro de 2013, verificou-se que a margem esquerda, do domínio privado, apresentava elevadas quantidades de canas (*Arundo donax*) (figura 24) e de espécies em mau estado de conservação.



Figura 24 – Margem esquerda da ribeira da Granja no troço do Viso invadida por canas (*Arundo donax*) (15/10/13).

Durante a mesma visita foram já identificadas, também, diversas evidências de vandalismo. O mobiliário urbano instalado aquando da intervenção neste troço, nomeadamente bancos e postes de iluminação, foi alvo de vandalismo, como comprova a figura 25.



Figura 25 – Resultados de atos de vandalismo em bancos e postes de iluminação no troço do Viso da Ribeira da Granja (15/10/13).

b) Troço da Quinta do Rio

O desentubamento da ribeira da Granja no troço da Quinta do Rio permitiu a minimização dos efeitos dos eventos de cheias mais correntes na zona junto à passagem hidráulica da Rua Direita do Viso. No entanto, na sequência da elevada precipitação ocorrida no passado mês de janeiro, a

linha de água, nos dois troços da ribeira da Granja, atingiu o nível de superfície das pontes instaladas para atravessamento entre margens.

Durante a primeira visita a este troço observou-se a presença de entulhos de dimensões consideráveis (figura 26) no leito da ribeira, que põem em causa o normal escoamento do caudal, ao causarem estrangulamentos no leito. No mês de fevereiro estas ocorrências encontravam-se regularizadas e não foram identificadas novas situações deste tipo.



Figura 26 – Presença de entulhos no leito da ribeira da Granja no troço da Quinta do Rio (15/10/13).

No troço da Quinta do Rio, o desenvolvimento da vegetação foi elevado desde outubro de 2013 a junho de 2014, especialmente na zona da bacia de retenção, como se conclui por comparação das figuras 27 e 28.



Figura 27 – Estado da vegetação, em outubro de 2013, na zona da bacia de retenção criada no troço da Quinta do Rio (15/10/13).



Figura 28 – Estado da vegetação, em junho de 2014, na zona da bacia de retenção criada no troço da Quinta do Rio (13/06/14).

A vegetação adicionada no seguimento de ações do Projeto Rios não apresentou os resultados esperados, uma vez que a linha de água foi alvo de sucessivos vandalismos.

Numa zona onde não foram aplicadas técnicas de estabilização de margens, estas foram alvo de erosão, o que provocou o arrastamento de parte do solo para o leito e consequente alteração da secção transversal (figura 29).

Neste troço identificaram-se espécies de vegetação exóticas de carácter invasor, nomeadamente canas (*Arundo donax*), ainda que em muito menores quantidades comparativamente com o troço do Viso (figura 30).



Figura 29 – Margens sujeitas a erosão no troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja (23/02/14).



Figura 30 – Invasão por canas (*Arundo donax*) no troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja (15/10/13).

Segundo a AdP, nestes troços intervencionados da ribeira da Granja foram já identificados exemplares de pato real, peneireiro, salamandra de pintas amarelas, garça boieira, chapim real e felosa comum. No decorrer da visita efetuada em junho do presente ano, tornou-se possível a identificação de exemplares de pato-real no troço do Viso (figura 31).

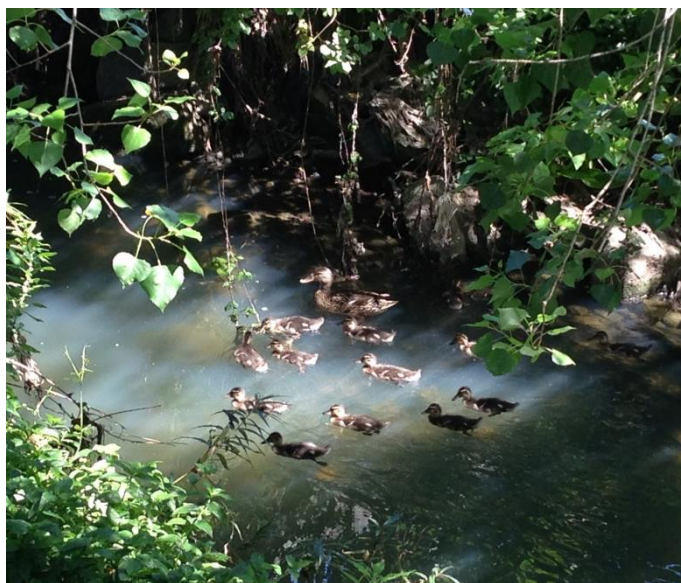


Figura 31 – Exemplares de pato-real identificados no troço do Viso (13/06/14).

O número e a frequência de visitantes nestes troços da ribeira da Granja aumentaram, em especial no troço do Viso e no fim-de-semana, mas é limitado a moradores da envolvente e a estudantes da escola do Viso, provavelmente devido à localização relativamente isolada destes troços da ribeira da Granja.

4.1.6. AVALIAÇÃO DO PROJETO DE INTERVENÇÃO NO TROÇO DO VISO DA RIBEIRA DA GRANJA

a) Avaliação do processo de planeamento do projeto de intervenção

Esta avaliação teve por base a informação contida nos seguintes projetos cedidos pela APA/ARH-Norte:

- ✓ Projeto de candidatura ao Programa Operacional do Norte, denominado “Gestão ativa das ribeiras do Porto - 1ª fase - rotas da Granja à Asprela”, relativo às intervenções na ribeira da Asprela e no troço do Viso da ribeira da Granja, que data de março de 2009;
- ✓ Projeto de execução relativo às intervenções na ribeira da Asprela e no troço do Viso da ribeira da Granja, denominado “Reabilitação das Ribeiras do Porto – Troços da Ribeira da Granja e da Asprela”, que data de dezembro de 2009;

O referido projeto de candidatura ao Programa Operacional do Norte não foi o projeto que efetivamente foi implementado. O projeto implementado teve por base o apresentado e descrito neste trabalho com algumas adaptações. No entanto, este documento foi considerado para avaliação do processo de planeamento do projeto de intervenção no troço do Viso, tendo em conta que constitui a única informação referente a esta intervenção existente na APA/ARH-Norte.

Considera-se que o projeto de intervenção no troço do Viso da ribeira da Granja englobou os objetivos de melhoria das condições hidráulicas (MCH), renaturalização e estabilização do leito e margens (RELM), recuperação de *habitats* (RH) e melhoria do espaço público (MEP). Considera-se que o objetivo de melhoria da qualidade da água constituiu um projeto individual e prévio a este projeto. As ponderações atribuídas a cada objetivo do projeto de intervenção no troço do Viso da ribeira da Granja encontram-se definidas na tabela 23.

Tabela 23 – Ponderações atribuídas aos objetivos do projeto de intervenção no troço do Viso da ribeira da Granja.

Objetivos do projeto	Fatores ponderação	Justificação
MCH	q2 = 0,1	O risco de eventos de cheias na Rua Direita do Viso, na Travessa de Requesende e na Travessa das Cruzes está relacionado com as dimensões da passagem hidráulica de Requesende e era agravado pelo entubamento da ribeira no troço da Quinta do Rio. Não existe referência à ocorrência de eventos de cheias noutras zonas do troço do Viso. Considera-se, por isso, que este não é um objetivo especialmente relevante para o projeto de intervenção no troço do Viso da ribeira.
RELM	q3 = 0,3	A estabilização de margens apresentou-se como uma etapa crucial para o sucesso do projeto, uma vez que a ribeira da Granja, neste troço, bem como na maioria da sua extensão, apresentava graves problemas de erosão.
RH	q4 = 0,3	As margens da ribeira, neste troço, apresentavam reduzida quantidade e diversidade de vegetação ripícola e elevada quantidade de vegetação exótica de caráter invasor. O retorno, a este troço, do caráter de galeria ripícola constituiu um objetivo prioritário do projeto de intervenção.
MEP	q5 = 0,3	A melhoria do espaço público, nomeadamente através da criação de percursos pedonais que acompanham o traçado da ribeira e de zonas de estadia, constituiu um objetivo prioritário do projeto de intervenção, na medida em que se pretendia restabelecer a conexão entre o sistema fluvial e a zona urbana envolvente, de modo a fomentar a aproximação da população a este sistema.

Apresentam-se, em seguida, os resultados da avaliação deste projeto de intervenção, no que diz respeito à realização das fases de caracterização e diagnóstico e identificação das soluções e ao planeamento das fases de implementação, monitorização, manutenção e sensibilização e participação pública. As classificações atribuídas aos indicadores de cada fase e respetiva justificação encontram-se no anexo O (pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6, respetivamente).

❖ Avaliação da fase de caracterização e diagnóstico

A realização da fase de caracterização e diagnóstico apresenta uma classificação de 39%. A análise da classificação obtida para esta fase, por objetivo do projeto, permite concluir que os objetivos de melhoria das condições hidráulicas e de melhoria do espaço público apresentam a caracterização mais completa, ainda que com classificação abaixo dos 50% (43 e 42%, respetivamente), e os objetivos de renaturalização e estabilização do leito e margens e de recuperação de *habitat* a menos completa (36%), apesar da relevância que apresentam no projeto em questão.

❖ Avaliação da fase de identificação de soluções

A realização da fase de identificação de soluções apresenta uma classificação de 75%. Não é realizada uma análise custo/benefício englobando todas as soluções propostas. O facto de ter sido selecionado um troço piloto de experimentação de técnicas de reabilitação fluvial terá porventura permitido concluir, com base nos resultados obtidos naquele troço, quanto aos benefícios e à adequabilidade das técnicas testadas. Na realidade, nos projetos analisados são apenas referidos os benefícios das soluções selecionadas, não sendo realizada a comparação destas com outras soluções propostas, para justificação da seleção realizada.

❖ **Avaliação do planeamento da fase de implementação**

O planeamento da fase de implementação apresenta uma classificação de 67%. A referência à formação dos intervenientes nesta fase é limitada a uma das atividades planeadas.

❖ **Avaliação do planeamento da fase de monitorização**

O planeamento da fase de monitorização apresenta uma classificação de 22%. A monitorização de parâmetros relativos às condições hidromorfológicas, de erosão/estabilidade e biológicas do sistema intervencionado, bem como a alterações antrópicas que se possam verificar neste sistema, não se encontra definida. A análise da classificação obtida para esta fase, por objetivo do projeto, permite concluir que, ainda que as classificações obtidas sejam abaixo dos 50% para a totalidade dos objetivos, os parâmetros de monitorização definidos favorecem o objetivo de recuperação de *habitat* (classificação de 27%), especialmente em relação ao objetivo de renaturalização e estabilização do leito e margens (classificação de 15%). Os parâmetros de monitorização definidos não se encontram de acordo com a relevância de cada objetivo para o projeto.

❖ **Avaliação do planeamento da fase de manutenção**

O planeamento da fase de manutenção apresenta uma classificação de 56%. Os indicadores de manutenção são descritos de modo incompleto, na medida em que a descrição realizada se refere apenas a medidas relacionadas com a vegetação adicionada, descurando, nomeadamente, medidas de contenção de vegetação exótica de carácter invasor e medidas de manutenção das técnicas de estabilização de margens instaladas.

❖ **Avaliação do planeamento da fase de sensibilização e participação pública**

O planeamento da fase de sensibilização e participação pública apresenta uma classificação de 71%. Não se encontram definidas ações de divulgação à população, relativas às consequências sociais, económicas e ambientais de decisões e projetos alternativos, nem existe referência ao facto de as soluções identificadas e selecionadas terem sido baseadas em participação pública.

Na tabela 24 encontram-se resumidas as classificações obtidas para as várias fases do processo de planeamento da intervenção, as classificações totais obtidas para cada objetivo do projeto de intervenção e a classificação total obtida para o processo de planeamento do projeto de intervenção.

Tabela 24 – Classificações obtidas para as várias fases de planeamento, classificações totais para cada objetivo do projeto de intervenção e classificação total para o processo de planeamento do projeto de intervenção no troço do Viso da ribeira da Granja.

Fases de planeamento	Classificação por objetivo				Classificação por fase	Fator ponderação (p)
	MCH	RELM	RH	MEP		
Caracterização e diagnóstico	43%	36%	36%	42%	39%	1/6
Identificação de soluções	75%				75%	1/6
Implementação	67%				67%	1/6
Monitorização	22%	15%	27%	23%	22%	1/6
Manutenção	56%				33%	1/6
Sensibilização e participação pública	71%				71%	1/6
Classificação por objetivo	56%	53%	55%	56%		
Fator ponderação (q)	0,1	0,3	0,3	0,3		
CTp					55%	

Por análise desta tabela conclui-se que a classificação total do processo de planeamento do projeto de intervenção no troço do Viso da ribeira da Granja está acima do patamar de 50%, limite pelo qual é definido que um projeto apresenta condições técnicas adequadas. A qualidade de realização da fase de identificação de soluções (classificação de 75%) e do planeamento das fases de sensibilização e participação pública (classificação de 71%) e de implementação (classificação de 67%) contribui, em grande parte, para que a classificação total do processo de planeamento seja acima do patamar de 50%. O planeamento da fase de monitorização obteve a classificação mais baixa (22%), seguindo-se o planeamento da fase de manutenção e a fase de caracterização e diagnóstico, com classificações de 33% e 39%, respetivamente. No que diz respeito às classificações totais obtidas para cada objetivo do projeto de intervenção, constata-se que foram todas acima do patamar de referência, sendo a mais baixa (53%) a relativa ao objetivo de renaturalização e estabilização do leito e margens, apesar da relevância que apresenta neste projeto de intervenção.

b) Avaliação da evolução do sistema intervencionado

Na tabela 25 encontram-se identificadas as classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da evolução do sistema intervencionado no troço do Viso da ribeira da Granja, com base na comparação dos resultados da análise DPSIR, realizada para a situação pré-intervenção do sistema, com os resultados da análise realizada ao estado e impactos no sistema pós-intervenção, apresentados nos pontos 1 e 2 do anexo P, respetivamente. Apresentam-se ainda as classificações totais, por tipo de evolução e a classificação total obtida para a evolução do sistema intervencionado.

Tabela 25 – Classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da evolução do sistema intervencionado no troço do Viso da ribeira da Granja, classificações totais, por tipo de evolução e classificação total obtida para a evolução do sistema.

Indicadores	Classificação por indicador
Ecológicos	
Melhoria da qualidade da água	(Não aplicável)
Aumento da conectividade longitudinal	(Não aplicável)
Aumento da conectividade transversal	(Não aplicável)
Aumento da conectividade vertical	(Não aplicável)
Aumento da quantidade e diversidade de <i>habitats</i> naturais	2
Aumento da quantidade e diversidade de espécies faunísticas	2
C _E (fração)	4/6
C_E	67%
Fator de ponderação (f1)	0,45
Hidromorfológicos	
Aumento da estabilidade das margens	1
Redução do risco de obstrução do leito	(Não aplicável)
Redução da frequência, duração e extensão de cheias	(Não aplicável)
C _H (fração)	1/3
C_H	33%
Fator de ponderação (f2)	0,35
Sociais	
Redução do risco de perdas materiais por inundação	(Não aplicável)
Redução do risco de insegurança	2
Aumento da disponibilidade de tipos de uso	3
Aumento dos valores de não-uso	2
Aumento do número e da frequência de visitantes	2
C _S (fração)	9/12
C_S	75%
Fator de ponderação (f3)	0,20
C_{te}	57%

Por análise desta tabela conclui-se que a evolução total do sistema intervencionado foi superior a 50%. A componente social foi a que apresentou uma evolução mais acentuada (75%), seguida da componente ecológica (67%). A componente hidromorfológica, caracterizada, neste caso, pela estabilidade das margens, apresentou uma evolução abaixo dos 50%, uma vez que se verificou a existência de zonas do troço do Viso onde as margens da ribeira da Granja se encontram sujeitas a erosão e zonas onde as técnicas de estabilização de margens sofreram desgaste pela ação do escoamento do caudal do curso de água, pondo em causa a estabilidade das margens da ribeira. Comparando os resultados obtidos para a evolução do sistema com os resultados obtidos para o planeamento do projeto de intervenção, verifica-se que o incumprimento do objetivo de estabilização das margens da ribeira em determinadas zonas do

troço do Viso pode estar relacionado com a baixa classificação obtida, para este objetivo, na fase de caracterização e diagnóstico (36%), na medida em que as soluções implementadas não se estão a adaptar às condições deste sistema fluvial. Uma caracterização eficaz do sistema a intervir permite a compreensão do seu funcionamento, a previsão da sua evolução em resposta às soluções de intervenção propostas e a adaptação das soluções previstas, no caso de a evolução não ser a desejada. O facto de estas ocorrências de erosão das margens da ribeira não terem sido corrigidas denota insuficiência de monitorização do estado do sistema, o que se encontra de acordo com a baixa classificação obtida para o planeamento da fase de monitorização do projeto de intervenção (15%).

4.1.7. AVALIAÇÃO DO PROJETO DE INTERVENÇÃO NO TROÇO DA QUINTA DO RIO DA RIBEIRA DA GRANJA

a) Avaliação do processo de planeamento do projeto de intervenção

Esta avaliação teve por base a informação contida no projeto de execução da intervenção no troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja, denominado “Controlo de cheias e regularização fluvial da ribeira da Granja: desentubamento e requalificação do leito e margens do troço da Quinta do Rio - fase 1”, cedido pela APA/ARH-Norte, que data de 2011.

Considera-se que o projeto de intervenção no troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja englobou os objetivos de melhoria das condições hidráulicas (MCH), renaturalização e estabilização do leito e margens (RELM), recuperação de *habitats* (RH) e melhoria do espaço público (MEP). Considera-se que o objetivo de melhoria da qualidade da água constituiu um projeto individual e prévio a este projeto. As ponderações atribuídas a cada objetivo deste projeto de intervenção encontram-se definidas na tabela 26.

Tabela 26 – Ponderações atribuídas aos objetivos do projeto de intervenção no troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja.

Objetivos do projeto	Fatores ponderação	Justificação
MCH	q2 = 0,3	O desentubamento da ribeira neste troço constituiu o objetivo mais preponderante do projeto de intervenção, na medida em que a elevada frequência e extensão de eventos de cheias ocorridas na Rua Direita do Viso, na Travessa de Requesende e na Travessa das Cruzes estavam relacionadas com a reduzida dimensão do entubamento da ribeira neste troço. Considera-se que este objetivo influencia o cumprimento dos restantes.
RELM	q3 = 0,25	Após desentubamento da ribeira, tornou-se fundamental restabelecer o carácter de galeria ripícola do sistema fluvial
RH	q4 = 0,25	
MEP	q5 = 0,2	A melhoria do espaço público, nomeadamente através de criação de percursos pedonais que acompanham o traçado da ribeira, constituiu um objetivo prioritário do projeto de intervenção, na medida em que se pretendia restabelecer a conexão entre o sistema fluvial e a zona urbana envolvente, de modo a fomentar a aproximação da população a este sistema. No entanto, a falta de fundos para a intervenção neste troço da ribeira, acarretou limitações nas soluções propostas para o cumprimento deste objetivo.

Apresentam-se, em seguida, os resultados da avaliação deste projeto de intervenção, no que diz respeito à realização das fases de caracterização e diagnóstico e identificação das soluções e ao planeamento das fases de implementação, monitorização, manutenção e sensibilização e participação pública. As classificações atribuídas aos indicadores de cada fase e respetiva justificação encontram-se no anexo Q (pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6, respetivamente).

❖ Avaliação da fase de caracterização e diagnóstico

Na avaliação desta fase de planeamento da intervenção no troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja, considerou-se, não só a informação presente no projeto relativo a esta intervenção, mas também a informação relativa à caracterização da bacia hidrográfica, presente nos projetos relativos à intervenção no troço do Viso desta ribeira. Esta consideração prende-se com o facto de, no projeto relativo à intervenção no troço da Quinta do Rio, a informação relativa à caracterização da bacia hidrográfica se encontrar muito incompleta. Uma vez que a intervenção no troço da Quinta do Rio é posterior à intervenção no troço do Viso da ribeira da Granja, supõe-se que a falta de informação, relativa à caracterização da bacia hidrográfica, no projeto relativo à intervenção no troço da Quinta do Rio se deva ao facto de esta caracterização já se encontrar realizada nos projetos anteriores.

A realização da fase de caracterização e diagnóstico apresenta uma classificação de 37%. A análise da classificação obtida para esta fase, por objetivo do projeto, permite concluir que o objetivo de melhoria das condições hidráulicas, com maior relevância para o projeto em questão, é o que apresenta a caracterização mais completa, ainda que com classificação abaixo do patamar de referência (50%). Seguem-se os objetivos de melhoria do espaço público com classificação de 41% e de renaturalização e estabilização do leito e margens com 36%. O objetivo de recuperação de *habitat* apresenta a classificação mais baixa (30%), apesar da relevância que apresenta no projeto em questão.

❖ Avaliação da fase de identificação de soluções

A realização da fase de identificação de soluções apresenta uma classificação de 67%. Não é realizada uma análise custo/benefício englobando todas as soluções propostas. Tal como para o troço do Viso, o facto de ter sido selecionado um troço piloto de experimentação de técnicas de reabilitação fluvial terá porventura permitido concluir, com base nos resultados obtidos naquele troço, quanto aos benefícios e à adequabilidade das técnicas testadas. No entanto, no projeto analisado são apenas referidos os benefícios das soluções selecionadas, não sendo realizada a comparação destas com outras soluções propostas, para justificação da seleção realizada.

❖ Avaliação do planeamento da fase de implementação

O planeamento da fase de implementação apresenta uma classificação de 50%. A formação dos intervenientes nesta fase não se encontra definida em projeto.

❖ Avaliação do planeamento da fase de monitorização

Na avaliação desta fase de planeamento da intervenção no troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja, a classificação relativa aos indicadores “Frequência”, “Qualidade da água” e “Pessoas envolvidas” foi transposta da avaliação realizada para esta fase de planeamento da intervenção no troço do Viso, uma vez que se supõe que o plano de monitorização formulado para a intervenção no troço do Viso, pelo menos no que diz respeito a estes parâmetros, se mantém para a intervenção no troço da Quinta do Rio.

O planeamento da fase de monitorização apresenta uma classificação de 22%. A monitorização de parâmetros relativos às condições hidromorfológicas, de erosão/estabilidade e biológicas do sistema intervencionado, bem como a alterações antrópicas que se possam verificar neste sistema, não se encontra definida. A análise da classificação obtida para esta fase, por objetivo do projeto, permite concluir que, ainda que as classificações obtidas sejam abaixo do patamar de 50% para a totalidade dos objetivos, os parâmetros de monitorização definidos favorecem o objetivo de recuperação de *habitat* (classificação de 27%), especialmente em relação ao objetivo de renaturalização e estabilização do leito e margens (classificação de 15%). Os parâmetros de monitorização definidos não se encontram de acordo com a relevância de cada objetivo para o projeto.

❖ Avaliação do planeamento da fase de manutenção

O planeamento da fase de manutenção apresenta uma classificação de 11%. Não se encontram definidas medidas de manutenção periódica e apenas é referido que as necessidades de manutenção são reduzidas pelas soluções adotadas.

Avaliação do planeamento da fase de sensibilização e participação pública

Na avaliação desta fase de planeamento da intervenção no troço da Quinta do Rio, a informação relativa ao indicador “Ações de participação ativa desenvolvidas junto à linha de água” foi transposta dos projetos referentes à intervenção no troço do Viso, uma vez que se supõe que as ações planeadas para um troço da ribeira passem a englobar o troço imediatamente a montante após conclusão desta intervenção.

O planeamento da fase de sensibilização e participação pública apresenta uma classificação de 29%. Não se encontram definidas ações de informação à população, relativas às características do projeto, nem existe referência ao envolvimento da população na fase de tomada de decisões. No que diz respeito a estruturas de interpretação é apenas referida a criação de percursos pedonais.

Na tabela 27 encontram-se resumidas as classificações obtidas para as várias fases do processo de planeamento da intervenção, as classificações totais obtidas para cada objetivo do projeto de

intervenção e a classificação total obtida para o processo de planeamento do projeto de intervenção.

Tabela 27 – Classificações obtidas para as várias fases de planeamento, classificações totais para cada objetivo do projeto de intervenção e classificação total para o processo de planeamento do projeto de intervenção no troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja.

Fases de planeamento	Classificação por objetivo				Classificação por fase	Fator ponderação (p)
	MCH	RELM	RH	MEP		
Caracterização e diagnóstico	42%	36%	30%	41%	37%	1/6
Identificação de soluções	67%				67%	1/6
Implementação	50%				50%	1/6
Monitorização	22%	15%	27%	23%	22%	1/6
Manutenção	11%				11%	1/6
Sensibilização e participação pública	29%				29%	1/6
Classificação por objetivo	37%	35%	36%	37%		
Fator ponderação (q)	0,3	0,25	0,25	0,2		
CTp					36%	

Por análise desta tabela conclui-se que a classificação total do processo de planeamento do projeto de intervenção no troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja é de 36%. Apenas a classificação obtida para a fase de identificação de soluções (67%) se encontra acima do patamar de referência. O planeamento da fase de implementação obteve classificação de 50%, sendo a classificação das restantes fases de planeamento do projeto de intervenção abaixo do patamar de 50%. Destaca-se, pela negativa, o planeamento da fase de manutenção (classificação de 11%).

b) Avaliação da evolução do sistema intervencionado

Na tabela 28 encontram-se identificadas as classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da evolução do sistema intervencionado no troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja, com base na comparação dos resultados da análise DPSIR, realizada para a situação pré-intervenção do sistema, com os resultados da análise realizada ao estado e impactos no sistema pós-intervenção, apresentados nos pontos 1 e 2 do anexo R, respetivamente. Apresentam-se, ainda, as classificações totais, por tipo de evolução e a classificação total obtida para a evolução do sistema intervencionado.

Tabela 28 – Classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da evolução do sistema intervencionado no troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja, classificações totais, por tipo de evolução e classificação total obtida para a evolução do sistema.

Indicadores	Classificação por indicador
Ecológicos	
Melhoria da qualidade da água	(Não aplicável)
Aumento da conectividade longitudinal	2
Aumento da conectividade transversal	2
Aumento da conectividade vertical	3
Aumento da quantidade e diversidade de <i>habitats</i> naturais	1
Aumento da quantidade e diversidade de espécies faunísticas	2
C_E (fração)	10/15
C_E	67%
Fator de ponderação (f1)	0,45
Hidrogeomorfológicos	
Aumento da estabilidade das margens	(Não aplicável)
Redução do risco de obstrução do leito	2
Redução da frequência, duração e extensão de cheias	1
C_H (fração)	3/6
C_H	50%
Fator de ponderação (f2)	0,35
Sociais	
Redução do risco de perdas materiais por inundação	2
Redução do risco de insegurança	2
Aumento da disponibilidade de tipos de uso	1
Aumento dos valores de não-uso	1
Aumento do número e da frequência de visitantes	1
C_S (fração)	7/15
C_S	47%
Fator de ponderação (f3)	0,20
C_{te}	57%

Por análise desta tabela conclui-se que a evolução total do sistema intervencionado foi superior a 50%. A componente ecológica foi a que apresentou uma evolução mais acentuada (67%), seguida da componente hidrogeomorfológica (50%). A componente social apresentou uma evolução abaixo dos 50%. A classificação obtida para esta última componente está em muito relacionada com o facto de não terem sido instaladas zonas de estadia nem mobiliário urbano neste troço da ribeira da Granja e de a solução de plantação seleccionada ser constituída apenas por prados, sem utilização de espécies arbóreas. Entende-se que estes fatores não contribuem para o aumento do número e frequência de visitantes ao local, na medida em que, respetivamente, reduzem a disponibilidade de tipos de uso e não contribuem para a redução do impacto sensorial da envolvente urbana. A solução de plantação seleccionada contribui também

desfavoravelmente para o aumento da quantidade e diversidade de *habitats* naturais. É de realçar que estas soluções foram selecionadas, em detrimento de outras soluções identificadas, devido à falta de verbas para a intervenção neste troço da ribeira da Granja. No que diz respeito à componente hidrogeomorfológica, o objetivo de redução da frequência de cheias não foi alcançado na totalidade, nomeadamente por ter sido mantida a passagem hidráulica de Requesende, que provoca estreitamento do leito da ribeira.

Comparando os resultados obtidos para a evolução do sistema com os resultados obtidos para o planeamento do projeto de intervenção, verifica-se que a baixa classificação obtida na fase de caracterização e diagnóstico (37%) pode ter influenciado negativamente a eficácia do projeto de intervenção, uma vez que, face à falta de verbas para a implementação do mesmo, um aprofundamento da análise nesta fase de planeamento poderia contribuir para uma definição mais eficaz de prioridades e soluções.

4.2. AVALIAÇÃO DO PROJETO DE INTERVENÇÃO NO TROÇO ENTRE A AV. FREI BARTOLOMEU DOS MÁRTIRES E PONTE PEDRINHA DO RIO ESTE (BRAGA)

Para análise deste caso de estudo recorreu-se: ao programa de ação apresentado para candidatura ao Programa Operacional do Norte, denominado “Parceria para a regeneração urbana - Zona Ribeirinha do Rio Este”, cedido pela Câmara Municipal de Braga (CmB), que data de outubro de 2008; ao projeto de execução da intervenção, denominado “Regularização, renaturalização e ordenamento do rio Este entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha”, cedido pela APA/ARH-Norte, que data de janeiro de 2008; e a análises de dados levantados em campo através de três visitas realizadas à zona de intervenção - a primeira visita realizou-se no dia 29 de outubro de 2013, a segunda visita no dia 13 de janeiro de 2014 e a terceira visita no dia 13 de junho de 2014. A segunda visita foi efetuada com acompanhamento da engenheira Paula Pereira, da Câmara Municipal de Braga, que esteve envolvida na fase de implementação do projeto. Foi ainda possível reunir com o engenheiro Hélio Costa e com a engenheira Sofia Vieira, ambos da Empresa de Água, Efluentes e Resíduos de Braga (AGERE), para esclarecimento quanto aos processos de recolha e tratamento de águas residuais e de drenagem de águas pluviais no concelho de Braga.

4.2.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL

O rio Este nasce num vale conhecido por vale de Este, localizado a leste de freguesia de São Mamede de Este, no concelho de Braga. Atravessa depois a cidade de Braga e desagua na margem direita do rio Ave, no concelho de Vila do Conde. Apresenta uma extensão total de cerca de 35 quilómetros.

4.2.2. CARACTERIZAÇÃO DO TROÇO INTERVENCIONADO

A zona ribeirinha intervencionada (a vermelho na figura 32) está localizada no concelho de Braga, a cerca de dois quilómetros a sul do centro histórico da cidade, entre a avenida Frei Bartolomeu dos Mártires e a Ponte Pedrinha, com uma extensão de cerca de 2900 metros.



Figura 32 - Fotografia aérea do troço intervencionado do rio Este (sinalizado a vermelho) e da envolvente (google earth, 2012).

Dada a sua extensão e a proximidade imediata de alguns equipamentos estruturantes do desenvolvimento da cidade, nomeadamente o Estádio Primeiro de Maio, o Parque de S. João da Ponte, o Monte Picoto, o Parque de Exposições, o Mercado Cultural do Carandá, escolas e equipamentos de saúde, pequenas zonas industriais e áreas residenciais de diferentes épocas e configurações, este troço do rio é considerado como um eixo estruturante vital na malha urbana, marcante e incontornável.

A zona de intervenção encontra-se bem servida de transportes públicos, nomeadamente com a proximidade à estação de caminhos-de-ferro de Ferreiros. A proximidade às autoestradas A3 e A11 favorece também os acessos para quem pretenda aceder vindo de locais fora da cidade.

Imediatamente a jusante do troço intervencionado do rio Este, encontra-se a DELPHI, empresa produtora de equipamentos eletrónicos, cujas instalações estão localizadas no limite de ambas as margens do rio, existindo uma ponte que possibilita a passagem entre margens. Nesta zona, o rio encontra-se estrangido entre paredes de betão e o seu leito apresenta uma largura muito reduzida (figura 33), tendo em conta o caudal escoado, o que leva a que ocorram constantemente inundações em épocas de grande precipitação (praticamente durante todo o Inverno).

A jusante desta zona verifica-se uma grande degradação do estado das margens do rio (figura 34), dado o aumento da velocidade de escoamento neste troço.

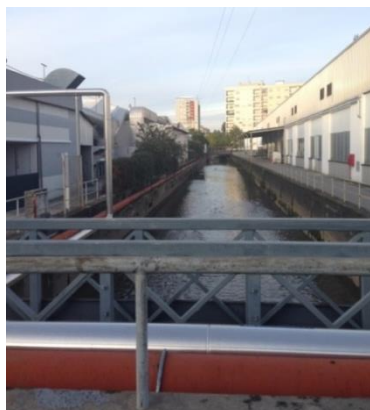


Figura 33 - Passagem do Rio Este nas instalações da DELPHI (29/10/13).



Figura 34 - Localização da DELPHI e degradação das margens do rio a jusante (google earth, 2012).

4.2.3. JUSTIFICAÇÃO DA INTERVENÇÃO

Principalmente entre as décadas de 70 e 90, quando a pressão urbanística na cidade de Braga aumentou exponencialmente, o traçado do rio Este foi desviado, o leito foi consequentemente reduzido e, em alguns troços, até canalizado entre paredes de betão (figura 35), o que provocou alteração das condições de escoamento, com consequente aumento de eventos de cheias, especialmente na zona mais a jusante da intervenção analisada neste estudo.

Diversas edificações não licenciadas foram construídas no leito de cheia do rio. As garagens de muitas habitações, por se encontrarem a cota inferior à do leito do rio, eram frequentemente inundadas. Atualmente incluem sistemas de drenagem, contudo nem assim são evitadas inundações esporádicas.

As margens do rio apresentavam larguras muito variáveis, havendo zonas mais estreitas, confinadas por construções, onde o acesso ao rio pela população era impossibilitado. Para além das construções, o espaço envolvente ao rio é fortemente marcado por vias rodoviárias que o atravessam e delimitam os espaços, dificultando a passagem dos utilizadores.

A zona mais a jusante da intervenção era especialmente preocupante, tendo em conta o isolamento, por falta de acessos, e a insegurança, que a tornaram numa zona de degradação social.

Um estudo académico realizado pela Universidade do Minho, com recolha de amostras de água do rio entre outubro de 1999 e março de 2000, denunciou a existência de metais pesados em concentrações que ultrapassavam os valores limite legislados. A poluição por águas residuais domésticas (figura 36), indevidamente ligadas à drenagem de águas pluviais, e a deposição de resíduos sólidos urbanos no rio eram também situações frequentes, originando, principalmente

durante o verão, mau cheiro e presença de ratazanas e pragas de insetos. Consequentemente, o rio tornou-se um perigo para a saúde pública e foram extintas espécies faunísticas características da zona, nomeadamente barbos, trutas, enguias, escalos e panchorcas.



Figura 35 – Troço do rio Este pré-reabilitação (google earth, 2009).



Figura 36 – Poluição no rio Este pré-intervenção (cedido pela CmB).

4.2.4. DESCRIÇÃO DA INTERVENÇÃO

A intervenção de reabilitação do rio Este, levada a cabo pela Câmara Municipal de Braga, foi iniciada em dezembro de 2010 e concluída em outubro de 2013.

As diretrizes gerais deste projeto foram:

- ✓ Reabilitação e requalificação ambiental do Rio Este;
- ✓ Promoção das condições naturais de escoamento;
- ✓ Usufruto dos espaços ribeirinhos pela população.

O troço intervencionado foi dividido em cinco sub-troços e a intervenção foi conduzida de montante para jusante. Os sub-troços considerados foram, de montante para jusante, da Avenida Frei Bartolomeu dos Mártires até à Rua Bernardo Sequeira (sub-troço 1, a preto na figura 37), da Rua Bernardo Sequeira até à Avenida 31 de Janeiro (sub-troço 2, a azul na figura 37), da Avenida 31 de Janeiro até à Avenida da Liberdade (sub-troço 3, a lilás na figura 37), da Avenida da Liberdade até à Rua Monsenhor Airosa (sub-troço 4, a laranja na figura 37) e da Rua Monsenhor Airosa até à Ponte Pedrinha (sub-troço 5, a vermelho na figura 37).



Figura 37 – Representação dos sub-troços considerados na intervenção e dos principais arruamentos que os limitam (google earth, 2012).

Na tabela 29 encontram-se identificadas a extensão e a área de cada sub-troço considerado.

Tabela 29 - Extensão e área de cada sub-troço considerado (cedido pela CmB).

Sub-troço	Extensão (m)	Área (m ²)
1	425	2824
2	360	3731
3	575	1650
4	605	6045
5	885	10396

A intervenção não foi, no entanto, desenvolvida de forma contínua. A 26 de outubro de 2011, quando estava concluída a intervenção nos três primeiros troços, ocorreu uma inundação de grandes dimensões no sub-troço 5. Decorrente da análise efetuada, entendeu-se que as medidas que se tinham projetado para os sub-troços 4 e 5 não seriam suficientes para a resolução da problemática associada. O projeto foi então alterado, nomeadamente, com alargamento do leito e meandrização do traçado do curso de água. Ocorreram também situações em que tubos coletores de águas residuais domésticas pré-existent interferiram com as intervenções projetadas, o que originou novas alterações ao projeto, nomeadamente no que diz respeito ao traçado da via pedonal e ciclável. Como resultado, a intervenção sofreu uma paragem de cerca de seis meses para se proceder às referidas alterações ao projeto.

Descrevem-se, em seguida, os trabalhos realizados no âmbito deste projeto, sendo que a zona do rio adjacente à Rua dos Galos e as zonas de passagens hidráulicas não sofreram alterações no leito, mas apenas limpeza e desobstrução.

a) Melhoria da qualidade da água

Levantamentos topográficos efetuados permitiram inventariar 166 descargas diretas no rio. Procedeu-se à retirada das 67 ligações diretas de águas residuais ao rio identificadas, bem como à resolução de ligações ilícitas de águas residuais ao sistema de drenagem de águas pluviais e

seu encaminhamento para o sistema de saneamento mais próximo, com a colaboração da AGERE, EM. As 10 ligações diretas de águas pluviais ao rio identificadas foram mantidas. Procedeu-se ainda à remoção de resíduos sólidos urbanos do leito e margens.

b) Melhoria das condições hidráulicas

Consistiu no reperfilamento do rio, nomeadamente através de meandrização, na modelação de secções transversais e na criação de bacias de retenção, nas zonas em que as construções limítrofes permitiram e onde se determinou prioritário. Por exemplo, na zona do Parque da Ponte (figura 38), no sub-troço 3, a largura e profundidade do leito foram consideradas satisfatórias, na medida em que concedem ao rio boa capacidade de vazão, nomeadamente em períodos de maior caudal.

Procedeu-se à meandrização do leito do rio na zona mais a jusante do sub-troço 4 (figura 39).



Figura 38 – Zona do Parque da Ponte, que não sofreu intervenção para melhoria das condições hidráulicas (13/01/14).

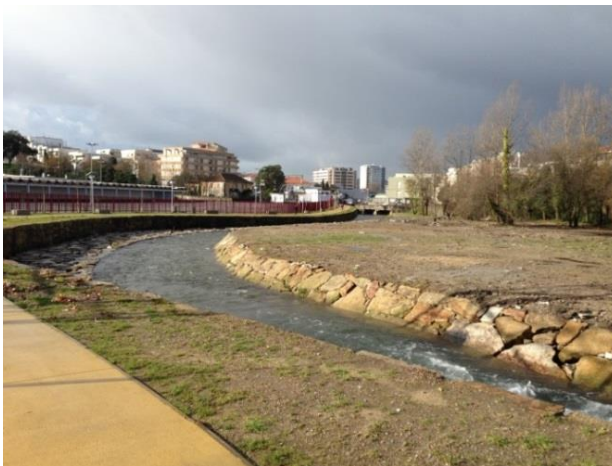


Figura 39 – Zona mais a jusante do sub-troço 4 que sofreu reperfilamento do leito por meandrização (13/01/14).

A redefinição de secções transversais consistiu na redução da inclinação dos taludes, uniformização da cota de ambas as margens e compatibilização com os arruamentos e edificações existentes, sempre que o espaço disponível permitiu. Destaca-se o alargamento da secção de vazão a montante da Rua Bernardo Sequeira, mediante a suavização de uma curva pronunciada, para evitar os extravasamentos das águas do rio que ocorriam em períodos de maior caudal.

Foi proposta a criação de bacias de retenção em três locais, uma a montante da Rua Monsenhor Airoso, uma a jusante da Rua Monsenhor Airoso e a última a montante da Ponte Pedrinha. Esta última foi inviabilizada por se encontrar prevista a construção de equipamentos no local e a primeira foi adiada por necessidade de negociação do espaço de intervenção com o proprietário do terreno.

Procedeu-se ainda à limpeza e desobstrução das levadas localizadas na Zona dos Galos, no sub-troço 3 (figura 40).



Figura 40 – Levadas da Zona dos Galos, no sub-troço 3, sujeitas a limpeza e desobstrução (13/01/14).

Foi proposto um descarregador de tempestade sob a Rua Padre Armando Lira, para desvio de caudais excedentes, ao qual ligariam as redes de águas pluviais da área envolvente evitando a entrega destes caudais diretamente ao rio em períodos de maior caudal. Esta proposta foi inviabilizada pela Câmara Municipal de Braga face aos elevados custos de execução.

c) Renaturalização e estabilização do leito e margens

Foram estudadas diversas alternativas de técnicas para a renaturalização e estabilização das margens do rio, nomeadamente com recurso a técnicas de engenharia natural: faxinas vivas, empacotamento vivo, paliçadas com vegetação e enrocamento vivo. No entanto, estudos efetuados para avaliar a tensão máxima de arrastamento no leito e nas margens do rio e comparar com a tensão crítica de arrastamento e a velocidade média crítica para estas técnicas, inviabilizaram a utilização destas técnicas, por risco de rotura.

O revestimento em betão das margens foi retirado e substituído por enrocamento com blocos de granito de média e grandes dimensões, soltos e irregulares, de modo a introduzir uma cobertura das margens mais natural, reduzir os fenómenos erosivos e garantir estabilidade e boas condições para a adaptação de vegetação. Para apoio do enrocamento na base do talude foram executadas paliçadas na transição das margens para o fundo do leito.

No sub-troço 2 e em grande parte do sub-troço 3 não se procedeu à substituição do revestimento em betão das margens. As zonas que não foram alvo deste tipo de intervenção no sub-troço 3 correspondem à zona do Parque da Ponte, a uma zona em que o leito do rio é constituído por maciço rochoso (figura 41) que se quis proteger (situação rigorosamente estudada por geólogos) e à Zona dos Galos.



Figura 41 – Leito do rio constituído por maciço rochoso, a proteger, no sub-troço 3 (13/01/14).

Nos casos em que as margens eram revestidas por muros verticais, como função de suporte de construções pré-existentes, estes foram mantidos. Nestes casos, que ocorreram em locais específicos ao longo de todo o troço, excetuando o sub-troço 4, procedeu-se à substituição dos muros que se encontravam em mau estado de conservação, condicionando a estabilidade das terras suportadas, por novos muros verticais, em granito ou betão armado, segundo o nível de adequabilidade determinado. Procedeu-se ainda à limpeza dos muros em bom estado de conservação.

O fundo do leito foi mantido em terreno natural e foi devidamente regularizado, isento de elementos que obstruam o livre escoamento do rio.

d) Recuperação de *habitat*

Na faixa adjacente ao rio procedeu-se à plantação de espécies de vegetação autóctones e ornamentais, utilizadas em parques, jardins e arruamentos e adaptadas a ambientes urbanos. Foram selecionadas, nomeadamente, espécies arbóreas de amieiro, vidoeiro, pinheiro, plátano, choupo, salgueiro e carvalho e espécies arbustivas de loureiro. Nos taludes foi aplicada sementeira.

Antes da plantação procedeu-se à colocação de terra viva e à fertilização das áreas selecionadas. Nas poucas manchas verdes com qualidade encontradas ao longo do rio, foi evitado o derrube dos exemplares existentes. Procedeu-se apenas ao derrube de árvores que se encontravam demasiado próximas do leito do rio ou em mau estado fitossanitário.

Foram criados diversos açudes em blocos de granito de grandes dimensões (um no sub-troço 1, um no sub-troço 2, quatro no sub-troço 4 e dois no sub-troço 5). O leito menor foi definido, na secção onde tal é possível (entre a Rua Bernardo Sequeira e a Rua Monsenhor Airosa), pela introdução de pequenas banquetas, delimitadas por paliçada de madeira tratada e com enchimento em cascalho e terra, onde se introduziu vegetação característica dos meios aquáticos (*Typha latifolia* e *Juncus effusus*). Em situações de menor caudal, a menor secção confina o rio,

permitindo um plano de água mais expressivo. Na figura 42 é possível visualizar o leito menor definido no sub-troço 4.



Figura 42 – Leito menor definido no sub-troço 4 (13/01/14).

e) Melhoria do espaço público

Consistiu na implementação de uma via pedonal e ciclável, que acompanha a totalidade do curso reabilitado do rio, tirando partido da topografia relativamente plana da área de intervenção. Esta via substituiu passeios que se encontravam em mau estado de conservação e possibilita o acesso a sub-troços nos quais anteriormente não existia qualquer percurso implementado, como se pode concluir pela comparação das figuras 43 e 44, referentes à situação pré-intervenção e pós-intervenção no sub-troço 4, respetivamente, e das figuras 45 e 46, referentes à situação pré-intervenção e pós-intervenção no sub-troço 3, respetivamente.



Figura 43 – Situação pré-intervenção na zona mais a jusante do sub-troço 3 (google earth, 2009).



Figura 44 – Situação pós-intervenção na zona mais a jusante do sub-troço 3 (29/10/13).

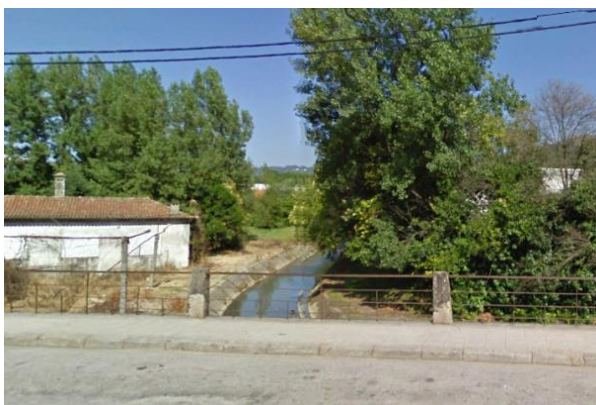


Figura 45 – Situação pré-intervenção na zona mais a montante do sub-troço 4 (google earth, 2009).

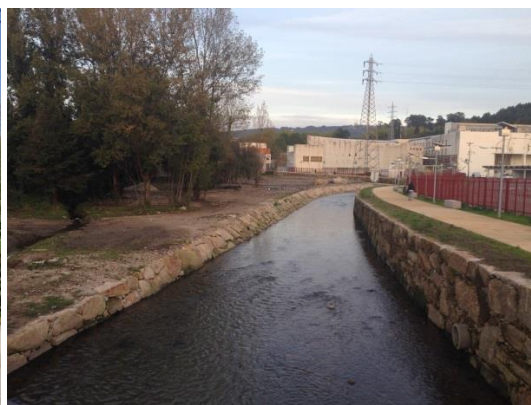


Figura 46 – Situação pós-intervenção na zona mais a montante do sub-troço 4 (29/10/13).

A via pedonal apresenta, quase na totalidade do percurso, uma largura de 3 metros sobre um pavimento drenante, ou seja, pode ficar submersa sem se danificar. O atravessamento transversal do rio é possibilitado através de diversos passadiços pedonais e cicláveis (dois no sub-troço 1, dois no sub-troço 2, um no sub-troço 3, dois no sub-troço 4 e cinco no sub-troço 5).

No planeamento desta via foi contemplada a segurança dos seus utilizadores, garantindo, na maior parte das situações, uma distância de segurança confortável em relação ao rio e, apenas quando tal não é possível, se recorre a proteções físicas. Procedeu-se também à melhoria das condições dos pavimentos das ligações de acesso à malha urbana.

A via pedonal e ciclável encontra-se equipada com sinalização adequada, estando, desde já, projetada a implementação de uma via temática ao longo da mesma, ainda não iniciada.

Ao longo deste percurso destacam-se as seguintes situações:

- ✓ Foi solicitada, à Câmara Municipal, a implementação de uma passagem inferior, para a travessia da Rua Bernardo Sequeira, dado o elevado tráfego registado, mas esta foi inviabilizada por não constituir uma boa opção em termos hidráulicos. Procedeu-se então à criação de uma passadeira e à colocação de semáforos;
- ✓ A montante da Avenida 31 de Janeiro, pelo pouco espaço disponível para a via pedonal, esta foi reduzida para 1,6 metros de largura. Houve também necessidade de implementar guardas de proteção, devido à proximidade ao rio;
- ✓ A inserção da via no núcleo rural da Zona dos Galos, que constitui uma unidade operativa de planeamento e gestão – Área crítica de recuperação e reconversão urbanística da Zona dos Galos –, afastando-se assim a via do rio neste ponto, para permitir a integração desta zona no traçado urbano;
- ✓ O cruzamento com o Parque da Ponte, permitindo a continuidade de espaços verdes.

Integrados com esta via, foram ainda incluídas zonas de estadia, nomeadamente uma zona de merendas no sub-troço 5 (figura 47), zonas de contemplação, na forma de numerosos bancos em

pedra da região (granito) ao longo de todo o percurso e um espaço de treino desportivo com aparelhos fixos, junto ao campo do Maximinense, no sub-troço 5.



Figura 47 – Zona de merendas instalada no sub-troço 5 (29/10/13).

Existe ainda a proposta de duas construções para funcionamento de dois cafés com quiosque, ambos com esplanada voltada para o rio. Um seria implementado numa área verde perto da Rua Bernardo Sequeira e o outro junto à Rua Padre Armando Lira. Esta proposta não foi ainda implementada. Não foram igualmente implementadas as propostas de uma plantação, tipo horto, a jusante da Avenida da Liberdade, e de identificação das espécies vegetais, ao longo do percurso, com placas onde constem os nomes populares e científicos das mesmas.

O mobiliário urbano inclui ainda bebedouros, papelarias, postes de iluminação e estacionamento para bicicletas. A iluminação foi pensada de modo a garantir a visibilidade da via pedonal e ciclável, sem prejuízo da fauna e flora que se pretende estimular, sendo assegurada por painéis fotovoltaicos. Os estacionamentos para bicicletas foram instalados nos sub-troços 2 e 4.

f) Monitorização

O plano de monitorização, incluído no projeto de execução, prevê a introdução de marcas de cheias, por aplicação de placas, nomeadamente nas principais pontes, com indicação da data de ocorrência das principais cheias e respetivo nível atingido e o registo contínuo do caudal e da qualidade da água do rio, a partir de estações hidrométricas que mediriam pH, temperatura, oxigénio dissolvido, turbidez, amónia, nitratos, cor e carbono orgânico total. Estas estações registariam ainda as condições meteorológicas do local. Foi proposta a instalação de duas estações hidrométricas, uma no início do troço intervencionado e outra junto à Ponte Pedrinha. No entanto, o plano de monitorização não foi ainda posto em prática, nomeadamente as marcas de cheias e as estações hidrométricas não se encontram ainda instaladas.

g) Sensibilização e participação pública

Não existe um plano de sensibilização ou participação pública. A única medida tomada, que pode ser enquadrada no plano da sensibilização, foi a inclusão, no Parque da Ponte, de legendas

com o nome das espécies arbóreas existentes. Pretende-se alargar esta medida às espécies plantadas nas zonas intervencionadas.

4.2.5. RESULTADOS OBSERVADOS

a) Melhoria da qualidade da água

Na sequência das visitas efetuadas à extensão intervencionada do rio Este, a água do rio apresentava-se, no geral, bastante límpida e não foram registados odores. No decorrer da última visita efetuada, em junho do presente ano, presenciou-se, numa ligação direta de águas pluviais ao rio na zona mais a montante do sub-troço 5, uma escorrência de origem desconhecida (figura 48). Ainda neste troço, um pouco por todo o comprimento do leito do rio, encontravam-se depositados papéis (figura 49).



Figura 48 – Escorrência para o rio numa ligação direta de águas pluviais na zona mais a montante do sub-troço 5 (13/06/14).



Figura 49 – Papéis depositados no fundo do leito do rio no sub-troço 5 (13/06/14).

Foram recebidas, na AGERE, queixas da população relativas a escorrências indevidas para o rio, no troço intervencionado, relacionadas com lavagens de automóveis nos pátios das habitações localizadas nas proximidades, que originam espumas que são descarregadas no rio conjuntamente com as águas pluviais drenadas.

No dia 30 de abril do presente ano ocorreu uma descarga de cerca de 300 litros de tinta (equivalentes a 20 latas de 15 litros) no sistema de águas pluviais ligado ao rio Este. Os serviços camarários e a GNR foram alertados por munícipes para o facto de o caudal do rio apresentar uma coloração branca e bastante homogénea (figura 50) numa extensão de vários quilómetros, incluindo a extensão intervencionada do rio.



Figura 50 – Caudal do rio Este com coloração branca na sequência de uma descarga de tinta (Coentrão, 2014).

Através do levantamento de tampas de águas pluviais determinou-se que a tinta provinha de uma loja da marca AKI localizada na freguesia de Lamações do distrito de Braga. Os responsáveis pela loja em questão explicaram que se tinha partido uma paleta com latas de tinta branca e que os funcionários, por ignorância, limparam o chão, encaminhando a tinta para as condutas das águas pluviais. O vereador do Ambiente da Câmara Municipal de Braga, o Engenheiro Altino Bessa, prevê danos na flora e fauna do rio, como consequência desta descarga, agravados pela possível deposição de tinta ao longo do leito do rio, que se torna mais provável pelo facto de o rio apresentar caudal reduzido nesta altura do ano. Os responsáveis pela loja alegam que a tinta em questão é tinta de água que, apesar de não ser o tipo de tinta mais poluente, é um produto que contém químicos agressivos e com resíduos. Os serviços da AGERE tentaram minimizar o impacto da tinta aspirando e limpando as condutas. O vereador do Ambiente pretende que este acontecimento seja punido como crime ambiental (JN, 2014; Coentrão, 2014).

b) Melhoria das condições hidráulicas

Desde a conclusão da intervenção, não se registaram inundações de vias de trânsito, situação frequente antes da mesma. Registaram-se pequenas inundações no sub-troço 5, na sequência das quais ficou submersa a via pedonal e ciclável construída.

c) Renaturalização e estabilização do leito e margens

É já notório o desenvolvimento de alguma vegetação no tapete de enrocamento aplicado nas margens, ao longo dos sub-troços intervencionados (figura 51).



Figura 51 – Desenvolvimento de vegetação no tapete de enrocamento (13/01/2014).

A subida do nível da água do rio, decorrente da elevada precipitação ocorrida nos meses de dezembro e janeiro passados, provocou, no sub-troço 4, o arrastamento, na margem esquerda do rio, de parte da camada de terra e da sementeira aplicadas na zona superior do tapete de enrocamento (figura 52).

No decorrer da visita realizada em junho do presente ano, verificou-se, na zona mais a jusante do sub-troço 5, acumulação de grandes quantidades de sedimentos (figura 53). Estes sedimentos são provavelmente resultado de processos de erosão das margens a montante ou dos processos de demolição realizados aquando da intervenção, nomeadamente para substituição das paredes de betão que revestiam as margens do rio.



Figura 52 – Situação de erosão na margem esquerda do sub-troço 4 (13/01/14).



Figura 53 – Acumulação de sedimentos na zona mais a jusante do sub-troço 5 (13/06/14).

d) Recuperação de *habitat*

Distinguem-se, um pouco por todo o troço intervencionado, mas especialmente no sub-troço 5, zonas onde a sementeira não se desenvolveu como previsto (figura 54), possivelmente por ação

de escorrências de águas pluviais e da subida das águas do rio. Existem também algumas árvores secas. Ambas as situações podem ter sido originadas pelo facto de a plantação ter sido realizada no mês de setembro, em vez de na época da primavera, como recomendado, o que provocou a não adaptação da vegetação.



Figura 54 – Zonas do sub-troço 5 onde a sementeira não desenvolveu (13/06/14).

No decorrer da visita realizada em junho do presente ano identificou-se, no sub-troço 5, alguma vegetação no fundo do leito, ainda que em reduzida quantidade (figura 55).

Foi registada uma grande quantidade de espécies de vegetação exóticas de carácter invasor, nomeadamente canas (*Arundo donax*), em terrenos privados nas proximidades do sub-troço 3 (figura 56).



Figura 55 – Presença de vegetação no fundo do leito no sub-troço 5 (13/06/14).



Figura 56 – Invasão por canas (*Arundo donax*) em terreno privado nas proximidades do sub-troço 3 (13/01/14).

No que diz respeito à fauna, foi registada, no troço intervencionado, a presença de lontras.

e) Melhoria do espaço público

Torna-se notória a preferência da população em utilizar os novos caminhos, em detrimento dos passeios junto às vias de trânsito urbano, para as deslocções do quotidiano (figura 57). Os

novos trajetos, junto ao rio, são também muito utilizados por ciclistas e atletas. A zona que mais beneficiou com a intervenção, neste aspeto, foi a do sub-troço 5, que anteriormente não era utilizada pela população por ser uma zona isolada e insegura.



Figura 57 – Exemplos de utilizações do espaço público criado (29/10/13).

Apesar de se ter procedido à melhoria dos pavimentos das ligações à malha urbana, detetou-se, no sub-troço 5, um acesso à malha urbana, nomeadamente a um parque de estacionamento junto a uma zona residencial, em terra batida, que fica inundado aquando da época de chuvas (figura 58).

Detetou-se ainda a ocorrência de vandalismo, na forma de diversos *graffitis*, em construções privadas limítrofes, ao longo de todo o percurso criado.

O facto de o revestimento da totalidade das margens ter sido realizado recorrendo a sementeira na forma de prados cortados e de a vegetação arbórea adicionada apresentar bastante espaçamento entre si e não se encontrar ainda totalmente desenvolvida, faz com que o impacto sensorial da envolvente sobre o espaço intervencionado seja ainda elevado (figura 59).



Figura 58 – Acesso à malha urbana em mau estado de conservação no sub-troço 5 (29/10/13).



Figura 59 – Árvores despidas de folhagem numa zona do sub-troço 4 onde existem fábricas muito próximas do leito do rio (13/01/14).

4.2.6. AVALIAÇÃO DO PROJETO DE INTERVENÇÃO NO TROÇO ENTRE A AV. FREI BARTOLOMEU DOS MÁRTIRES E PONTE PEDRINHA DO RIO ESTE

a) Avaliação do processo de planeamento do projeto de intervenção

Esta avaliação teve por base a informação contida no projeto de execução da intervenção no troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha do rio Este, denominado “Regularização, renaturalização e ordenamento do rio Este entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha”, cedido pela APA/ARH-Norte, que data de janeiro de 2008.

Considera-se que este projeto de intervenção englobou os objetivos de melhoria da qualidade da água (MQA), melhoria das condições hidráulicas (MCH), renaturalização e estabilização do leito e margens (RELM), recuperação de habitats (RH) e melhoria do espaço público (MEP). As ponderações atribuídas a cada objetivo deste projeto de intervenção encontram-se definidas na tabela 30.

Tabela 30 – Ponderações atribuídas aos objetivos do projeto de intervenção no troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha do rio Este.

Objetivos do projeto	Fatores ponderação	Justificação
MQA	q1 = 0,2	A melhoria da qualidade da água do rio constituiu um objetivo preponderante, na medida em que a sua degradação, devida a poluição por descargas de águas residuais domésticas e industriais, constituía um perigo para a saúde pública e para a biodiversidade.
MCH	q2 = 0,2	O leito do rio havia sido canalizado entre paredes de betão e as secções transversais do canal reduzidas, o que provocou alteração das condições de escoamento, com consequente aumento de eventos de cheias. Pretende-se a aproximação, ainda que com muitas limitações, às condições naturais do rio, de modo a reduzir a extensão e frequência de eventos de cheias e aumentar a biodiversidade.
RELM	q3 = 0,2	
RH	q4 = 0,2	A melhoria do espaço público, nomeadamente através da criação de percursos pedonais que acompanham o traçado da ribeira e de zonas de estadia e da melhoria de acessos à malha urbana, constituiu um objetivo preponderante do projeto de intervenção, na medida em que se pretendia fomentar a aproximação da população ao sistema fluvial e aumentar a segurança na utilização do espaço.
MEP	q5 = 0,2	

Apresentam-se, em seguida, os resultados da avaliação deste projeto de intervenção, no que diz respeito à realização das fases de caracterização e diagnóstico e identificação das soluções e ao planeamento das fases de monitorização, manutenção e sensibilização e participação pública. As classificações atribuídas aos indicadores de cada fase e respetiva justificação encontram-se no anexo S (pontos 1, 2, 3, 4 e 5, respetivamente). Não se encontra definida, no projeto analisado, qualquer informação relativa ao planeamento da fase de implementação do projeto de intervenção.

❖ Avaliação da fase de caracterização e diagnóstico

A realização da fase de caracterização e diagnóstico apresenta uma classificação de 15%. Esta classificação bastante abaixo do patamar de referência de 50 % deve-se, em grande parte, ao

facto de não ter sido realizada a caracterização da bacia hidrográfica. A análise da classificação obtida para esta fase, por objetivo do projeto, permite concluir que a caracterização realizada favorece o objetivo de melhoria do espaço público (classificação de 24%), em relação aos restantes objetivos (classificações entre 11 e 15%).

O facto de a implementação deste projeto de intervenção ter sofrido interrupções para resolução de imprevistos, nomeadamente com a presença de tubos coletores de águas residuais domésticas, pré-existent à intervenção, que interferiam com as soluções projetadas, denuncia que a caracterização realizada foi insuficiente.

❖ **Avaliação da fase de identificação de soluções**

A realização da fase de identificação de soluções apresenta uma classificação de 75%. No projeto analisado são apenas referidos os benefícios das soluções selecionadas, não sendo realizada a comparação destas com outras soluções propostas, para justificação da seleção realizada. As soluções selecionadas, nomeadamente para estabilização de margens, são apenas justificadas pela realização de estudos, nomeadamente hidráulicos, cujos resultados inviabilizam soluções de outro tipo. No entanto, os resultados destes estudos não são apresentados.

❖ **Avaliação do planeamento da fase de monitorização**

O planeamento da fase de monitorização apresenta uma classificação de 13%. Para monitorização das condições hidromorfológicas do curso de água encontra-se definida apenas a monitorização dos caudais do mesmo e a monitorização de parâmetros relativos às condições de erosão/estabilidade e biológicas do sistema intervencionado, bem como a alterações antrópicas que se possam verificar neste sistema, não se encontra definida. Do mesmo modo, parâmetros relativos à monitorização de ações de sensibilização e participação pública não se encontram definidos. A análise da classificação obtida para esta fase, por objetivo do projeto, permite concluir que, ainda que as classificações obtidas sejam abaixo do patamar de 50% para a totalidade dos objetivos, os parâmetros de monitorização definidos, prejudicam, especialmente, os objetivos de renaturalização e estabilização do leito e margens (classificação de 8%) e melhoria das condições hidráulicas (classificação de 11%), em relação aos restantes objetivos (classificações de 15 e 18%).

❖ **Avaliação do planeamento da fase de manutenção**

O planeamento da fase de manutenção apresenta uma classificação de 11%. A previsão de medidas de manutenção periódica é incompleta, na medida em que apenas é referida uma ação específica de desobstrução do leito. Não é referida a frequência de manutenção que se pretende cumprir.

❖ **Avaliação do planeamento da fase de sensibilização e participação pública**

O planeamento da fase de sensibilização e participação pública apresenta uma classificação de 13%. Não se encontram definidas quaisquer ações de participação pública no processo de planeamento da intervenção ou de sensibilização da população através de participação ativa junto ao curso de água.

Na tabela 31 encontram-se resumidas as classificações obtidas para as várias fases do processo de planeamento da intervenção, as classificações totais obtidas para cada objetivo do projeto de intervenção e a classificação total obtida para o processo de planeamento do projeto de intervenção.

Tabela 31 – Classificações obtidas para as várias fases de planeamento, classificações totais para cada objetivo do projeto de intervenção e classificação total para o processo de planeamento do projeto de intervenção no troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha do rio Este.

Fases de planeamento	Classificação por objetivo					Classificação por fase	Fator ponderação (p)
	MQA	MCH	RELM	RH	MEP		
Caracterização e diagnóstico	11%	15%	12%	12%	24%	15%	1/6
Identificação de soluções	75%					75%	1/6
Implementação	0%					0%	1/6
Monitorização	15%	11%	8%	18%	15%	13%	1/6
Manutenção	11%					11%	1/6
Sensibilização e participação pública	13%					13%	1/6
Classificação por objetivo	21%	21%	20%	22%	23%		
Fator ponderação (q)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		
CTp					21%		

Por análise desta tabela conclui-se que a classificação total do processo de planeamento do projeto de intervenção no troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha do rio Este é de 21%. A única fase de planeamento que apresenta classificação acima do patamar de 50% é a fase de identificação de soluções (classificação de 75%), sendo que o planeamento da fase de implementação obteve uma classificação nula (0%). No que diz respeito às classificações totais obtidas para cada objetivo do projeto de intervenção, constata-se que foram todas abaixo do patamar de 50%, no intervalo dos 20-23%.

b) Avaliação da evolução do sistema intervencionado

Na tabela 32 encontram-se identificadas as classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da evolução do sistema intervencionado no troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha do rio Este, com base na comparação dos resultados da análise DPSIR, realizada para a situação pré-intervenção do sistema, com os resultados da análise realizada ao estado e impactos no sistema pós-intervenção, apresentados nos pontos 1 e 2 do anexo T, respetivamente. Apresentam-se ainda as classificações totais, por tipo de evolução e a classificação total obtida para a evolução do sistema.

Tabela 32 – Classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da evolução do sistema intervencionado no troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha do rio Este, classificações totais, por tipo de evolução e classificação total obtida para a evolução do sistema.

Indicadores	Classificação por indicador
Ecológicos	
Melhoria da qualidade da água	1
Aumento da conectividade longitudinal	1
Aumento da conectividade transversal	1
Aumento da conectividade vertical	(Não aplicável)
Aumento da quantidade e diversidade de <i>habitats</i> naturais	1
Aumento da quantidade e diversidade de espécies faunísticas	1
C_E (fração)	5/15
C_E	33%
Fator de ponderação (f1)	0,45
Hidrogeomorfológicos	
Aumento da estabilidade das margens	1
Redução do risco de obstrução do leito	1
Redução da frequência, duração e extensão de cheias	1
C_H (fração)	3/9
C_H	33%
Fator de ponderação (f2)	0,35
Sociais	
Redução do risco de perdas materiais por inundação	1
Redução do risco de insegurança	2
Aumento da disponibilidade de tipos de uso	3
Aumento dos valores de não-uso	1
Aumento do número e da frequência de visitantes	3
C_S (fração)	10/15
C_S	67%
Fator de ponderação (f3)	0,20
C_{te}	40%

Por análise desta tabela conclui-se que a evolução total do sistema intervencionado foi inferior a 50%. A componente social foi a que apresentou uma evolução mais acentuada (67%) e foi a única componente a apresentar uma evolução superior a 50%. O facto de a componente ecológica não ter apresentado uma evolução tão acentuada está, em grande parte, relacionado com as soluções seleccionadas para estabilização de margens e plantação. A utilização de enrocamento para estabilização de margens não favorece a conectividade transversal do curso de água e retarda o desenvolvimento de vegetação no leito e considera-se que o tipo de vegetação adicionada às margens (sementeira e espécies arbóreas) apresenta reduzida diversidade e densidade, desfavorecendo a diversificação de *habitat*. Considera-se ainda que as soluções de plantação seleccionadas contribuem negativamente para a melhoria dos valores de não-uso do

espaço, na medida em que não permitem a redução do impacto sensorial da envolvente urbana. A melhoria da qualidade da água foi afetada negativamente pela descarga de tinta identificada. No que diz respeito à componente hidrogeomorfológica, as soluções implementadas não possibilitaram o cumprimento total do objetivo de redução de eventos de cheias, verificados especialmente no sub-troço intervencionado mais a jusante, o que também contribuiu negativamente para a estabilidade das margens do rio.

A seleção de enrocamento como técnica de estabilização das margens do rio é justificada pela realização de estudos hidráulicos cujos resultados inviabilizaram a utilização de técnicas de engenharia natural, por risco de rutura. A reduzida largura das margens do rio, limitadas por construções, reduz a disponibilidade de espaço para modelação do leito do curso de água, o que pode estar na origem do incumprimento do objetivo de melhoria das condições hidráulicas e, consequentemente, da inviabilização da utilização de técnicas de engenharia natural para estabilização de margens.

Analisando os resultados obtidos para o planeamento do projeto de intervenção, verifica-se que as classificações obtidas para os objetivos de renaturalização e estabilização das margens do rio, recuperação de *habitat* e melhoria das condições hidráulicas na fase de caracterização e diagnóstico foram baixas (12%, 12% e 15%, respetivamente). Uma caracterização do sistema fluvial mais aprofundada permitiria prever que a resposta do sistema às soluções propostas não seria a desejada e, face às limitações impostas pelas construções limítrofes às margens, definir prioridades e soluções que permitissem um cumprimento mais eficaz dos objetivos do projeto de intervenção. Foi proposto um descarregador de tempestade sob a Rua Padre Armando Lira, para desvio de caudais excedentes, ao qual ligariam as redes de águas pluviais da área envolvente evitando a entrega destes caudais diretamente ao rio em períodos de maior caudal. Esta proposta foi inviabilizada pela Câmara Municipal de Braga face aos elevados custos de execução. No entanto, no projeto analisado, não é apresentado uma análise custo/benefício que permita determinar se os custos associados a esta solução, em função das vantagens que a mesma apresenta na melhoria das condições hidráulicas, compensariam em relação ao custo/benefício das soluções implementadas.

4.3. AVALIAÇÃO DOS PROJETOS DE INTERVENÇÃO NOS TROÇOS DE CARDIELOS E PORTUZELO DO RIO LIMA (VIANA DO CASTELO)

Para análise destes casos de estudo recorreu-se: aos projetos de licenciamento das intervenções realizadas nos troços de Cardielos e Portuzelo, denominados “Requalificação das margens do rio Lima”, cedidos pela APA/ARH-Norte, que datam de dezembro de 2010 e fevereiro de 2011, respetivamente; aos respetivos projetos de execução, cedidos pela Câmara Municipal de Viana do Castelo (CmV), que datam de abril de 2011 e junho de 2011, respetivamente; e a análises de dados levantados em campo através de três visitas realizadas às zonas de intervenção, a primeira no dia 14 de novembro de 2013, a segunda no dia 18 de março de 2014 e a terceira no dia 13 de junho de 2014. A primeira visita foi efetuada com o acompanhamento da engenheira Célia Pereira, da Câmara Municipal de Viana do Castelo, que esteve envolvida na fase de implementação do projeto.

4.3.1. CARACTERIZAÇÃO GERAL

O rio Lima é um rio internacional que nasce na província de Ourense, na Galiza, Espanha. Entra em Portugal, próximo do Lindoso e passa por Ponte da Barca e Ponte de Lima, até desaguar no Oceano Atlântico junto a Viana do Castelo, após percorrer um total de 135 quilómetros. A área total da bacia hidrográfica do rio Lima é de 2470 km² (APA/ARH-Norte, 2012).

De acordo com as estimativas do Instituto Nacional de Estatística para 2008, a população residente na bacia hidrográfica do rio Lima correspondia a 137 952 habitantes. Quanto à ocupação do solo, o território artificializado ocupa 3,23% da bacia, as áreas agrícolas e agro-florestais ocupam 27,18%, florestas e meios naturais e seminaturais ocupam 67,85%, zonas húmidas ocupam 0,24% e cursos de água 1,51% (APA/ARH-Norte, 2012).

4.3.2. CARACTERIZAÇÃO DAS ZONAS DE INTERVENÇÃO

Os troços intervencionados localizam-se na zona estuarina do rio Lima, no concelho de Viana do Castelo. O troço de Cardielos do rio Lima localiza-se na freguesia de Cardielos, a montante do troço de Portuzelo, localizado na freguesia de Santa Marta de Portuzelo. Através da fotografia aérea presente na figura 60 é possível verificar a localização destes troços.

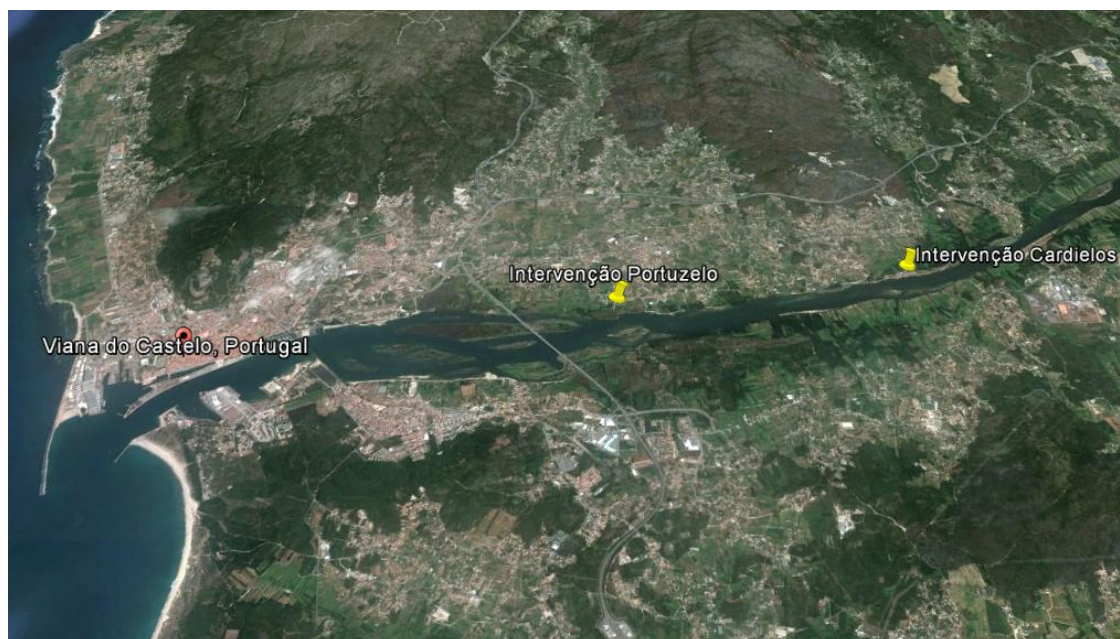


Figura 60 – Localização dos troços intervencionados do rio Lima (google earth, 2003).

A agricultura, especialmente na forma de vinha, encontra-se muito desenvolvida na região, nomeadamente nas proximidades dos dois troços do rio analisados.

Existe uma fábrica de papel instalada na margem esquerda do rio a montante destes troços. Esta fábrica alterou o processo de produção de papel de modo a ser menos nefasto para o ambiente, tendo atualmente o seu próprio equipamento de tratamento do efluente produzido, que não descarrega no rio Lima.

O rio Lima, nestes troços, é utilizado para a prática de atividades náuticas com embarcações de pequenas dimensões.

a) Troço de Cardielos

No troço de Cardielos do rio Lima existe, na margem direita, uma zona de merendas e lazer (figura 61) e um café com esplanada voltada para o rio, habitualmente utilizados pela população local, especialmente aos fins de semana. Neste troço foi detetada, também, a prática de pastoreio (figura 62).



Figura 61 – Zona de merendas e lazer existente no troço de Cardielos (14/11/13).



Figura 62 – Prática de pastoreio nas margens do rio Lima, no troço de Cardielos (18/03/14).

Na extremidade mais a jusante da zona intervencionada deste troço dá-se a junção de um afluente com o rio Lima.

b) Troço de Portuzelo

A envolvente do troço de Portuzelo é do tipo rural. Neste troço existe um pequeno porto de apoio a atividades náuticas (figura 63). Foi ainda detetada a prática de pesca desportiva.



Figura 63 – Porto de apoio a atividades náuticas existente no troço de Portuzelo (14/11/13).

Neste troço existe um caminho (figura 64) e uma extensa zona húmida (figura 65) interior ao caminho (apenas submersa em maré cheia) constituída por um sapal-juncal, a qual faz parte das áreas de interesse conservacionista inseridas na zona estuarina e está incluída na Rede Natura 2000.



Figura 64 – Caminho existente no troço de Portuzelo (14/11/13).



Figura 65 – Zona húmida existente no troço de Portuzelo (18/03/14).

O único acesso a este troço do rio Lima é um caminho estreito e com pavimento em terra batida. Este local é de difícil identificação pela população, tornando-se um local relativamente isolado. Consequentemente, este troço não é habitualmente visitado pela população.

4.3.3. JUSTIFICAÇÃO DA INTERVENÇÃO

Durante cerca de três décadas e até 1990 realizaram-se intensas dragagens para extração de inertes no rio Lima, sobretudo no troço entre as pontes de Lanheses e de Eiffel, junto à margem direita do rio. A partir de 1990, as dragagens deixaram de ter cobertura legal, muito embora se tivessem prolongado no tempo extrações ilegais. As extrações de inertes contribuíram para uma alteração da hidrodinâmica fluvial, nomeadamente nos troços de Cardielos e Portuzelo, que resultou no aprofundamento do talvegue e sua deslocalização para próximo da margem direita, o que provoca um fluxo de correntes principais e secundárias nesta margem. Esta situação originou uma situação de profunda erosão das margens do rio, especialmente da margem direita, agravada pelo sistema hidroelétrico de Lindoso-Touvedo, a montante dos troços de Cardielos e Portuzelo, com elevada eficiência de retenção, não permitindo a reposição sedimentológica (estima-se em 50 % a redução no fornecimento de sedimentos a estes troços). As figuras 66 e 67 retratam a situação pré-intervenção de instabilidade da margem direita do rio Lima nos troços de Cardielos e Portuzelo, respetivamente.



Figura 66 – Situação pré-intervenção de instabilidade da margem direita do rio Lima no troço de Cardielos (cedido pela CmV).



Figura 67 – Situação pré-intervenção (março de 2011) de instabilidade da margem direita do rio Lima no troço de Portuzelo (cedido pela CmV).

Estudos realizados pela PROCESL (empresa de consultoria e engenharia de infraestruturas na área do ambiente) em 2005 permitiram determinar, a partir de fotografia aérea das últimas décadas, que, entre 1967 e 2004, a incisão no leito do rio no troço de Portuzelo atingiu os 10,5 metros e que o aprofundamento das cotas do leito do rio no troço de Cardielos se situava perto dos 0,25 centímetros por ano. A figura 68 representa a variação do perfil transversal na zona de Cardielos, entre 1990 e 2004. Através da cartografia de ocupação do solo constatou-se também ter havido uma diminuição das áreas agrícolas na envolvente, o que provocou, igualmente, a redução da afluência de sedimentos a estes troços do rio. É expectável que, se não contrariado, este processo de rebaixamento das cotas do leito seja continuado.

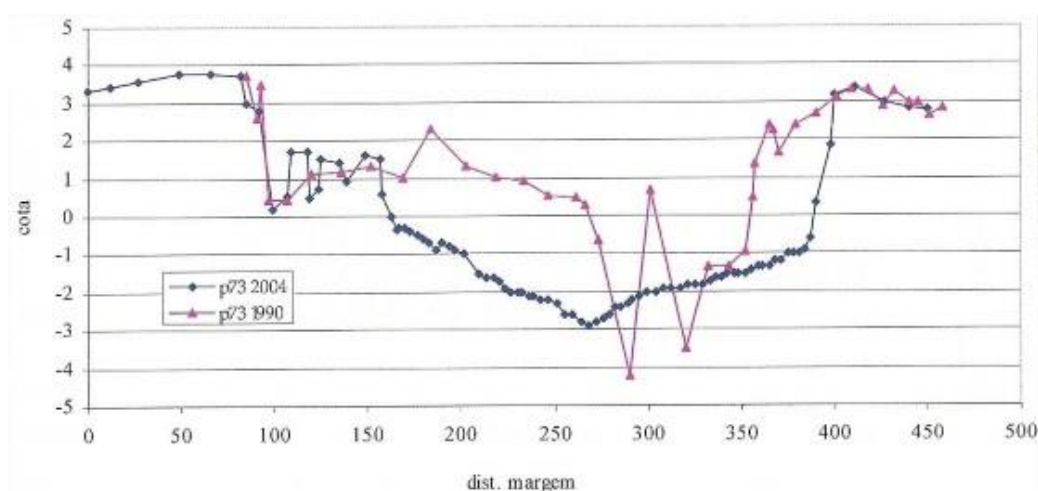


Figura 68 - Variação do perfil transversal na zona de Cardielos, entre 1990 e 2004 (cedido pela CmV).

4.3.4. DESCRIÇÃO DA INTERVENÇÃO

A intervenção no troço de Cardielos foi iniciada em abril de 2012 e finalizada em julho do mesmo ano e a intervenção no troço de Portuzelo foi iniciada em maio de 2012 e finalizada em janeiro de 2013. Estas intervenções foram preconizadas pela Câmara Municipal de Viana do Castelo, com os seguintes objetivos:

- ✓ Alteração da hidrodinâmica adjacente, de modo a evitar a erosão progressiva da base da margem, com a fragilização de todo o talude;
- ✓ Diminuição do efeito dos fenómenos erosivos, devidos ao efeito das marés e a períodos de cheia;
- ✓ Promoção da acumulação de sedimentos, através da dissipação de energia por aumento da rugosidade hidráulica;
- ✓ Proteção da zona de lazer no troço de Cardielos e do caminho e zona húmida no troço de Portuzelo;
- ✓ Promoção da melhoria dos *habitats* marginais e da biodiversidade;
- ✓ Promoção do desfrute destes setores pelos potenciais visitantes.

As intervenções realizadas, descritas em seguida, são de carácter localizado. Equaciona-se uma intervenção mais alargada no estuário, ou mesmo em toda a bacia hidrográfica, com dragagens em troços adequados e transferência de sedimentos para enchimento nas zonas em degradação.

a) Troço de Cardielos

Procedeu-se à implementação de um conjunto de 5 esporões e 9 defletores, constituídos por blocos de granito anguloso, bem como de técnicas de recuperação biofísica e consolidação de margens.

Os esporões foram implementados em fevereiro de 2011, previamente à restante intervenção, ao longo de uma extensão de aproximadamente 900 metros (identificada na figura 69 pelo conjunto das linhas roxa e vermelha), nas zonas onde o recuo da margem era mais extenso. De acordo com o projeto de execução, os defletores e as técnicas de recuperação biofísica e consolidação de margens seriam aplicados na mesma extensão de 900 metros em que se procedeu à implementação dos esporões, mas, por falta de financiamento, apenas foi intervencionada a extensão de 300 metros mais a jusante (identificada na figura 69 pela linha roxa).

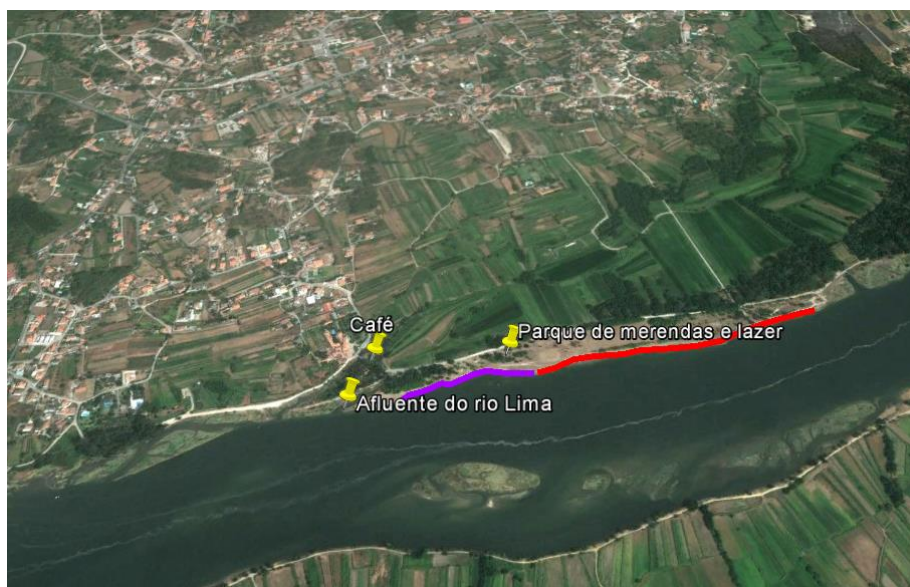


Figura 69 – Fotografia aérea da zona de intervenção no troço de Cardielos do rio Lima e da sua envolvente (google earth, 2003).

O procedimento descrito em seguida foi realizado após desmatção da área de intervenção, incluindo a remoção de árvores demasiado próximas da zona em perigo de derrocada, e limpeza do terreno, incluindo remoção de resíduos e encaminhamento para destino apropriado. Procedeu-se ainda a modelação da zona de intervenção, nomeadamente por espalhamento de terras na área de colocação do enrocamento.

Para consolidação da margem foi implementada uma camada de enrocamento, constituída por blocos angulosos soltos de granito, na zona mais próxima do rio, seguida de colchões Reno sobre camada de enchimento com inertes e sob camada em solo com plantação de espécies vegetais, que visam a redução do impacto visual do colchão Reno e o incremento da biodiversidade.

As espécies vegetais adicionadas encontram-se adaptadas às condições de salinidade e constituem juncáceas, canaviais, gramíneas, arbustivas e macrófitos aquáticos. No sentido de assegurar a manutenção das espécies vegetais foi realizada fertilização inicial. No sentido de proteger a camada de terra vegetal dos efeitos erosivos foi aplicada superiormente uma rede de malha metálica.

Na zona de encastramento com o terreno consolidado existente optou-se pela adição de terra vegetal na qual foi aplicada hidrossementeira com uma mistura de espécies gramíneas e leguminosas, com reduzida densidade, dispondo superiormente de um geotêxtil e malha metálica para proteção, sobre os quais foi colocada estacaria viva de salgueiros. A altura das estacas de salgueiros foi alterada de cerca de 50 cm, altura indicada no projeto de execução, para cerca de 20 cm. No sentido de assegurar a manutenção destas espécies, foi realizada

fertilização inicial e foram adicionados estimuladores de crescimento. No projeto estava ainda prevista a instalação de um sistema de rega por aspersão, o qual não foi, no entanto, instalado.

A interface desta última zona com a dos colchões Reno dispõe de estacaria viva com biorolo de macrófitas, suportado por faxina viva de salgueiros. As figuras 70 e 71 representam, respetivamente, a planta e o perfil transversal do projeto implementado.

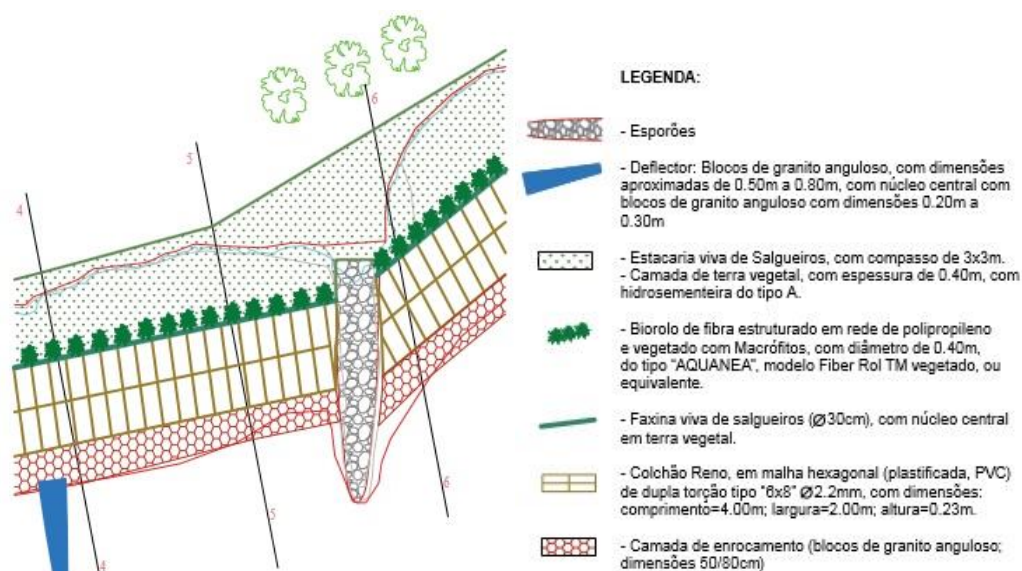


Figura 70 – Planta do projeto de estabilização de margens implementado no troço de Cardielos (cedido pela CmV).

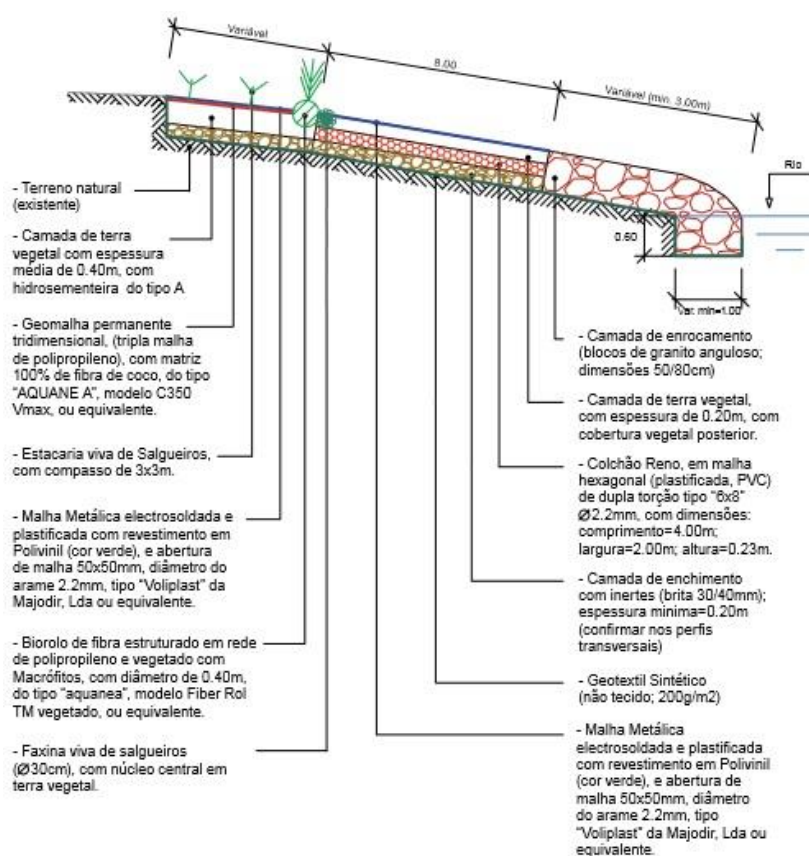


Figura 71 – Perfil transversal do projeto implementado no troço de Cardielos (cedido pela CmV).

Nos limites da intervenção foi aplicado enrocamento com salgueiros e terra vegetal incorporados, de modo a evitar o desgaste a partir das extremidades.

b) Troço de Portuzelo

A intervenção incidiu sobre uma extensão aproximada de 100 metros (identificada na figura 72 pela linha roxa), que se determinou como especialmente crítica.



Figura 72 – Fotografia aérea da zona de intervenção no troço de Portuzelo do rio Lima e da sua envolvente (google earth, 2003).

Todo o procedimento descrito em seguida, à semelhança do que ocorreu no troço de Cardielos, foi realizado após desmatagem e limpeza da área de intervenção. Procedeu-se também a modelação da zona de intervenção, nomeadamente por espalhamento de terras na área de colocação do enrocamento.

Procedeu-se à colocação de uma camada de enrocamento, constituída por blocos angulosos soltos de granito, na zona mais próxima do leito, ao longo de todo o talude.

Seguiu-se a instalação de uma manta de geocélulas, disposta segundo um declive mais moderado do que a camada de enrocamento. As respetivas células foram preenchidas com uma mistura de brita e terra vegetal. A função deste material é propiciar uma boa drenagem e compactação do terreno e promover a sedimentação de material transportado pelo escoamento, o que acaba por facilitar a colonização vegetal, desvanecendo o impacto visual da manta de geocélulas. Na faixa superior procedeu-se à instalação de estacas de tamargueira. No sentido de evitar a lavagem da brita colocada, devido à constante influência das marés, foi colocada uma rede metálica sobre a manta de geocélulas, ao longo de toda a superfície.

No topo da margem estava prevista a plantação de tílias, mas estas foram substituídas por espécies de salgueiros.

O perfil transversal tipo para a área de intervenção encontra-se representado na figura 73.

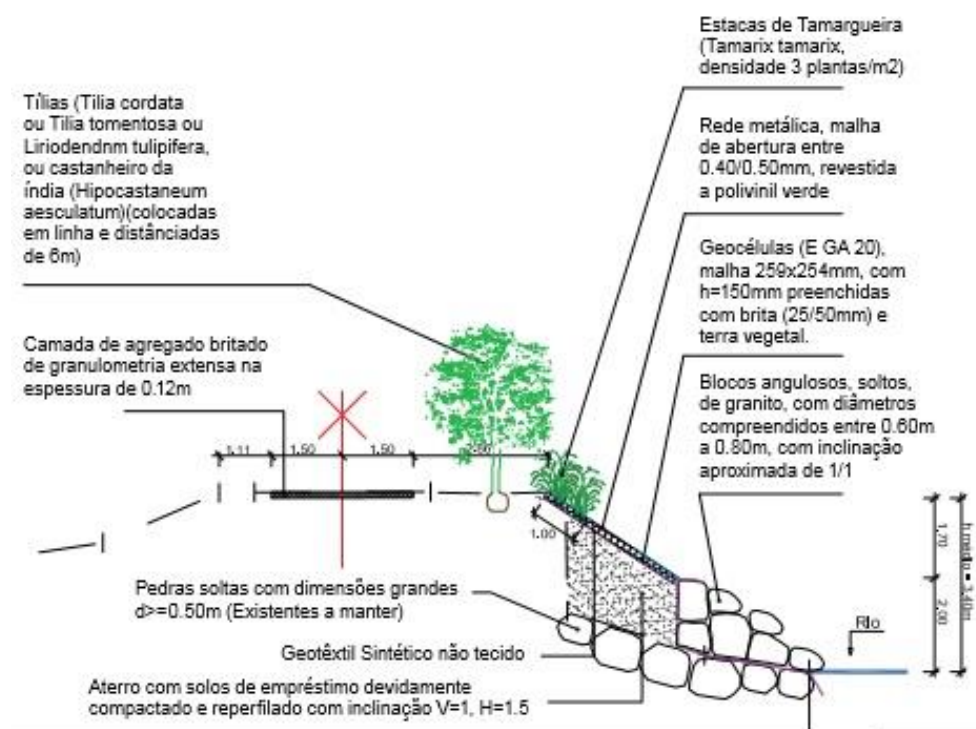


Figura 73 – Perfil transversal do projeto implementado no troço de Portuzelo (cedido pela CmV).

Procedeu-se ainda a ripagem em alguns pontos do caminho existente e à melhoria do seu pavimento.

A aplicação de esporões e defletores neste troço, à semelhança do que foi realizado no troço de Cardielos, não foi possível devido à elevada profundidade do leito do rio.

4.3.5. RESULTADOS OBSERVADOS

a) **Troço de Cardielos**

No decorrer da visita realizada em junho do presente ano, foi possível observar que, na extensão de 300 metros onde foram aplicadas técnicas de consolidação de margens, entre os esporões e defletores instalados, está a ocorrer deposição de sedimentos (figura 74), fator que influencia positivamente a estabilidade da margem.



Figura 74 – Deposição de sedimentos nas zonas localizadas entre os esporões e defletores instalados no setor de Cardielos (13/06/14).

Pelo contrário, na extensão deste troço que, de acordo com o projeto de execução, seria abrangida pela intervenção, mas onde, por falta de financiamento, apenas se procedeu à aplicação de esporões encontra-se bastante sujeita à ação erosiva do caudal do rio, pondo em risco a zona de lazer adjacente (figura 75), bem como uma linha de árvores de grande porte (figura 76).



Figura 75 – Erosão da margem direita do rio Lima, pondo em risco a zona de lazer, no troço de Cardielos onde apenas foram instalados esporões (13/06/14).



Figura 76 – Erosão da margem direita do rio Lima, pondo em risco uma linha de árvores de grande porte, no troço de Cardielos onde apenas foram instalados esporões (13/06/14).

A integridade da extremidade jusante da intervenção encontra-se também comprometida, na medida em que a margem esquerda do afluente que desagua no rio Lima, se encontra sujeita à ação erosiva (figura 77). Nesta extremidade, o geotêxtil e a malha metálica (figura 78), instalados para proteção da hidrossementeira aplicada, encontram-se visíveis.



Figura 77 – Erosão da margem esquerda do afluente do rio Lima, na extremidade mais a jusante do troço intervencionado de Cardielos (13/06/14).

Figura 78 – Rede de malha metálica de proteção da hidrossementeira visível no seguimento de fenómenos de erosão na zona mais a jusante do troço de Cardielos (13/06/14).

No decorrer da primeira visita efetuada, detetou-se que na faixa contendo colchão Reno coberto com terra vegetal e plantação de espécies vegetais, a rede de malha metálica aplicada superiormente no sentido de proteger a camada de terra vegetal dos efeitos erosivos, se encontra visível (figura 79), o que denuncia que a subida do nível da água até esta faixa e a velocidade da corrente terão provocado a lavagem de parte da terra vegetal aí existente.



Figura 79 – Rede de malha metálica de proteção da camada de terra vegetal visível no troço de Cardielos (14/11/13).

No decorrer da visita realizada em junho do presente ano foi possível concluir, por comparação com o observado nas visitas realizadas anteriormente, que a maior parte da vegetação adicionada apresentou um desenvolvimento considerável (figura 80).



Figura 80 – Estado da vegetação aplicada no troço de Cardielos, em junho de 2014 (13/06/14).

Distinguem-se, no entanto, algumas áreas onde a hidrossementeira não desenvolveu (figura 81). Também o facto de a altura das estacas de salgueiro ter sido reduzida relativamente à altura projetada resultou num fraco desenvolvimento de grande parte dos exemplares, uma vez que, por falta de perceção pelos visitantes do local, foram alvo do pisoteio. Entre a vegetação aplicada distinguiu-se o desenvolvimento de espécies exóticas de carácter invasor, nomeadamente erva-das-pampas (*Cortaderia selloana*) (figura 82).



Figura 81 – Área onde a hidrossementeira não desenvolveu no troço de Cardielos (13/06/14).



Figura 82 – Presença de erva-das-pampas (*Cortaderia selloana*) entre a vegetação aplicada no troço de Cardielos (13/06/14).

Neste troço encontra-se uma placa que pretende sensibilizar a população, através da enumeração de certas atividades e ações que não podem ser realizadas no espaço intervencionado. Uma das atividades enumeradas é a circulação com bicicletas e uma das ações é a deposição de resíduos. No entanto, foi presenciada a circulação com bicicletas no local, bem como a deposição de resíduos em local desapropriado (figura 83).



Figura 83 – Deposição de resíduos em local desapropriado no troço de Cardielos (13/06/14).

b) Troço de Portuzelo

À semelhança do observado no troço de Cardielos, no troço de Portuzelo, na camada formada por manta de geocélulas preenchidas com mistura de brita e terra vegetal, a rede de malha metálica de proteção encontrava-se visível aquando da primeira visita ao local, evidenciando o arrastamento, por ação do caudal do rio, de parte da terra vegetal aplicada (figura 84).



Figura 84 – Rede de malha metálica de proteção da camada de terra vegetal visível no troço de Portuzelo (14/11/13).

No decorrer da segunda visita efetuada a este troço do rio detetou-se um agravamento da situação referida. A terra vegetal que constituía a manta de geocélulas havia sido arrastada na totalidade, bem como alguma brita. A manta de geocélulas encontrava-se visível por falta de preenchimento (figura 85). Detetou-se ainda que esta camada não se encontra protegida no limite jusante da intervenção, encontrando-se exposta a desgaste por ação do caudal do rio a partir desta extremidade (figura 86).



Figura 85 – Manta de geocélulas visível no troço de Portuzelo, devido a arrastamento do seu preenchimento pelo caudal do rio (18/03/14).



Figura 86 – Estruturas de proteção da margem desprotegidas nos limites laterais no troço de Portuzelo (18/03/14).

Também a camada de enrocamento apresenta sinais de instabilidade, na medida em que não apresenta a mesma altura em toda a sua extensão (figura 87), o que sugere que alguns dos blocos de granito que a compõem foram arrastados por ação do caudal do rio.



Figura 87 – Altura descontinuada da camada de enrocamento (13/06/14).

À semelhança do observado no troço de Cardielos, também no troço de Portuzelo, no decorrer da visita realizada em junho do presente ano foi possível concluir, por comparação com o observado nas visitas realizadas anteriormente, que a maior parte da vegetação adicionada apresentou um desenvolvimento considerável (figura 88).



Figura 88 – Estado da vegetação aplicada no troço de Portuzelo, em junho de 2014 (13/06/14).

No entanto, grande parte dos exemplares de salgueiros plantados encontram-se secos (figura 89). Também à semelhança do ocorrido no troço de Cardielos, entre a vegetação aplicada no troço de Portuzelo distinguiu-se o desenvolvimento de espécies exóticas de caráter invasor, nomeadamente erva-das-pampas (*Cortaderia selloana*) (figura 90).



Figura 89 – Exemplar de salgueiro seco no troço de Portuzelo (18/03/14).



Figura 90 – Presença de erva-das-pampas (*Cortaderia selloana*) entre a vegetação aplicada no troço de Portuzelo (13/06/14).

Também junto à zona húmida e ao caminho, encontra-se uma grande quantidade de vegetação exótica de caráter invasor, especialmente erva-das-pampas (*Cortaderia selloana*) e eucaliptos (*Eucalyptus*) (figuras 91 e 92, respetivamente). Os eucaliptos são de mais difícil irradicação uma vez que se encontram nas margens do rio e as suas raízes contribuem para a estabilização das mesmas. Mesmo que fossem substituídos por outra espécie, o processo de desenraizamento provocaria uma grande instabilidade nas margens. Os eucaliptos são apenas podados por aspetos estéticos e por interferirem com acessos e cabos elétricos.



Figura 91 – Invasão por erva-das-pampas (*Cortaderia selloana*) no troço de Portuzelo (14/11/13).



Figura 92 – Invasão por eucaliptos (*Eucalyptus*) no troço de Portuzelo (18/03/14).

Na altura da primeira visita realizada ao troço de Portuzelo, foi também presenciada uma situação de corte de árvores por um elemento da população geral. O facto de este troço estar relativamente isolado da população torna-o mais propício a estas ocorrências, por não existirem denúncias das mesmas.

4.3.6. AVALIAÇÃO DO PROJETO DE INTERVENÇÃO NO TROÇO DE CARDIELOS DO RIO LIMA

a) **Avaliação do processo de planeamento do projeto de intervenção**

Esta avaliação teve por base a informação contida no projeto de licenciamento da intervenção realizada no troço de Cardielos do rio Lima, denominado “Requalificação das margens do rio Lima”, cedido pela APA/ARH-Norte, que data de dezembro de 2010.

Considera-se que este projeto de intervenção englobou os objetivos de renaturalização e estabilização do leito e margens (RELM), recuperação de habitats (RH) e melhoria do espaço público (MEP). As ponderações atribuídas a cada objetivo do projeto de intervenção encontram-se definidas na tabela 33.

Tabela 33 – Ponderações atribuídas aos objetivos do projeto de intervenção no troço de Cardielos do rio Lima.

Objetivos do projeto	Fatores de ponderação	Justificação
RELM	q3 = 0,6	Este projeto de intervenção assume-se, essencialmente, como um projeto de requalificação da margem direita do rio, no sentido de garantir a sua proteção contra a ação erosiva do caudal do rio.
RH	q4 = 0,2	Considera-se a plantação realizada.
MEP	q5 = 0,2	Considera-se o objetivo de proteção da zona de lazer existente.

Apresentam-se, em seguida, os resultados da avaliação deste projeto de intervenção, no que diz respeito à realização das fases de caracterização e diagnóstico e identificação das soluções. As classificações atribuídas aos indicadores de cada fase e respetiva justificação encontram-se no anexo U (pontos 1 e 2, respetivamente). Não se encontra definida, no projeto analisado, qualquer informação relativa ao planeamento das fases de implementação, monitorização, manutenção e sensibilização e participação pública do projeto de intervenção.

❖ **Avaliação da fase de caracterização e diagnóstico**

A realização da fase de caracterização e diagnóstico apresenta uma classificação de 15%. Esta classificação deve-se, em grande parte, ao facto de a caracterização da bacia hidrográfica se ter resumido à identificação, bastante incompleta, dos usos e ocupações do solo e dos usos e necessidades de água. A análise da classificação obtida para esta fase, por objetivo do projeto, permite concluir que a caracterização realizada favorece o objetivo de melhoria do espaço

público (classificação de 19%), em relação aos restantes objetivos (classificações de 14%), apesar de este não constituir o objetivo mais relevante para o projeto de intervenção.

❖ Avaliação da fase de identificação de soluções

A realização da fase de identificação de soluções apresenta uma classificação de 33%. No projeto analisado são apenas referidos os benefícios das soluções selecionadas, não sendo realizada a comparação destas com outras soluções propostas, para justificação da seleção realizada. Não foram incluídas, no projeto de licenciamento, quaisquer peças desenhadas caracterizadoras da intervenção.

Na tabela 34 encontram-se resumidas as classificações obtidas para as várias fases do processo de planeamento da intervenção, as classificações totais obtidas para cada objetivo do projeto de intervenção e a classificação total obtida para o processo de planeamento do projeto de intervenção.

Tabela 34 – Classificações obtidas para as várias fases de planeamento, classificações totais para cada objetivo do projeto de intervenção e classificação total para o processo de planeamento do projeto de intervenção no troço de Cardielos do rio Lima.

Fases de planeamento	Classificação por objetivo			Classificação por fase	Fator ponderação (p)
	RELM	RH	MEP		
Caracterização e diagnóstico	14%	14%	19%	15%	1/6
Identificação de soluções	33%			33%	1/6
Implementação	0%			0%	1/6
Monitorização	0%	0%	0%	0%	1/6
Manutenção	0%			0%	1/6
Sensibilização e participação pública	0%			0%	1/6
Classificação por objetivo	8%	8%	9%		
Fator ponderação (q)	0,6	0,2	0,2		
CTp				8%	

Por análise desta tabela conclui-se que a classificação total do processo de planeamento do projeto de intervenção no troço de Cardielos do rio Lima está bastante abaixo do patamar de referência de 50%, a que corresponde uma caracterização adequada. Esta classificação resulta do facto de não ter sido incluída, no projeto de licenciamento da intervenção, qualquer informação relativa as fases de planeamento das ações de implementação, monitorização, manutenção e sensibilização e participação pública. No que diz respeito às classificações totais obtidas para cada objetivo do projeto de intervenção, constata-se que foram todas abaixo do patamar de referência, sendo o objetivo de melhoria do espaço público ligeiramente valorizado em relação aos restantes objetivos, apesar de não ser o objetivo mais relevante para o projeto.

b) Avaliação da evolução do sistema intervencionado

Esta avaliação é realizada para a extensão de 300 metros mais a jusante deste troço, onde foram aplicados esporões, defletores e técnicas de recuperação biofísica e consolidação de margens. Na tabela 35 encontram-se identificadas as classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da evolução do sistema intervencionado no troço de Cardielos do rio Lima, com base na comparação dos resultados da análise DPSIR, realizada para a situação pré-intervenção do sistema, com os resultados da análise realizada ao estado e impactos no sistema pós-intervenção, apresentados nos pontos 1 e 2 do anexo V, respetivamente. Apresentam-se ainda as classificações totais, por tipo de evolução e a classificação total obtida para a evolução do sistema.

Tabela 35 – Classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da evolução do sistema intervencionado no troço de Cardielos do rio Lima, classificações totais, por tipo de evolução e classificação total obtida para a evolução do sistema.

Indicadores	Classificação por indicador
Ecológicos	
Melhoria da qualidade da água	(Não aplicável)
Aumento da conectividade longitudinal	(Não aplicável)
Aumento da conectividade transversal	(Não aplicável)
Aumento da conectividade vertical	(Não aplicável)
Aumento da quantidade e diversidade de <i>habitats</i> naturais	1
Aumento da quantidade e diversidade de espécies faunísticas	(Não aplicável)
C_E (fração)	1/3
C_E	33%
Fator de ponderação (f1)	0,45
Hidrogeomorfológicos	
Aumento da estabilidade das margens	2
Redução do risco de obstrução do leito	(Não aplicável)
Redução da frequência, duração e extensão de cheias	(Não aplicável)
C_H (fração)	2/3
C_H	67%
Fator de ponderação (f2)	0,35
Sociais	
Redução do risco de perdas materiais por inundação	(Não aplicável)
Redução do risco de insegurança	2
Aumento da disponibilidade de tipos de uso	(Não aplicável)
Aumento dos valores de não-uso	1
Aumento do número e da frequência de visitantes	(Não aplicável)
C_S (fração)	3/6
C_S	33%
Fator de ponderação (f3)	0,20
C_{te}	45%

Por análise desta tabela conclui-se que a evolução total do sistema intervencionado foi inferior a 50%. A componente hidrogeomorfológica, caracterizada, neste caso, pela estabilidade das margens, foi a que apresentou uma evolução mais acentuada (67%) e foi a única que apresentou uma evolução superior a 50%. A componente ecológica, caracterizada, neste caso, pelo aumento da quantidade e diversidade de *habitats* naturais, não apresentou uma evolução tão acentuada, na medida em que a única medida implementada para este fim foi a de plantação e nem toda a vegetação adicionada se adaptou, tendo-se ainda verificado invasão por espécies de vegetação exóticas. O facto de nem toda a vegetação adicionada se ter desenvolvido faz com que o impacto visual das técnicas de estabilização de margens seja mais acentuado, o que reduz os valores de não-uso do espaço para a população. Esta situação foi agravada pela ação do escoamento do caudal do rio, que arrastou parte do solo que permitia a amenização deste impacto visual.

O facto de não terem sido definidos planos de monitorização e manutenção do projeto de intervenção pode estar a influenciar negativamente a evolução do sistema intervencionado.

4.3.7. AVALIAÇÃO DO PROJETO DE INTERVENÇÃO NO TROÇO DE PORTUZELO DO RIO LIMA

a) **Avaliação do processo de planeamento do projeto de intervenção**

Esta avaliação teve por base a informação contida no projeto de licenciamento da intervenção realizada no troço Portuzelo do rio Lima, denominado “Requalificação das margens do rio Lima”, cedido pela APA/ARH-Norte, que data de fevereiro de 2011.

Considera-se que este projeto de intervenção englobou os objetivos de renaturalização e estabilização do leito e margens (RELM), recuperação de habitats (RH) e melhoria do espaço público (MEP). As ponderações atribuídas a cada objetivo do projeto de intervenção encontram-se definidas na tabela 36.

Tabela 36 – Ponderações atribuídas aos objetivos do projeto de intervenção no troço de Portuzelo do rio Lima.

Objetivos do projeto	Fatores de ponderação	Justificação
RELM	q3 = 0,6	Este projeto de intervenção assume-se, essencialmente, como um projeto de requalificação da margem direita do rio, no sentido de garantir a sua proteção contra a ação erosiva do caudal do rio.
RH	q4 = 0,3	Considera-se o objetivo de proteção da zona húmida existente (Sapal-Juncal), pertencente à Rede Natura 2000.
MEP	q5 = 0,1	Considera-se o objetivo de proteção do caminho existente e a melhoria do seu pavimento.

Apresentam-se, em seguida, os resultados da avaliação deste projeto de intervenção, no que diz respeito à realização das fases de caracterização e diagnóstico e identificação das soluções. As classificações atribuídas aos indicadores de cada fase e respetiva justificação encontram-se no

anexo W (pontos 1 e 2, respetivamente). Não se encontra definida, no projeto analisado, qualquer informação relativa ao planeamento das fases de implementação, monitorização, manutenção e sensibilização e participação pública do projeto de intervenção.

❖ Avaliação da fase de caracterização e diagnóstico

Por análise da tabela 56 conclui-se que a fase de caracterização e diagnóstico apresenta uma classificação de 17%. Esta classificação deve-se, em grande parte, ao facto de a caracterização da bacia hidrográfica se ter resumido à identificação, bastante incompleta, dos usos e ocupações do solo e dos usos e necessidades de água. A análise da classificação obtida para esta fase, por objetivo do projeto, permite concluir que a caracterização realizada favorece os objetivos de renaturalização e estabilização do leito e margens (classificação de 19%) e melhoria do espaço público (classificação de 17%), em relação ao objetivo de recuperação de *habitat* (classificação de 14%), apesar da relevância que apresenta para o projeto de intervenção.

❖ Avaliação da fase de identificação de soluções

Por análise da tabela 57 conclui-se que a realização da fase de identificação de soluções apresenta uma classificação de 67%, acima do patamar de referência. No projeto analisado são apenas referidos os benefícios das soluções selecionadas, não sendo realizada a comparação destas com outras soluções propostas, para justificação da seleção realizada.

Na tabela 37 encontram-se resumidas as classificações obtidas para as várias fases do processo de planeamento da intervenção, as classificações totais obtidas para cada objetivo do projeto de intervenção e a classificação total obtida para o processo de planeamento do projeto de intervenção.

Tabela 37 – Classificações obtidas para as várias fases de planeamento, classificações totais para cada objetivo do projeto de intervenção e classificação total para o processo de planeamento do projeto de intervenção no troço de Portuzelo do rio Lima.

Fases de planeamento	Classificação por objetivo			Classificação por fase	Fator ponderação (p)
	RELM	RH	MEP		
Caracterização e diagnóstico	19%	14%	17%	17%	1/6
Identificação de soluções	67%			67%	1/6
Implementação	0%			0%	1/6
Monitorização	0%	0%	0%	0%	1/6
Manutenção	0%			0%	1/6
Sensibilização e participação pública	0%			0%	1/6
Classificação por objetivo	14%	14%	14%		
Fator ponderação (q)	0,6	0,3	0,1		
CTp				14%	

Por análise desta tabela conclui-se que a classificação total do processo de planeamento do projeto de intervenção no troço de Portuzelo do rio Lima se encontra abaixo do patamar que

estabelece a referência para um processo de planeamento adequado. Esta classificação resulta do facto de não ter sido incluída, no projeto de licenciamento da intervenção, qualquer informação relativa às fases de planeamento das ações de implementação, monitorização, manutenção e sensibilização e participação pública. As classificações totais obtidas para cada objetivo do projeto de intervenção foram iguais entre si, apesar das diferenças verificadas nas relevâncias que estes objetivos apresentam para o projeto de intervenção.

b) Avaliação da evolução do sistema intervencionado

Na tabela 38 encontram-se identificadas as classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da evolução do sistema intervencionado no troço de Portuzelo do rio Lima, com base na comparação dos resultados da análise DPSIR, realizada para a situação pré-intervenção do sistema, com os resultados da análise realizada ao estado e impactos no sistema pós-intervenção, apresentados nos pontos 1 e 2 do anexo X, respetivamente. Apresentam-se ainda as classificações totais, por tipo de evolução e a classificação total obtida para a evolução do sistema.

Tabela 38 – Classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da evolução do sistema intervencionado no troço de Portuzelo do rio Lima, classificações totais, por tipo de evolução e classificação total obtida para a evolução do sistema.

Indicadores	Classificação por indicador
Ecológicos	
Melhoria da qualidade da água	(Não aplicável)
Aumento da conectividade longitudinal	(Não aplicável)
Aumento da conectividade transversal	(Não aplicável)
Aumento da conectividade vertical	(Não aplicável)
Aumento da quantidade e diversidade de <i>habitats</i> naturais	1
Aumento da quantidade e diversidade de espécies faunísticas	(Não aplicável)
C_E (fração)	1/3
C_E	33%
Fator de ponderação (f1)	0,45
Hidrogeomorfológicos	
Aumento da estabilidade das margens	1
Redução do risco de obstrução do leito	(Não aplicável)
Redução da frequência, duração e extensão de cheias	(Não aplicável)
C_H (fração)	1/3
C_H	33%
Fator de ponderação (f2)	0,35
Sociais	
Redução do risco de perdas materiais por inundação	(Não aplicável)
Redução do risco de insegurança	1
Aumento da disponibilidade de tipos de uso	(Não aplicável)
Aumento dos valores de não-uso	1

Indicadores	Classificação por indicador
Aumento do número e da frequência de visitantes	(Não aplicável)
C_s (fração)	2/6
C_s	33%
Fator de ponderação (f_3)	0,20
C_{te}	33%

Tabela 38 (Continuação) – Classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da evolução do sistema intervencionado no troço de Portuzelo do rio Lima, classificações totais, por tipo de evolução e classificação total obtida para a evolução do sistema.

Por análise desta tabela conclui-se que a evolução total do sistema intervencionado foi inferior a 50%. Todas as componentes apresentaram a mesma evolução. A evolução da componente ecológica, caracterizada, neste caso, pelo aumento da quantidade e diversidade de *habitats* naturais, não foi superior na medida em que a única medida implementada para este fim foi a de plantação e nem toda a vegetação adicionada se adaptou, tendo-se ainda verificado invasão por espécies de vegetação exóticas. A evolução da componente hidrogeomorfológica, caracterizada, neste caso pela estabilidade das margens, não foi superior na medida em que a ação do escoamento do caudal do rio provocou a fragilização do enrocamento e do colchão Reno instalados para estabilização da margem direita do rio. A ação erosiva do caudal do rio, ao provocar o arrastamento do solo que permitia a amenização do impacto visual das técnicas de estabilização de margens aplicadas, contribui negativamente para os valores de não-uso do local para a população.

Comparando os resultados obtidos para a evolução do sistema com os resultados obtidos para o planeamento do projeto de intervenção, verifica-se que o facto de não terem sido definidos planos de monitorização e manutenção do projeto de intervenção pode estar a influenciar negativamente a evolução do sistema intervencionado. Constata-se ainda que, o facto de o objetivo de estabilização de margens não estar a ser cumprido na totalidade pode estar relacionado com a baixa classificação obtida, para este objetivo, na fase de caracterização e diagnóstico (19%). Uma caracterização mais aprofundada do sistema fluvial permitiria uma melhor adequação das soluções de estabilização de margens a implementar às condições do sistema fluvial.

4.4. ANÁLISE COMPARATIVA DE CASOS DE ESTUDO

Na tabela 39 encontram-se resumidas as características dos casos de estudo seleccionados e avaliados no que diz respeito às tipologias dos cursos de água, aos tipos de envolvente e às idades dos projetos (tendo como referência a data de conclusão da implementação dos mesmos).

Tabela 39 – Resumo das características dos casos de estudo.

Casos de estudo		Tipologias de curso de água	Tipos de envolvente	Idades dos projetos (aproximadas)
Ribeira da Granja	Troço do Viso	Ribeira	Urbana	4 anos
	Troço da Quinta do Rio	Ribeira	Urbana	2,5 anos
Rio Este	Troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha	Rio de reduzidas dimensões	Urbana	0.75 anos
Rio Lima	Troço de Cardielos	Rio de grandes dimensões	Urbana	2 anos
	Troço de Portuzelo	Rio de grandes dimensões	Rural	1,5 anos

No que diz respeito às problemáticas associadas aos sistemas fluviais estudados, constatou-se que a instabilidade do leito e margens do curso de água, como resultado da ação erosiva do caudal escoado, se encontrava presente na grande maioria dos casos de estudo analisados, à exceção do troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja (tendo em conta que o curso de água se encontrava entubado), com elevada severidade, em especial nos troços estudados do rio Lima. Esta problemática encontra-se também associada à degradação ou inexistência da galeria ripícola nestes sistemas fluviais, pela proteção que a vegetação oferece ao leito e margens contra ações erosivas. Por sua vez, a degradação da galeria ripícola tem como consequência a redução da quantidade e diversidade de *habitat*. No troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja e no troço do rio Este uma das principais motivações para as intervenções preconizadas prendeu-se com a elevada frequência e extensão de eventos de cheias, causada pela regularização dos cursos de água. No troço do rio Este a degradação da qualidade da água constituiu também um aspeto de grande importância na definição da emergência da intervenção.

Na tabela 40 encontram-se resumidas as ponderações atribuídas aos objetivos dos projetos de intervenção estudados, em função da preponderância que se entendeu apresentarem nos mesmos.

Tabela 40 – Ponderações atribuídas aos objetivos dos projetos de intervenção estudados.

Casos de estudo		Objetivos				
		MQA	MCH	RELM	RH	MEP
Ribeira da Granja	Troço do Viso	0	0,1	0,3	0,3	0,3
	Troço da Quinta do Rio	0	0,3	0,25	0,25	0,2
Rio Este	Troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Rio Lima	Troço de Cardielos	0	0	0,6	0,2	0,2
	Troço de Portuzelo	0	0	0,6	0,3	0,1

4.4.1. AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE PLANEAMENTO DOS PROJETOS DE INTERVENÇÃO

❖ Avaliação da fase de caracterização e diagnóstico

Tabela 41 – Classificações obtidas na fase de caracterização e diagnóstico dos projetos de intervenção estudados.

Casos de estudo		Classificação por objetivo					Classificação da fase
		MQA	MCH	RELM	RH	MEP	
Ribeira da Granja	Troço do Viso	-	43%	36%	36%	42%	39%
	Troço da Quinta do Rio	-	42%	36%	30%	41%	37%
Rio Este	Troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha	11%	15%	12%	12%	24%	15%
Rio Lima	Troço de Cardielos	-	-	14%	14%	19%	15%
	Troço de Portuzelo	-	-	14%	14%	14%	14%

Por análise da tabela 41 conclui-se que nenhum dos projetos analisados obteve uma classificação superior a 50% na fase de caracterização e diagnóstico. Os projetos relativos às intervenções nos troços do Viso e da Quinta do Rio da ribeira da Granja obtiveram classificações significativamente superiores às dos restantes projetos.

A qualidade da caracterização realizada piorou no projeto relativo ao troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja em relação ao projeto relativo ao troço do Viso desta ribeira, que o antecedeu, e no projeto relativo ao troço de Portuzelo do rio Lima em relação ao projeto relativo ao troço de Cardielos deste rio, que o antecedeu.

Comparando a relevância dos objetivos dos projetos (tabela 40) com as classificações obtidas por objetivo para a fase de classificação e diagnóstico conclui-se que, de um modo geral, a caracterização realizada não favorece o cumprimento dos objetivos mais relevantes para os projetos.

❖ Avaliação da fase de identificação de soluções

Tabela 42 - Classificações obtidas na fase de identificação de soluções dos projetos de intervenção estudados.

Casos de estudo		Classificação da fase
Ribeira da Granja	Troço do Viso	75%
	Troço da Quinta do Rio	67%
Rio Este	Troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha	75%
Rio Lima	Troço de Cardielos	33%
	Troço de Portuzelo	67%

Por análise da tabela 42 conclui-se que a classificação obtida para a fase de identificação de soluções foi superior a 50% em todos os projetos analisados, à exceção do projeto relativo ao

troço de Cardielos do rio Lima. O projeto relativo ao troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja apresentou uma classificação inferior ao projeto relativo ao troço do Viso desta ribeira, que o antecedeu. Pelo contrário, o projeto relativo ao troço de Portuzelo do rio Lima apresenta, nesta fase, melhorias em relação ao projeto que o antecedeu, relativo ao troço de Cardielos deste rio. Tal situação, pode dever-se ao facto de a intervenção no troço de Cardielos não se encontrar completamente implementada.

❖ Avaliação do planeamento da fase de implementação

Tabela 43 - Classificações obtidas no planeamento da fase de implementação dos projetos de intervenção estudados.

Casos de estudo		Classificação da fase
Ribeira da Granja	Troço do Viso	67%
	Troço da Quinta do Rio	50%
Rio Este	Troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha	0%
Rio Lima	Troço de Cardielos	0%
	Troço de Portuzelo	0%

Por análise da tabela 43 conclui-se que apenas o projeto relativo ao troço do Viso da ribeira da Granja obteve uma classificação superior a 50% no planeamento da fase de implementação, sendo que o projeto que o sucedeu, relativo ao troço da Quinta do Rio desta ribeira, obteve uma classificação de 50%. Nos projetos relativos aos troços intervencionados do rio Este e do rio Lima não se encontra definida qualquer informação relativa ao planeamento desta fase.

❖ Avaliação do planeamento da fase de monitorização

Tabela 44 - Classificações obtidas no planeamento da fase de monitorização dos projetos de intervenção estudados.

Casos de estudo		Classificação por objetivo					Classificação da fase
		MQA	MCH	RELM	RH	MEP	
Ribeira da Granja	Troço do Viso	-	22%	15%	27%	23%	39%
	Troço da Quinta do Rio	-	22%	15%	27%	23%	22%
Rio Este	Troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha	15%	11%	8%	18%	15%	13%
Rio Lima	Troço de Cardielos	-	-	0%	0%	0%	0%
	Troço de Portuzelo	-	-	0%	0%	0%	0%

Por análise da tabela 44 conclui-se que nenhum dos projetos analisados obteve uma classificação superior a 50% para o planeamento da fase de monitorização. O projeto relativo ao

troço do Viso da ribeira da Granja obteve a classificação mais elevada. Destacam-se pela negativa os projetos relativos aos troços intervencionados do rio Lima, nos quais não se encontra definida qualquer informação relativa ao planeamento desta fase.

Comparando a relevância dos objetivos dos projetos (tabela 40) com as classificações obtidas por objetivo para o planeamento da fase de monitorização conclui-se que os parâmetros de monitorização definidos não se encontram de acordo com a relevância de cada objetivo para o projeto de intervenção.

❖ Avaliação do planeamento da fase de manutenção

Tabela 45 - Classificações obtidas no planeamento da fase de manutenção dos projetos de intervenção estudados.

Casos de estudo		Classificação da fase
Ribeira da Granja	Troço do Viso	56%
	Troço da Quinta do Rio	11%
Rio Este	Troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha	11%
Rio Lima	Troço de Cardielos	0%
	Troço de Portuzelo	0%

Por análise da tabela 45 conclui-se que apenas o projeto relativo ao troço do Viso da ribeira da Granja obteve uma classificação superior a 50% para o planeamento da fase de manutenção. Os projetos relativos ao troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja e ao troço intervencionado do rio Este obtiveram uma classificação consideravelmente baixa no planeamento desta fase e nos projetos relativos aos troços intervencionados do rio Lima não se encontra definida qualquer informação relativa ao planeamento desta fase.

❖ Avaliação do planeamento da fase de sensibilização e participação pública

Tabela 46 - Classificações obtidas no planeamento da fase de sensibilização e participação pública dos projetos de intervenção estudados.

Casos de estudo		Classificação da fase
Ribeira da Granja	Troço do Viso	71%
	Troço da Quinta do Rio	29%
Rio Este	Troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha	13%
Rio Lima	Troço de Cardielos	0%
	Troço de Portuzelo	0%

Por análise da tabela 46 conclui-se que apenas o projeto relativo ao troço do Viso da ribeira da Granja obteve uma classificação superior a 50% para o planeamento da fase de sensibilização e

participação pública, destacando-se, em grande escala, positivamente em relação aos restantes projetos. Nos projetos relativos aos troços intervencionados do rio Lima não se encontra definida qualquer informação relativa ao planeamento desta fase.

❖ Classificação total do processo de planeamento dos projetos de intervenção

Tabela 47 - Classificações totais obtidas para o processo de planeamento dos projetos de intervenção estudados.

Casos de estudo		Classificação total
Ribeira da Granja	Troço do Viso	55%
	Troço da Quinta do Rio	36%
Rio Este	Troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha	21%
Rio Lima	Troço de Cardielos	8%
	Troço de Portuzelo	14%

Por análise da tabela 47 conclui-se que apenas o projeto relativo ao troço do Viso da ribeira da Granja obteve classificação superior a 50% na avaliação do processo de planeamento, limite a partir do qual se considera que o projeto apresenta condições técnicas adequadas. Destaca-se pela negativa o projeto relativo ao troço de Cardielos do rio Lima. O projeto relativo ao troço da Quinta do Rio da ribeira da Granja apresentou uma classificação inferior ao projeto relativo ao troço do Viso desta ribeira, que o antecedeu. Pelo contrário, o projeto relativo ao troço de Portuzelo do rio Lima apresenta condições técnicas melhoradas em relação ao projeto que o antecedeu, relativo ao troço de Cardielos deste rio.

4.4.2. AVALIAÇÃO DA EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS INTERVENCIONADOS

Tabela 48 - Classificações obtidas para cada tipo de evolução e para a evolução global dos sistemas intervencionados estudados.

Casos de estudo		Classificação por tipo de evolução			Classificação total
		Ecológica	Hidrogeomorfológica	Social	
Ribeira da Granja	Troço do Viso	67%	33%	75%	57%
	Troço da Quinta do Rio	67%	50%	47%	57%
Rio Este	Troço entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha	33%	33%	67%	40%
Rio Lima	Troço de Cardielos	33%	67%	33%	45%
	Troço de Portuzelo	33%	33%	33%	33%

Por análise da tabela 48 conclui-se que os sistemas fluviais relativos aos troços do Viso e da Quinta do Rio da ribeira da Granja apresentaram uma evolução superior a 50% como resposta

às intervenções preconizadas, sendo que os restantes projetos apresentaram uma evolução inferior a este patamar de referência. Nos projetos relativos às intervenções no troço do Viso da ribeira da Granja e no troço do rio Este, a componente social foi a que apresentou maior evolução, o que não reflete a relevância que esta componente apresenta nos objetivos da Lei da Água.

5. CONCLUSÕES

5.1. CONCLUSÕES

Os desenvolvimentos, aos níveis social, demográfico e económico originaram alterações no estilo de vida da sociedade, que desencadearam grandes projetos de regularização fluvial, causadores de impactos nestes ecossistemas, que se traduzem na redução da biodiversidade que lhes é inerente.

A contribuição para a integridade, funcionalidade, estabilidade e valor estético/paisagístico dos cursos de água apresenta-se, atualmente, como de elevada prioridade. A reabilitação de sistemas fluviais surge com este objetivo. Verifica-se, no entanto, que vários projetos de intervenção fluvial incorporam de forma deficiente a multidimensionalidade e a interdisciplinaridade requeridas, levando a soluções desajustadas. Simultaneamente, o acompanhamento das intervenções realizadas nem sempre é realizado com a regularidade e exigência necessárias.

Esta dissertação foi realizada com o objetivo de proceder à avaliação de projetos de intervenção fluvial, no que diz respeito (i) à evolução dos sistemas fluviais em resposta às intervenções preconizadas e (ii) à qualidade do processo de planeamento dos projetos de intervenção. Pretendia-se, assim, aferir sobre a eficácia das soluções de reabilitação implementadas e analisar a possível relação entre lacunas identificadas no processo de planeamento e insucessos verificados no cumprimento dos objetivos propostos para os projetos. Para tal, foram selecionados os projetos relativos aos troços (i) do Viso e (ii) da Quinta do Rio da ribeira da Granja, no Porto, ao troço (j) entre a Av. Frei Bartolomeu dos Mártires e Ponte Pedrinha do rio Este, em Braga, e aos troços (k) de Cardielos e (kk) de Portuzelo do rio Lima, em Viana do Castelo.

No que diz respeito à avaliação dos processos de planeamento dos projetos de intervenção, conclui-se que, dos cinco projetos de intervenção analisados, apenas para o projeto relativo ao troço do Viso da ribeira da Granja este processo foi desenvolvido de forma adequada. Na fase de caracterização e diagnóstico, as principais lacunas identificadas estão relacionadas com a incompleta caracterização da bacia hidrográfica. De um modo geral, a caracterização realizada não favorece o cumprimento dos objetivos mais relevantes para os projetos. Na fase de identificação de soluções, verificou-se que em nenhum dos projetos analisados é referida a realização de análises custo/benefício para as soluções propostas. São apenas referidos os benefícios das soluções selecionadas, não sendo realizada uma comparação com outras soluções propostas, para justificação da seleção realizada. Na fase de planeamento das ações de implementação dos projetos de intervenção, a principal lacuna identificada está relacionada com a não referência, nos projetos analisados, a planos de formação dos intervenientes nas ações planeadas. Na fase de planeamento das ações de monitorização, de um modo geral, a

monitorização de parâmetros relativos às condições hidromorfológicas, de erosão/estabilidade e biológicas do sistema intervencionado, bem como a alterações antrópicas que se possam verificar neste sistema, não é definida. Os parâmetros de monitorização definidos não se encontram de acordo com a relevância de cada objetivo para o projeto de intervenção. Na fase de planeamento das ações de manutenção dos projetos de intervenção, as principais lacunas identificadas estão relacionadas com a não definição, ou definição incompleta, de medidas de manutenção periódica e da frequência de manutenção que se pretende cumprir. Na fase de planeamento das ações de sensibilização e participação pública, as principais lacunas identificadas estão relacionadas com as fases de informação e consulta, especialmente na fase de identificação de soluções.

No que diz respeito à avaliação da evolução dos sistemas fluviais como resposta às intervenções preconizadas, os troços do Viso e da Quinta do Rio da ribeira da Granja apresentaram uma evolução superior a 50%, sendo que os restantes sistemas analisados apresentaram evoluções inferiores a 50%. De um modo geral, as evoluções mais acentuadas foram alcançadas nas componentes com maior relevância para os projetos de intervenção. No entanto, constata-se que, nos projetos relativos às intervenções no troço do Viso da ribeira da Granja e no troço do rio Este, a componente social foi valorizada em relação às componentes biológica e hidrogeomorfológica, o que não reflete a relevância que estas componentes apresentam nos objetivos estabelecidos na Lei da Água.

O incumprimento dos objetivos dos projetos de intervenção fluvial analisados está, de um modo geral, associado a uma caracterização pouco aprofundada dos sistemas a intervencionar e a um planeamento incompleto das fases de monitorização e manutenção.

5.2. PERSPETIVAS FUTURAS

No sentido de aumentar a precisão da avaliação de projetos de intervenção fluvial realizada no âmbito do presente trabalho sugere-se:

- ✓ Aumento do tempo de análise em campo, em especial para os parâmetros relacionados com a fauna e com o número e frequência de visitantes;
- ✓ Realização de visitas de campo durante o fim-de-semana para análise do número e frequência de visitantes;
- ✓ Aprofundamento dos levantamentos de espécies de fauna realizados;

De um modo geral, propõe-se a continuidade do estudo realizado no presente trabalho, através da realização de novas visitas de monitorização aos troços estudados para acompanhamento continuado da evolução destes sistemas, com possibilidade de incorporação, na avaliação, de diversos estágios representativos desta evolução. O acompanhamento da evolução do sistema

relativo ao troço estudado do rio Este é de especial importância, na medida em que a implementação deste projeto foi finalizada há cerca de nove meses, pelo que a avaliação efetuada no presente trabalho pode não ser conclusiva.

No seguimento das conclusões adquiridas com a realização deste trabalho considera-se que a eficácia do processo de avaliação de projetos de intervenção fluvial pela entidade licenciadora poderá ser melhorada pela imposição de novos requisitos às entidades responsáveis pelos projetos, nomeadamente pela redefinição da informação de base a ser entregue para licenciamento. Propõe-se que esta informação passe a incorporar, por exemplo, os resultados de estudos de caracterização e diagnóstico realizados. Propõe-se ainda que sejam estabelecidos critérios a cumprir pelas entidades responsáveis pelos projetos de intervenção, para que a definição dos objetivos dos mesmos seja incorporada de forma mais clara e completa nos documentos entregues, de modo a facilitar a avaliação destes projetos e mais especificamente, no âmbito da avaliação realizada no presente trabalho, facilitar a definição dos valores atribuídos aos fatores de ponderação representativos da relevância de cada objetivo nos projetos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AdP. (2013). Águas do Porto, Câmara Municipal do Porto, Projecto Ribeiras do Porto, <http://www.ribeirasdoporto.pt/>.
- Amorim, L. (2004). Intervenções em Linhas de Água: Contribuição para uma Solução mais Sustentável. CCDR-N.
- Bash J. S., Ryan C. M. (2002). Stream restoration and enhancement projects: is anyone monitoring?. *Environmental Management*, 29, 877–885.
- Beasley, G., Kneale, P. (2002). Reviewing the impact of metals and PAHs on macro invertebrates in urban watercourses. *Progress in Physical Geography*, 26, 236–270.
- Bernhardt, E. S., Palmer, M. A., Allan, J. D., Alexander, G., Barnas, K., Brooks, S., Carr, J., Clayton, S., Dahm, C., Follstad-Shah, J., Galat, D., Gloss, S., Goodwin, P., Hart, D., Hassett, B., Jenkinson, R., Katz, S., Kondolf, G. M., Lake, P. S., Lave, R., Meyer, J. L., O'Donnell, T. K., Pagano, L., Powell, B., Sudduth, E. (2005). Synthesizing U.S. River Restoration Efforts. *Science*, 308, 636-637.
- Bernhardt, E. S., Palmer, M. A. (2007). Restoring streams in an urbanizing world. *Freshwater Biology*, 52, 738–751.
- Bratrich C. (2004). Planung, Bewertung und Entscheidungsprozesse im Fliessgewasser Management – Kennzeichen erfolgreicher Revitalisierungsprojekte. ETH, Zurich.
- Brighetti, G., Martins, J. R. (2001). Estabilização e Protecção de Margens. Universidade de São Paulo.
- Cabral, F., Telles, G. (1999) A Árvore em Portugal. Assírio & Alvim, Lisboa.
- Choi, Y. D. (2004). Theories for ecological restoration in changing environment: towards ‘futuristic’ restoration. *Ecological research*, 19, 75–81.
- Coelho, J. M. A. (2009). Desenvolvimento de indicadores de acompanhamento de obras de reabilitação fluvial. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Coentrão, A. (2014). Câmara de Braga responsabiliza loja do AKI por descarga de tinta no rio Este. *Jornal Público*, 30/04/2014.
- Cortes, R. M. V. (2000). Requalificação de Cursos de Água. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- CONFAGRI. (2013). Confederação Nacional das Cooperativas Agrícolas e do Crédito Agrícola de Portugal, <http://www.confagri.pt/Ambiente/AreasTematicas/Pages/Biodiversidadedefault1.aspx>.

- Downs P. W., Kondolf G. M. (2002). Post-project appraisals in adaptive management of river channel restoration. *Environmental Management*, 29, 477–496.
- DQA. (2000). Directiva Quadro da Água (Directiva 2000/60/CE), <http://portaldaagua.inag.pt/PT/InfoTecnica/Legislacao/Documents/DIRECTIVA%202000-60-CE%20DO%20PARLAMENTO%20EUROPEU%20E%20DO%20CONSELHO.pdf>.
- Elosegi, A., Sabater, S. (2009). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Fundación BBVA, Bilbao.
- EPA. (2014). Module 2: DPSIR Overview, <http://www.epa.gov/ged/tutorial/mod-2-slides/slide0001.htm>. United States Environmental Protection Agency.
- Escameia, M. (1998). River and Channel revetments – A design manual. Thomas Telford, London.
- Ferreira, M. T. (2006). Estudo estratégico para a gestão das pescas continentais. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa. 312-344.
- FISRWG. (1998). Stream Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices. Federal Interagency Stream Restoration Working Group, USA.
- Force, J. (2013). Restoring the Everglades: returning water to the wetland. *Water 21*, magazine of the International Water Association, october 2013, 17-19.
- Gabrielsen, P., Bosch P. (2003). Environmental Indicators: Typology and Use in Reporting. European Environment Agency.
- Gregory, K. R. (2006). The human role in changing river channels. *Geomorphology*, 79, 172-191.
- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 4, 1–23.
- INAG. (2001). Plano Nacional da Água. Instituto da Água, IP.
- INAG. (2008a). Manual para a avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais segundo a Directiva Quadro da Água – Protocolo de amostragem e análise para a fauna piscícola. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I. P.
- INAG. (2008b). Manual para a avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais segundo a Directiva Quadro da Água – Protocolo de amostragem e análise para os macrófitos. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I. P.
- INAG. (2008c). Manual para a avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais segundo a Directiva Quadro da Água – Protocolo de amostragem e análise para os

- macroinvertebrados bentônicos. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I. P.
- Järvelä, J., Helmiö, T. (2004). Hydraulic Considerations in Restoring Boreal Streams. *Nordic Hydrology*, 35.
- JN. (2014). Rio de Braga ficou "branco" após descarga "acidental" de tinta. *Jornal de Notícias*, 30/04/2014.
- Joweet, I. G. (1993). A method for objectively identifying pool, run, and riffle habitats from physical measurements. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 27, 241-248.
- KRIS. (2008). The Purpose and Methods of Habitat Typing. <http://www.krisweb.com/stream/habttyp.htm>. Klamath Resource Information System.
- Lemos, M. T. R. F. (2008). Regularização e proteção contínua de cursos de água. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Macedo D. R. (2009). Avaliação de Projeto de Restauração de Curso d'água em Área Urbanizada: estudo de caso no Programa Drenurbs em Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais.
- Makepeace D. K., Smith D. W., Stanley S. J. (1995). Urban stormwater quality: summary of contaminant data. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 25, 91–139.
- McCann, B. (2012). Wastewater reuse brings life back to Spain's Segura river. *Water* 21, magazine of the International Water Association, august 2012, 28-33.
- Mendes, A. I. S. (2012). Gestão e Conservação de Ecossistemas Fluviais e Zonas Húmidas - Restauro e Cooperação como Instrumentos de Gestão. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa.
- Middleton, B. (1999). *Wetland Restoration, Flood Pulsing, and Disturbance Dynamics*. John Wiley & Sons Inc., NY.
- Neller, R. J. (1988). A comparison of channel erosion in small urban and rural catchments, armidale, new south wales. *Earth Surface Processes and Landforms*, 13, 1-7.
- Palmer, M. A., Bernhardt, E., Chornesky, E., Collins, S., Dobson, A., Duke, C., Gold, B., Jacobson, R., Kingsland, S., Kranz, R., Mappin, M., Martinez, M. L., Micheli, F., Morse, J., Pace, M., Pascual, M., Palumbi, S., Reichman, O. J., Simons, A., Townsend, A., Turner, M. (2004). Ecology for a crowded planet. *Science*, 304, 1251–1252.
- Palmer, M. A., Bernhardt, E. S., Allan, J. D., Lake, P. S., Alexander, G., Brooks, S., Carr, J., Clayton, S., Dahm, C. N., Shah, J. F., Galat, D. L., Loss, S. G., Goodwin, P., Hart, D.

- D., Hassett, B., Jenkinson, R., Kondolf, G. M., Lave, R., Meyer, J. L., O'Donnell, T. K., Pagano, L., Sudduth, E. (2005). Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology*, 42, 208-217.
- Palmer, M. A., Allan, J. D., Meyer, J., Bernhardt, E. S. (2007). River Restoration in the Twenty-First Century: Data and Experiential Knowledge to Inform Future Efforts. *Restoration Ecology*, 15, 472-481.
- Pereira, A. H. (2001). Requalificação e limpeza de linhas de água. Instituto da Água, I.P.
- Pittock, J. (2012). River management in China. *Water 21*, magazine of the International Water Association, october 2012, 51-53.
- Pittock, J. (2013). Managing flood risk in a changing climate. *Water 21*, magazine of the International Water Association, august 2013, 47-49.
- ProjectoRios. (2013). Projecto Rios, <http://www.projectorios.org/>.
- RHS. (2003). River Habitat Survey. Manual de Campo RHS Environment Agency. <http://www.ceh.ac.uk/products/software/rapid.html>.
- Saraiva, M. G. A. N. (1999). O rio como paisagem - gestão de corredores fluviais no quadro do ordenamento do território. Fundação Calouste Gulbenkian, Fundação para a Ciência e Tecnologia, Ministério da Ciência e Tecnologia, Lisboa.
- Sessa, C. (2012). Mind the Gap: developing the science-citizens-policy interface for sustainable water ecosystems management. *Water 21*, magazine of the International Water Association, outubro de 2012, 56-57.
- Suding, K. N., Gross, K. L., Housman, D. R. (2004). Alternative states and positive feedbacks in restoration ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 19, 46-53.
- Tánago M. G., Jalón D. G. (1998). Restauración de ríos y riberas. Fundación Conde del Valle de Zalazar. Ediciones Mundi-Prensa.
- Teiga, P. M. (2003). Reabilitação de Ribeiras em Zonas Edificadas. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Teiga, P. M. (2009). Normas para limpeza de cursos de água. ARH Norte.
- Teiga, P. M. (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.
- URBEM. (2005). Urban River Basin Enhancement Methods. Work Packages 2-11, <http://www.urbem.net/project-outputs.html>.
- Wade, P. M., Large, A. R. G., Wall, L. C. (1998). Rehabilitation of Rivers: Principles and Implementation. 1-10. John Wiley & Sons Inc., NY.

- Walker, B., Carpenter, S., Anderies, J., Abel, N., Cumming, G. S., Janssen, M., Lebel, L., Norberg, J., Peterson, G. D., Pritchard, R. (2002). Resilience management in social-ecological systems: a working hypothesis for a participatory approach. *Conservation Ecology*, 6, 14.
- Walmsley, J. J. (2002). Framework for Measuring Sustainable Development in Catchment Systems. *Environmental Management*, 29, 195-206.
- Weber M., Santos, A., Ferreira, A. (2003). *Descobrir as Ribeiras*. Edições Afrontamento, Porto.
- Woolsey, S., Capelli, F., Gonser, T., Hoehn, E., Hostmann, M., Junker, B., Paetzold, A., Roulier, C., Schweizer, S., Tiegs, S. D., Tockner, K., Weber, C., Peter, A. (2007). A strategy to assess river restoration success. *Freshwater Biology*, 52, 752-769.
- Vinagre, T. (2008). *Avaliação de Vulnerabilidades e Riscos Fluviais para a Reabilitação de um Troço de um Rio ou Ribeira*, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Yuan Y., Hall K., Oldham C. (2001). A preliminary model for predicting heavy metal contaminant loading from an urban catchment. *Science of the Total Environment*, 266, 299-307.

7. ANEXOS

ANEXO A - FAUNA E FLORA ASSOCIADAS AO SISTEMA FLUVIAL (WEBER ET AL., 2003)

Flora		Fauna	
Árvores e arbustos		Peixes autóctones	
Tamargueiras	<i>Tamarix sp.</i>	Saramugo	<i>Anaocypris hispanica</i>
Borrazeira-branca	<i>Salix salvifolia</i>	Esgana-gata	<i>Gasterosteus aculeatus</i>
Vimieiro	<i>Salix viminalis</i>	Truta-marisca	<i>Salmo trutta</i>
Salgueiro-preto	<i>Salix atrocinerea</i>	Barbos	<i>Barbus spp.</i>
Salgueiro-branco	<i>Salix alba</i>	Escalo do Norte	<i>Squalius carolitertii</i>
Salgueiro-frágil	<i>Salix fragilis</i>	Enguia	<i>Anguilla anguilla</i>
Amieiro	<i>Alnus glutinosa</i>	Verdemã	<i>Cobitis paludica</i>
Ulmeiro	<i>Ulmus minor</i>	Ruivaco	<i>Chondrostoma spp.</i>
Freixo	<i>Fraxinus angustifolia</i>	Boga	<i>Chondrostoma spp.</i>
Sanguinho-de-água	<i>Frangula alnus</i>	Peixes Migratórios	
Herbáceas		Sável	<i>Alosa alosa</i>
Embude	<i>Oenanthe crocata</i>	Savelha	<i>Alosa fallax</i>
Hortelã-da-água	<i>Mentha aquatica</i>	Salmão	<i>Salmo salar</i>
Cenoura-brava	<i>Daucus carota</i>	Mamíferos	
Vinca	<i>Vinca difformis</i>	Lontra	<i>Lutra lutra</i>
Ranúnculos	<i>Ranunculus Sp</i>	Rato-de-água	<i>Arvicola sapidus</i>
Salgueirinha	<i>Lythrum salicaria</i>	Musaranho-de-água	<i>Neomys fodiens</i>
Erva-sapa	<i>Lythrum junceum</i>	Toupeira-d'água	<i>Galemys pyrenaica</i>
Junco	<i>Juncus effusus</i>	Ratazana-castanha	<i>Ratus norvegicus</i>
Doce-amarga	<i>Solanum dulcamara</i>	Morcego-de-água	<i>Myotis daubentonii</i>
Bons-dias	<i>Calystegia sepium</i>	Aves	
Emergentes		Garça real	<i>Ardea cinerea</i>
Ranúnculo-aquático	<i>Ranunculus peltatus</i>	Alvéola-cinzenta	<i>Motacilla cinerea</i>
Lírio-amarelo-dos-pântanos	<i>Iris pseudacorus</i>	Pato real	<i>Anas platyrhynchos</i>
Tábuas	<i>Typha latifolia e Typha domingensis</i>	Galinha d'água	<i>Gallinula chloropus</i>
Morugens-de-água	<i>Callitriche stagnalis</i>	Alvéola-branca	<i>Motacilla alba</i>
Bunho	<i>Schoenoplectus lacustris</i>	Guarda-rios	<i>Alcedo atthis</i>
Agrião	<i>Rorippa nasturtium-aquaticum</i>	Melro d'água	<i>Cinclus cinclus</i>
Orelha-de-mula	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	Corvo-marinho-de-faces-brancas	<i>Phalacrocorax carbo</i>
		Pato-trombeteiro	<i>Anas clypeata</i>
		Carriça	<i>Troglodytes troglodytes</i>
		Rouchinol-pequeno-dos-caniços	<i>Acrocephalus scirpaceus</i>
		Águia-pesqueira	<i>Pandion haliaetus</i>
		Cegonha-preta	<i>Ciconia nigra</i>
		Abibe	<i>Vanellus vanellus</i>
		Anfíbios	
		Rã-de-focinho-pontiagudo	<i>Discoglossus galganoi</i>
		Sapinho-de-verrugas-verdes	<i>Pelodytes punctatus/P. ibericus</i>
		Sapo-parteiro-comum	<i>Alytes obstetricans</i>
		Sapo-parteiro-ibérico	<i>Alytes cisternasii</i>

Flora	Fauna	
	Sapo-comum	<i>Bufo bufo</i>
	Sapo-de-unha-negra	<i>Pelobates cultripipes</i>
	Sapo-corredor	<i>Bufo calamita</i>
	Rã-ibérica	<i>Rana iberica</i>
	Rã-verde	<i>Rana perezi</i>
	Rela-comum	<i>Hyla arborea</i>
	Rela-meridional	<i>Hyla meridionalis</i>
	Tritão-marmorado	<i>Triturus marmoratus</i>
	Tritão-de-ventre-laranja	<i>Triturus boscai</i>
	Salamandra-lusitanica	<i>Chioglossa lusitanica</i>
	Salamandra-de-costelas-salientes	<i>Pleurodeles walti</i>
	Salamandra-de-pintas-amarelas	<i>Salamandra salamandra</i>
	Répteis	
	Cobra-de-água-de-colar	<i>Natrix natrix</i>
	Cágado	<i>Mauremys leprosa</i>
	Lagarto-de-água	<i>Lacerta schreiberi</i>
	Cágado-de-carapaça-estriada	<i>Emys orbicularis</i>
	Tartaruga-verde	<i>Trachemys scripta</i>

ANEXO B - PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS FLUVIAIS EM PROJETOS DE REABILITAÇÃO (FISRWG, 1998; URBEM, 2005; ELOSEGI & SABATER, 2009; COELHO, 2009; TEIGA, 2011)

Tipo de estudo	Componentes/elementos	Parâmetros
Caracterização da bacia hidrográfica		
Hidrogeomorfológico	Geometria	Área, perímetro, comprimento, largura média
	Topografia	Altitude média, inclinação média, perfil longitudinal, geologia
	Meteorologia	Temperatura, precipitação média, precipitação máxima, caudal afluente máximo
Zona de intervenção		
Hidrogeológico	Regime de escoamento	Localização na bacia, regime de caudais, velocidade, profundidade, secção, nível freático, desvios de caudal, picos de caudal turbinado (hidroelétricas)
	Morfologia do leito e margens	Altitude, declive, perfil longitudinal e transversal, altura do talvegue, permeabilidade, frequência de inundação, grau de alteração do substrato, estado de conservação do canal, grau de artificialização
	Substrato do leito e margens	Composição e granulometria
	Estabilidade e erosão	Incisão, marcas de erosão
	Sedimentos	Volume, classes granulométricas, pH, condutividade, velocidade de transporte, balanço, extração de inertes
	Estruturas hidráulicas	Estado de conservação e possibilidade de eliminação ou alteração
Ecológico	Fauna	Dinâmica, densidade e diversidade de espécies de interesse e habitat associado
	Flora	Dinâmica, estado de conservação, densidade, diversidade, altura, estrutura, conectividade, continuidade e coberto de vegetação ribeirinha de interesse, de acordo com as espécies-alvo faunísticas, espécies invasoras
	Microorganismos	Densidade, presença/ausência de doenças, fungos
	Habitat	Abundância de matéria orgânica, diversidade de <i>habitat</i> , diversidade de estratos e vegetação, características do substrato, diversidade de corrente e condições químicas do solo e água, zonas húmidas, estudo de espécies-alvo
Focos de poluição	Indústrias	Tipo, localização, inspeção
	Pontos de descarga	
	Resíduos depositados	
	Rede de águas pluviais	
	Poluição sonora e luminosa	Temperatura e presença de líquenes
	Poluição do ar	
	Qualidade físico-química e biológica da água	Turvação, cor, temperatura, pH, dureza total, cloretos, bactérias, condutividade, nitratos e nitritos, carbonatos, fósforo total e fosfatos, sílica, OD, CBO, CQO, sólidos suspensos, ensombramento
Estudos de capacidade de autodepuração e fluxos de matéria orgânica		
Solo	Ocupação e uso do solo do leito de cheia	Edificações, infra-estruturas, agricultura, indústria, vias de comunicação, alterações antrópicas, grau de modificação, modos de manejo do solo, conectividade lateral entre o leito de cheia e o curso de água, densidade da população e evolução
Participação pública	Plano de participação pública	Crítérios de elaboração, potencialidades e limitações, caracterização da população, valor estético, paisagístico e económico do corredor fluvial
Outros	Áreas protegidas, planos de ordenamento e gestão, referencial histórico, valor científico, social e biogeográfico, património cultural, interesse tradicional, usos específicos	

ANEXO C – METODOLOGIAS DE CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS FLUVIAIS (TEIGA, 2011)

Metodologia	Objetivos	Descrição
European Standard 230 (CEN 230)	Orientações para caracterização hidromorfológica do sistema fluvial e avaliação da qualidade do habitat	Define variáveis a incluir na caracterização
Système d'évaluation de la qualité du milieu physique (SEQ P)	Avaliação do grau de artificialização das linhas de água	Através de mapas e levantamentos de campo no troço selecionado e envolvente, é feita a classificação dos cursos de água de 1 (excelente) a 5 (pobre), tendo em conta a qualidade física das suas secções, o tipo de usos e o impacto nas suas funções
River habitat survey (RHS)	Avaliação do estado ecológico do sistema fluvial	Caracterização de variáveis hidromorfológicas e do corredor fluvial, ao longo de um troço de 500 metros de comprimento e 50 metros de largura em cada margem. A análise é feita de dois modos: de forma contínua, em todo o comprimento, e por análise de faixas de 50 metros. A caracterização é feita com recurso à maior base de dados do Reino Unido e ilha de Man, que abrange 85000 km de leito e inclui informação sobre a qualidade da água, habitat, características físico-químicas e geográficas
Qualitat del Bosc de Ribera (QBR)	Avaliação de habitats ripícolas mediterrânicos	Avaliação das componentes cobertura total da mata ripícola, estrutura da cobertura, qualidade da cobertura e alterações no canal através de sete critérios (hidrológicos, de estado de erosão, vegetação, processos do canal fluvial, qualidade da água, espécies ripícolas com habitats críticos e troço avaliado). Às variáveis são atribuídos valores de 0, 5, 10 ou 25. No final é feito o somatório dos valores que varia de 0 a 100
Riparian Quality Index (RQI)	Avaliação da estrutura e dinâmica fluvial	Análise de sete atributos de fácil reconhecimento visual: continuidade longitudinal da vegetação, largura do espaço ripícola ocupado por vegetação ripícola, composição e estrutura da vegetação ripícola, regeneração natural das principais espécies vegetais, condição das margens, conectividade transversal e conectividade vertical (através da permeabilidade, grau de alteração dos materiais e relevo dos solos ripícolas)
Environmental Risk Management (ERA)	Hierarquização dos riscos ambientais e identificação de medidas de minimização de risco	Identificação e avaliação dos perigos, descrição de cenários de exposição e caracterização e gestão dos riscos
Index of Habitat Integrity (IHI)	Avaliação do impacto de perturbações numa linha de água e na capacidade de esta ter habitat suficiente para organismos	Pontuação a uma escala pré-definida de critérios de avaliação, cujo somatório máximo é 100, o que corresponde à ausência de modificação antropogénica ou impacto no troço em estudo
Integrity Biotic Index (IBI)	Avaliação da qualidade de pequenos rios	Agragação de 12 critérios biológicos baseados na taxonomia, composição trófica, abundância e condições das comunidades piscícolas. Os atributos do sistema em estudo são comparados com os de sistemas de características idênticas, mas onde as influências antropogénicas são mínimas
Índice de Vegetação Ribeirinha (IVR)	Determinação do estado da vegetação ribeirinha no troço da linha de água selecionado	Critérios de remoção da vegetação, presença/ausência de cultivo, construção, inundação, erosão/sedimentação e espécies exóticas

ANEXO D - PARÂMETROS DE MONITORIZAÇÃO (DQA, 2000; TEIGA, 2011)

Elementos	Parâmetros
Qualidade da água	
Condições térmicas	Temperatura
Condições de oxigenação	Oxigênio Dissolvido, Carência Bioquímica de Oxigênio, Carência Química de Oxigênio
Salinidade	Condutividade
Acidificação	pH, alcalinidade, dureza
Nutrientes	Sólidos Suspensos Totais, nitratos, nitritos, azoto amoniacal, azoto total, fosfatos, fósforo
Hidrogeomorfológicos	
Regime hidrológico	Caudal e condições de escoamento, ligação a massas de água subterrâneas
Geomorfologia	Regime de sedimentos, erosão/estabilidade
Biológicos	
Composição e abundância e estrutura de flora aquática (macrófitas, perifiton e fitoplâncton), e da fauna piscícola, cobertura da galeria ripícola, conectividade longitudinal e transversal, presença de espécies invasoras	
Alterações antrópicas	
Presença de resíduos, descargas de efluentes, ocupação do leito de cheia, intervenções de regularização	
Participação pública	
Número de indivíduos ou grupos envolvidos, de ações realizadas e de notícias publicadas	

ANEXO E – EXEMPLOS DE MEDIDAS NÃO-ESTRUTURAIS DE REABILITAÇÃO DE CORREDORES FLUVIAIS

	Diploma	Caracterização
Legislação	Lei nº 58/2005, de 29 de dezembro	Lei da Água , transpondo para a ordem jurídica nacional a Diretiva Quadro da Água (Diretiva 2000/60/CE), estabelece objetivos e prazos para a qualidade das massas de água e define indicadores de estado da água, do ecossistema ribeirinho e da composição, abundância e estrutura etária das comunidades biológicas.
	Lei nº 54/2005, de 15 de novembro	Estabelece a titularidade dos recursos hídricos .
	Decreto-Lei nº 44/2012, de 29 de agosto	Estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos . Sexta alteração ao Decreto-Lei nº 226-A/2007, de 31 de maio
	Decreto-Lei nº 97/2008, de 11 de junho	Estabelece o regime económico e financeiro dos recursos hídricos .
	Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de agosto	Estabelece as normas de qualidade das águas em função dos seus usos. Revoga o Decreto-Lei nº 74/90, de 7 de março.
	Decreto-Lei nº 198/2008 de 8 de outubro	Tratamento de águas residuais urbanas . Transpõe para o direito interno a Diretiva nº 91/271/CEE do Conselho, de 21 de maio de 1991. Quinta alteração ao Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de junho
Instrumentos de gestão hídrica		Plano Nacional da Água Define orientações de âmbito nacional para a gestão integrada das águas, fundamentadas no diagnóstico da situação atual e na definição de objetivos a atingir
		Planos de Bacias Hidrográficas Constituem instrumentos de gestão, valorização e protecção dos recursos hídricos, superficiais e subterrâneos e pretendem contribuir nomeadamente para a gestão racional da procura, para a proteção e conservação dos corredores fluviais e para o ordenamento do domínio hídrico
		Planos de emergência contra fenómenos extremos e poluição accidental Têm como objetivo a proteção de pessoas, bens e do ambiente em caso de ocorrência inesperada de situações perigosas. Estabelecem a tipificação dos riscos, medidas de prevenção a adotar e orientações sobre o modo de atuação dos vários organismos, serviços e estruturas, em operações de proteção civil e reposição da normalidade nas áreas afetadas. Podem ser de âmbito nacional, regional, distrital ou municipal
Instrumentos de ordenamento do território		Planos Diretores Municipais Têm como finalidade estabelecer uma estrutura espacial para o território do município, tendo em conta os objetivos do desenvolvimento, a distribuição racional das atividades económicas e a proteção e valorização do património natural e edificado
		Reserva Ecológica Nacional Proteção de zonas de elevada sensibilidade ecológica, das quais se destacam as zonas costeiras e ribeirinhas, águas interiores, áreas de infiltração máxima e zonas declivosas
		Reserva Agrícola Nacional Proteção dos solos de elevada produtividade agrícola, garantindo a sua afetação à agricultura e pleno aproveitamento das suas potencialidades. Muitos dos solos integrados estão associados a vales ou leitos de cheia
		Regime das Zonas Adjacentes Procede à delimitação das áreas de risco de cheias. De grande importância na proteção contra cheias, associada a outros instrumentos de ordenamento do uso do solo. De grande aplicabilidade em situações de risco de erosão ou deslizamento de encostas e estabilização e integridade de margens.

Diploma	Caracterização
	Afetação do solo para aquisições e transferências
	Avaliação de Impacto Ambiental Deve acompanhar a elaboração de projetos de intervenção e incluir a caracterização da situação de referência, as incidências decorrentes da execução do plano ou projeto sobre o ambiente e as medidas mitigadoras dessas incidências, contribuindo para um melhor conhecimento do estado do ambiente, para a seleção de alternativas menos gravosas, para a minimização de efeitos indesejáveis ou para o estabelecimento de recomendações para eventuais reformulações ou rejeição de projetos.
Sistemas de apoio à decisão	Modelação ambiental Permite a pesquisa, de forma simplificada, das propriedades de sistemas complexos, detetam falhas e permitem testar cenários
	Sistemas de Informação Geográfica Facilitam a gestão da informação com dimensão espacial, utilizando bases geográficas.
	Fiscalização e monitorização
	Programas de educação ambiental e participação pública

ANEXO F – VANTAGENS E DESVANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DIRETAS E INDIRETAS DE PROTEÇÃO DE MARGENS (BRIGHETTI & MARTINS, 2001 IN LEMOS, 2008)

Técnicas de proteção direta	Técnicas de proteção indireta
Vantagens	Desvantagens
Não diminuem a secção hidráulica do curso de água	Diminuem a secção hidráulica do curso de água
Normalmente são mais eficientes e apresentam maior garantia da fixação definitiva das margens	Menos eficazes e de menor garantia
	Aumentam a rugosidade das margens
	Produzem perdas de carga adicionais
Desvantagens	Vantagens
Construção mais complexa e dispendiosa	Construção mais económica
Necessidade de manutenção cuidadosa para que a proteção não seja colocada em perigo	Menor necessidade de manutenção
	Caso ocorra uma rotura localizada na proteção, não é posta em risco para toda a estrutura
	Podem ser construídas por etapas
	A retenção de sedimentos proporciona alguma proteção das estruturas

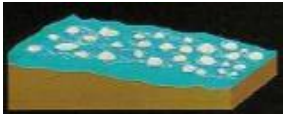
ANEXO G - VANTAGENS E DESVANTAGENS NA UTILIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO, RELATIVAMENTE A MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO INERTES (SARAIVA, 1999)

Vegetação como material de construção	Materiais de construção inertes
Vantagens	Desvantagens
Proporciona uma estabilização crescente, possuindo uma capacidade regenerativa intrínseca	Tendem a perder a sua eficácia devido à corrosão e degradação e não possuem capacidade de auto-regeneração
Preenche a sua função protetora de um modo elástico, absorvendo os elementos e ações agressivas, diminuindo ou anulando a sua intensidade	Funcionam, relativamente aos agentes agressivos, como corpos construtivos estáveis e não deformáveis, promovendo, por vezes, o aumento das ações agressivas a jusante
É biológica e ecologicamente ativa	Não preenchem qualquer função biológica
Conduz a uma valorização estética e paisagística por se integrar na paisagem	Constituem elementos estranhos na paisagem
Desvantagens	Vantagens
Não preenchem em todas as situações as exigências de consolidação e segurança requeridas	São mais estáveis
Exigem uma aplicação adaptada e dependente da localização. Não são passíveis de construção em qualquer altura do ano	São independentes da localização e de aplicação menos limitada temporalmente
Atingem a sua eficiência técnica plena apenas após um certo período de tempo	São imediatamente funcionais
Exigem disponibilidade de área	Exigem normalmente menos área para implantação

ANEXO H - CARACTERÍSTICAS ADAPTATIVAS DE ESPÉCIES ARBÓREAS (CABRAL & TELLES, 1999 IN AMORIM, 2004)

Espécie	Características	Localização
Amieiro (<i>Alnus glutinosa</i>)	Elevada capacidade de enraizamento Propagação rápida por estaca Boa adaptação dentro de água	Todo o país Vales estreitos de pequenos rios e ribeiros de montanha
Choupo-branco (<i>Populus alba</i>)	Rápido crescimento Entre os choupos é a espécie mais resistente à secura	Mais frequente no centro e sul do país Vales largos, em zonas excecionalmente inundadas, sob influência de lencóis freáticos
Choupo-negro (<i>Populus nigra</i>)	Propagação rápida por estaca Resistência à secura	Vales largos, em zonas normalmente inundadas, de alta fertilidade
Freixo (<i>Fraxinus angustifolia</i>)	Elevada capacidade de enraizamento Crescimento rápido	Todo o país Vales largos, em zonas excecionalmente inundadas, sob influência de lencóis freáticos Vales estreitos de pequenos rios e ribeiros de montanha
Salgueiro Branco (<i>Salix alba</i>)	Rápido crescimento Flexibilidade da ramagem Elevada capacidade de enraizamento Propagação rápida por estaca	Mais frequente no centro e sul do país Vales largos, em zonas normalmente inundadas, de alta fertilidade
Salgueiro-frágil (<i>Salix fragilis</i>)	Características semelhantes ao Salgueiro Branco mas menos exigente quanto à fertilidade do solo	Vales largos, em zonas normalmente inundadas, de alta fertilidade Vales largos, em zonas excecionalmente inundadas, sob influência de lencóis freáticos Vales estreitos de pequenos rios e ribeiros de montanha

ANEXO I – EXEMPLOS DE MICRO E MACRO HABITATS (JOWEET, 1993; KRIS, 2008)

Macrohabitats	Riffles 	Zonas de escoamento rápido, com superfície turbulenta. O escoamento de água fornece insetos para alimentação e a superfície fornece cobertura para predadores
	Glides 	Zonas de escoamento lento, com superfície plana
	Backwater pool 	Formam-se ao longo da margem, causadas pela recirculação em torno da base de uma árvore. De baixa velocidade e granulometria de substrato
	Plunge pool 	Formam-se abaixo de locais onde existe a obstrução completa do canal ou onde a inclinação é acentuada. Geralmente amplas e profundas e de substrato variável.
Microhabitats	Folhas e paus distribuídos pela margem, vegetação aquática e semi-aquática, gravilha e areias depositadas	

ANEXO J – RELEVÂNCIA DA ANÁLISE DE CADA INDICADOR DE AVALIAÇÃO DA FASE DE CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO, DE ACORDO COM OS OBJETIVOS DOS PROJETOS (COELHO, 2009)

Indicadores		Objetivos do projeto				
		MQA	MCH	RELM	RH	MEP
Hidrogeomorfológica	Caracterização da bacia hidrográfica					
	Características geométricas					
	Área	X	X	X	X	X
	Comprimento		X	X		
	Largura média		X			
	Índice de simetria		X			
	Coefficiente de capacidade		X			
	Forma da bacia		X			
	Características topográficas					
	Tempo de concentração		X	X		
	Geologia	X	X	X	X	X
	Características meteorológicas					
	Temperatura				X	
	Precipitação média				X	
	Precipitação máxima		X	X	X	
	Caudal afluente máximo		X	X		
	Nº de geadas				X	
Dominio hídrico	Qualidade da água	X			X	X
	Usos e ocupações do solo		X		X	X
	Usos e necessidades de água	X	X	X	X	X
	Caracterização da fauna			X	X	
	Caracterização da flora	X		X	X	
Caracterização da zona de intervenção						
	Fotografias de referência	X	X	X	X	X
	Área		X			X
	Comprimento da linha de água		X	X	X	X
	Perfil longitudinal		X	X		X
	Altitude média				X	
	Forma do vale		X			X
Perfil transversal						
	Profundidade		X	X	X	
	Largura		X	X		
	Área		X	X		
	Declive		X	X	X	
Caracterização das margens						
	Tipos de utilização	X	X		X	X
	Construções/conetividade transversal		X			X

Indicadores		Objetivos do projeto				
		MQA	MCH	RELM	RH	MEP
Património cultural						X
Erosão/estabilidade						
Substrato do leito		X	X	X	X	
Substrato das margens			X	X	X	X
Capacidade de transporte				X		
Turvação do curso de água		X		X		
Perfil das margens			X	X		X
Análise de estabilidade/deslizamentos			X	X	X	X
Cheias						
Áreas de inundação			X		X	X
Riscos e vulnerabilidades		X	X	X	X	X
Registo histórico de eventos			X			X
Estado da massa de água	Biológico					
	Macroinvertebrados bentónicos	X			X	
	Fauna piscícola				X	X
	Vegetação aquática e ribeirinha	X		X	X	X
	Hidromorfológico					
	Caudais	X	X	X	X	X
	Condições de escoamento/conetividade longitudinal	X	X	X		
	Ligação a massas de água subterrâneas/conetividade vertical	X		X		X
	Qualidade da água	X			X	X

Em que,

MQA – melhoria da qualidade da água

MCH - melhoria das condições hidráulicas

RELM – renaturalização e estabilização do leito e margens

RH – recuperação de habitat

MEP – melhoria do espaço público

ANEXO K – ELEMENTOS FÍSICO-QUÍMICOS DE AVALIAÇÃO LEGAL DA QUALIDADE DA ÁGUA (DECRETO-LEI Nº 236/1998)

Elemento	Método analítico de referência
Arsénio	Espectometria de absorção molecular
Azoto amoniacal	Espectometria de absorção molecular
Azoto Kjeldahl	Destilação segundo o método Kjeldahl
Cádmio	Espectometria atômica
Chumbo	Espectometria atômica
Cianetos	Espectometria de absorção molecular
Cobre	Espectometria atômica
Coliformes fecais	Método das membranas filtrantes
Coliformes totais	Método das membranas filtrantes
Condutividade	Eletrometria PAFQ02
Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO ₅)	Diferença de oxigénio dissolvido em 5 dias
Crómio	Espectometria de absorção molecular
Estreptococos fecais	Método das membranas filtrantes
Fenóis	Espectometria de absorção molecular
Ferro	Espectometria de absorção molecular
Fosfatos	Espectometria de absorção molecular
Fósforo	Espectometria de absorção molecular
Manganês	Espectometria de absorção molecular
Mercurio	Espectometria atômica sem chama
Nitratos	Espectometria de absorção molecular
Oxidabilidade	Volumetria de Oxidação-Redução PAFQ08
Oxigénio dissolvido	Método eletroquímico
pH	Eletrometria PAFQ01
Selénio	Espectometria atômica
Sólidos suspensos totais	Método das membranas filtrantes
Substâncias tensoativas	Espectometria de absorção molecular
Zinco	Espectometria atômica

ANEXO L – FICHA DE APOIO À CARACTERIZAÇÃO DO SEGMENTO DE INTERVENÇÃO (TEIGA, 2003)

Troço:

Débito:

- ☐ Temporário
☐ Permanente

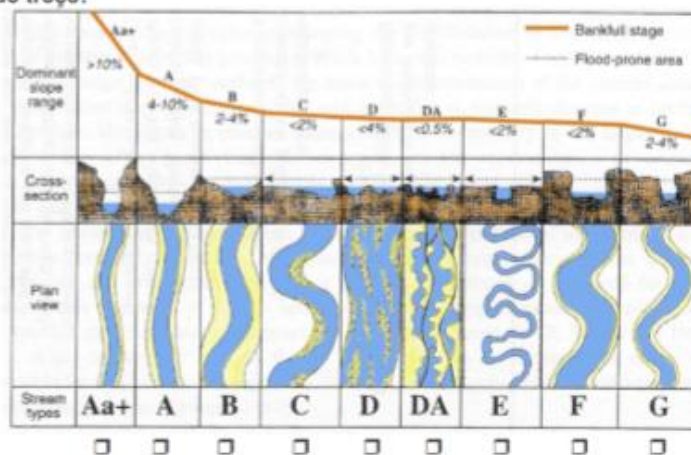
Tipo:

- ☐ Montanha (alto rhithron)
☐ Intermédio (baixo rhithron)
☐ Planície (patamon)

Uniformidade do canal:

- ☐ Canal curvilíneo e sequência lótica / lântica muito marcada
☐ Canal rectilíneo com **reduzida sequência** Lótica/lântica
☐ Velocidade praticamente constante ao longo do troço
☐ Zona lântica e ou artificializada

Morfologia do troço:



Forma dominante do vale:



ANEXO M – FICHA DE APOIO PARA CARACTERIZAÇÃO HIDROMORFOLÓGICA (RHS, 2003; PROJECTORIOS, 2013)

1. Condições de escoamento

Fácies Lótico	☐	Locais de corrente forte ou rápida	☐
Fácies Léntico	☐	Locais de corrente lenta ou parada	☐
		Charcos	☐
Riffle	☐	Ilhas/Ilhotas	☐
Run	☐	Quedas de água (cascatas)	☐
Pool	☐	Afluentes	☐
Outro	☐	Captação de água (canalizadas)	☐
		Canais de irrigação	☐
		Açudes/represas	☐
		Barragens	☐
		Explorações hidráulicas	☐
		Colectores	☐
		Outroas	☐

2. Estrutura e substrato das margens

SUBSTRATO (%)

	Blocos	Calhaus R.	Seixos	Gravilhas	Areias	Limos	Argila	Vasa	Solo	Artificial
Canal	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Observações: blocos > 50cm;

USO DO SOLO MARGINAL ATÉ 5 METROS DA MARGEM (A - ausente; P - presente; E > 33%)

	Floresta e Tipo	M. Rast	M. Alto	Pastag.	Z. Húm	Agricol	Z. Urb.	Outro
M.E..								
M.D.								

* Floresta – *Alnus glutinosa*, *Salix atrocinerea*, *Quercus robur*, *Pinus pinaster*, *Eucalyptus globulus* e *Acacia melanoxylon*.

USO DO SOLO MARGINAL NO VALE (A - ausente; P - presente; E > 33%)

	Floresta e Tipo	M. Rast	M. Alto	Pastag.	Z. Húm	Agricol	Z. Urb.	Outro
M.E..								
M.D.								

* Floresta – *Eucalyptus globulus*, *Acacia melanoxylon*, *Pinus pinaster*, *Quercus robur*.

ALTERAÇÕES DE PORMENOR NAS MARGENS (A - ausente; P - presente; E > 33%)

	Não	Reduz.	Estrut.	Past.	Pisot.	Ext. Inert	Lixo	Cortes	Regul.
M.E.									
M.D.									

PERFIL DAS MARGENS (A - ausente; P - presente; E > 33%)

	Vertical/Escavado	Vertical+Pé	Decl.>45%	Suave	Composto	Outro
M.E.						
M.D.						

CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS À VEGETAÇÃO ARBÓREA (A - ausente; P - presente; E > 33%)

	Ensombramento	Veg. s/água	Raízes expostas	Raízes submersas	Árv. caídas	Bloq. Veg.
M.E.						
M.D.						

TIPO DE VEGETAÇÃO HERBÁCEA DO CANAL (A - ausente; P - presente; E > 33%)

	M/L	EM/NG	EM/G	FLT/R	FLT/L	Sub/FL	Sub/FIL	Algás
Canal								

Legenda: M/L – helófitos; musgos e líquenes; EM/NG – emergentes não graminóides; EM/G – emergentes graminóides; FLT/R

ANEXO N - RELEVÂNCIA DA ANÁLISE DE CADA INDICADOR DE AVALIAÇÃO DO PLANEAMENTO DA FASE DE MONITORIZAÇÃO, DE ACORDO COM OS OBJETIVOS DOS PROJETOS (ADAPTADO DE COELHO, 2009)

Indicadores		Objetivos do projeto				
		MQA	MCH	RELM	RH	MEP
	Frequência	X	X	X	X	X
Parâmetros monitorizados						
	Qualidade da água	X			X	X
Hidromorfológico	Caudais	X	X	X	X	X
	Condições de escoamento/conetividade longitudinal	X	X	X		
	Ligação a massas de água subterrâneas/conetividade vertical	X		X		X
	Capacidade de transporte			X		
Erosão/estabilidade	Turvação do curso de água	X		X		
	Análise de estabilidade/deslizamentos		X	X	X	X
Biológico	Composição, abundância e estrutura da vegetação aquática e ribeirinha	X		X	X	X
	Presença de espécies exóticas de carácter invasor	X		X	X	X
	Composição, abundância e estrutura da fauna	X			X	X
Alterações antrópicas	Presença de resíduos	X	X	X	X	X
	Ocupação do leito de cheia/conetividade transversal		X			X
Participação pública	Pessoas envolvidas	X	X	X	X	X
	Ações realizadas	X	X	X	X	X
	Notícias publicadas	X	X	X	X	X

Em que,

MQA – melhoria da qualidade da água

MCH - melhoria das condições hidráulicas

RELM – renaturalização e estabilização do leito e margens

RH – recuperação de habitat

MEP – melhoria do espaço público

ANEXO O – JUSTIFICAÇÃO DAS CLASSIFICAÇÕES ATRIBUÍDAS AOS INDICADORES DE AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE PLANEAMENTO DO PROJETO DE INTERVENÇÃO NO TROÇO DO VISO DA RIBEIRA DA GRANJA

- Justificação das classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da fase de caracterização e diagnóstico

Indicadores		Justificação	Objetivos do projeto			
			MCH	RELM	RH	MEP
Hidrogeomorfológica	Caracterização da bacia hidrográfica					
	Características geométricas					
	Área	Referido	3	3	3	3
	Comprimento da linha de água	Referido	3	3		
	Largura média	Não referido	0			
	Índice de simetria	Não referido	0			
	Coefficiente de compacidade	Referido	3			
	Forma da bacia	Representação da bacia limitada ao concelho do Porto. Valor do coeficiente de compacidade e relação com a forma da bacia	2			
	Características topográficas					
	Tempo de concentração	Não referido	0	0		
	Geologia	Representação através da Carta Hidrogeológica e da Carta de Condicionantes incluídas na Carta Geotécnica do Porto	3	3	3	3
	Características meteorológicas					
	Temperatura	Não referido			0	
	Precipitação média	Não referido			0	
	Precipitação máxima	Não referido	0	0	0	
	Caudal afluente máximo	Referência a estudo dos caudais médios mensais, referente aos anos de 2006 e 2007. Apresentação dos valores máximos dos caudais médios mensais obtidos para estes anos. Não são apresentados valores para outros períodos de retorno	1	1		
	Nº de geadas	Não referido			0	
Domínio hídrico	Qualidade da água	Valores de Coliformes Fecais, Carência Química de Oxigénio, Carga Orgânica e carga bacteriana, medidos em três estações de amostragem, considerando o período de amostragem de julho de 2007 a dezembro de 2008. Descrição da turvação e de odores. Descrição da relação entre o levantamento de macroinvertebrados aquáticos e a qualidade da água			2	2
	Usos e ocupações do solo	Percentagem de ocupação por tecido urbano contínuo e descontínuo, indústria, comércio e equipamentos, espaços verdes urbanos, agricultura e espaços naturais. Não é incluída a representação presente na Carta de Ocupações do Solo do Plano Diretor Municipal do Porto	2		2	2
	Usos e necessidades de água	Referência a uso para rega	1	1	1	1
	Caracterização da fauna	Referência a estudo com recolha intensiva de dados em diversa bibliografia e visitas de campo para reconhecimento de avifauna. Quantificação e identificação de espécies de avifauna. Descrição do potencial de reaparecimento de espécies de anfíbios e répteis com base na bibliografia. Identificação de macroinvertebrados aquáticos em dois pontos de amostragem. Estudos de campo de carácter provisório, uma vez que foram realizados durante o Inverno		1	1	
	Caracterização da flora	Análise do coberto vegetal arbóreo e arbustivo e da vegetação aquática em dois pontos de amostragem		2	2	
Caracterização da zona de intervenção						

Indicadores		Justificação	Objetivos do projeto			
			MCH	RELM	RH	MEP
Fotografias de referência	Fotografias de uma secção da linha de água e de uma secção de uma margem, onde é visível o estado da vegetação	2	2	2	2	
Área	Referido	3			3	
Comprimento da linha de água	Referido	3	3	3	3	
Perfil longitudinal	Representação para a bacia	1	1		1	
Altitude média	Não referido			0		
Forma do vale	Não referido	0			0	
Perfil transversal						
Profundidade	Não referido	0	0	0		
Largura	Não referido	0	0			
Área	Não referido	0	0			
Declive	Cálculo da inclinação média para a bacia	1	1	1		
Caracterização das margens						
Tipos de utilização	É referido que a área de intervenção foi deixada ao abandono pela população	2		2	2	
Construções/conetividade transversal	Referência a urbanizações que restringem o espaço do leito e das margens. Na planta de localização encontra-se representada a malha urbana	3			3	
Património cultural	Não referido				0	
Erosão/estabilidade						
Substrato do leito	Representação, através da Carta Hidrogeológica e da Carta de Condicionantes incluídas na Carta Geotécnica do Porto, do substrato para a bacia	1	1	1		
Substrato das margens	Representação, através da Carta Hidrogeológica e da Carta de Condicionantes incluídas na Carta Geotécnica do Porto, do substrato para a bacia	1	1	1	1	
Capacidade de transporte	Não referido		0			
Turvação do curso de água	Não referido		0			
Perfil das margens	Não referido	0	0		0	
Análise de estabilidade/deslizamentos	É referido que a ribeira neste troço apresentava, na maioria da sua extensão, graves problemas de erosão. É referido que, através de visitas de campo, foi definida a extensão de margem que necessitaria da aplicação de técnicas de estabilização	1	1	1	1	
Cheias						
Área de inundação	Representação desta área na Carta de Qualificação do Solo do PDM do Porto	1		1	1	
Riscos e vulnerabilidades	Cálculo do coeficiente de compacidade e relação com a forma da bacia e com a probabilidade de ocorrência de cheias. Análise do Mapa de Zonas de Inundação e de Risco da cidade do Porto, apresentado pela Direção Municipal de Ambiente e Serviços Urbanos em 2007	1	1	1	1	
Registo histórico de eventos		0			0	
Estado da massa de água	Biológico					
	Macroinvertebrados bentónicos	Não referido			0	0
	Fauna piscícola	Não referido			0	0
	Vegetação aquática e ribeirinha	É referido que foram realizados estudos de campo por especialistas para levantamento das espécies vegetais existentes. São quantificadas as espécies identificadas. Estudo de carácter provisório, uma vez que foi realizado durante o Inverno		1	1	1
	Hidromorfológico					
	Caudais	Valor de caudal previsto para uma situação de cheia centenária	1	1	1	1

Indicadores	Justificação	Objetivos do projeto			
		MCH	RELM	RH	MEP
Condições de escoamento/conetividade longitudinal	Referência ao traçado retilíneo da linha de água. No mapa de trabalhos e quantidades é referida a existência de uma ponte de betão	2	2		2
Ligação a massas de água subterrâneas/conetividade vertical	Não referido		0		0
Qualidade da água	Não referido			0	0
Classificação por objetivo (fração)		41/96	29/81	29/81	33/78
Classificação por objetivo		43%	36%	36%	42%
q		0,1	0,3	0,3	0,3
C_{CD}		39%			

2. Justificação das classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da fase de identificação de soluções

Indicadores	Justificação	Classificação
Análise custo/benefício	Troço do Outeiro como espaço piloto de experimentação das diferentes técnicas e conceitos pensados ao nível de todo o município quanto à reabilitação de linhas de água. É referido que foi efetuado um estudo sobre as diversas técnicas de estabilização de margens existentes e destas selecionadas as que melhor se adequavam às diversas zonas do troço. É feita a descrição dos benefícios das soluções selecionadas, mas não é realizada a comparação com outras opções	1
Peças desenhadas	Planta de localização, planta cadastral, plano geral, planta de elementos a demolir, plano de modelação do terreno, planta de pormenorização de ponte pedonal, perfil transversal, planta de pavimentos, planta de localização de equipamentos, mobiliário urbano e iluminação, pormenores construtivos, planos de plantação, plano de implantação e telas finais.	3
Estimativa de potenciais impactos das intervenções previstas no sistema	É referido que os trabalhos de modelação do terreno podem ter impactos sobre a fauna e a flora. No mapa de trabalhos e quantidades que acompanha o projeto de execução é referida a produção de resíduos no decorrer dos trabalhos.	2
Definição de medidas de mitigação de potenciais impactos das intervenções previstas	É referido que em termos de modelação do terreno se optou por uma intervenção minimalista de forma a reduzir o máximo possível os impactos sobre a fauna e a flora (recorreu-se a esta técnica apenas quando se verificou ser imprescindível por motivos hidráulicos, de acessibilidade ou quando a modelação existente se demonstrou demasiado artificializada e se pretende regressar a um carácter mais naturalizado). No mapa de trabalhos e quantidades que acompanha o projeto de execução é referido que os resíduos produzidos no decorrer dos trabalhos serão encaminhados para entidade operadora licenciada. É referido que foi formulado um Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição mas este não é apresentado.	3
C_{IS} (fração)		9/12
C_{IS}		75%

3. Justificação das classificações atribuídas aos indicadores de avaliação do planeamento da fase de implementação

Indicadores	Justificação	Classificação
Plano de formação	A instalação da ponte é referida como um tipo de trabalho que exige um elevado grau de rigor e especialização. É referido que o empreiteiro deverá fornecer garantias prévias de experiência e capacidade tecnológica comprovada, que assegurem a sua capacidade para a execução da obra.	1
Acompanhamento da obra	Referido	3
C_I (fração)		4/6
C_I		67%

4. Justificação das classificações atribuídas aos indicadores de avaliação do planeamento da fase de monitorização

Indicadores		Justificação	Objetivos do projeto			
			MCH	RELM	RH	MEP
Frequência		Referido	3	3	3	3
Qualidade da água		Referido			3	3
Hidromorfológico	Caudais	Não referido	0	0	0	0
	Condições de escoamento/conetividade longitudinal	Não referido	0	0		
	Ligação a massas de água subterrâneas/conetividade vertical	Não referido		0		0
	Capacidade de transporte	Não referido		0		
	Turvação do curso de água	Não referido		0		
Erosão/estabilidade	Análise de estabilidade/deslizamentos	Não referido	0	0	0	0
	Composição, abundância e estrutura da vegetação aquática e ribeirinha	Não referido		0	0	0
Biológico	Presença de espécies exóticas de caráter invasor	Não referido		0	0	0
	Composição, abundância e estrutura da fauna	Não referido			0	0
Alterações antrópicas	Presença de resíduos	Não referido	0	0	0	0
	Ocupação do leito de cheia/conetividade transversal	Não referido	0			0
Sensibilização e participação pública	Pessoas envolvidas	Referido	3	3	3	3
	Ações realizadas	Não referido	0	0	0	0
	Notícias publicadas	Não referido	0	0	0	0
Classificação por objetivo (fração)			6/27	6/39	9/33	9/39
Classificação por objetivo			22%	15%	27%	23%
q			0,1	0,3	0,3	0,3
C_{Mo}			22%			

5. Justificação das classificações atribuídas aos indicadores de avaliação do planeamento da fase de manutenção

Indicadores	Justificação	Classificação
Previsão de medidas de manutenção periódica	É referido que apenas se efetuarão podas em árvores e arbustos e/ou remoção de plantas herbáceas junto a caminhos, caso se verifique que impedem a boa circulação nos mesmos, nunca de modo drástico ou que descaracterize o local.	2
Frequência	É referido que se prevê uma manutenção pouco exigente, pois toda a estrutura verde, com exceção dos prados cortados, se propõe em crescimento livre, para se aproximar, tanto quanto possível, às formas naturais das espécies.	1
Acompanhamento por técnicos com formação adequada	É referido que a solução de disposição da vegetação em prados cortados facilita o esforço de manutenção, na medida em que o prado cortado é a tipologia que as entidades de manutenção estão mais vocacionadas para gerir.	2
C_{Ma} (fração)		5/9
C_{Ma}		56%

6. Justificação das classificações atribuídas aos indicadores de avaliação do planeamento da fase de sensibilização e participação pública

	Indicadores	Justificação	Classificação
Identificação	Identificação da população possivelmente afetada ou interessada	Quantificação do efetivo populacional abrangido pela bacia e da sua distribuição pelas freguesias abrangidas.	2
Informação	Divulgação dos objetivos gerais do projeto e das suas várias fases de desenvolvimento	Encontra-se planeada a realização de ações para apresentar o projeto e os seus objetivos às diferentes partes interessadas.	3
	Divulgação das consequências sociais, económicas e ambientais de decisões e projetos alternativos	Não referido.	0
Consulta	Caracterização e diagnóstico com base em participação pública	Encontra-se planeada a realização de um <i>workshop</i> durante os primeiros seis meses do período de implementação do projeto para recolher ideias e preocupações da população.	3
	Soluções com base em participação pública	Não referido.	0
	Feedback das ações discutidas e finais	Encontra-se planeada a realização de um <i>workshop</i> para apresentação de conclusões sobre a intervenção e reflexão sobre ações futuras.	3
Sensibilização	Estruturas de interpretação criadas/recuperadas	É referido que o declive das margens foi suavizado de modo a permitir maior proximidade das pessoas à linha de água através de percursos secundários criados. Criação de um percurso pedonal e de zonas de estadia.	3
	Ações de participação ativa desenvolvidas junto às linhas de água	Implementação do Projeto Rios. Campanhas de comemoração de dias ligados à água. Visitas temáticas às áreas intervencionadas.	3
C_{SPP} (fração)			17/24
C_{SPP}			71%

ANEXO P - RESULTADOS DAS ANÁLISES REALIZADAS PARA AVALIAÇÃO DA EVOLUÇÃO DO SISTEMA INTERVENCIÓNADO NO TROÇO DO VISO DA RIBEIRA DA GRANJA

1. Resultados da análise DPSIR realizada para a situação pré-intervenção do sistema

Forças motrizes	Pressões	Estado	Impacto
O tecido urbano contínuo e descontínuo ocupa quase a totalidade da área da bacia hidrográfica desta ribeira, existindo ainda ocupação por indústria, comércio, equipamentos e agricultura	Habitações e arruamentos que restringem o espaço do leito e das margens	Redução da extensão da galeria ripícola, infestação por espécies de vegetação exóticas de carácter invasor e degradação das autóctones	Degradação e redução de <i>habitats</i> naturais
			Perda de biodiversidade
		Margens sujeitas a erosão	Confinamento das linhas de água a espaços exíguos
	Regularização do curso de água, nomeadamente linearização do traçado do seu leito	Reduzida diversidade de condições de escoamento	Aumento do risco de insegurança no uso pela população
Perda de valores de uso e de não-uso pela população			
Resposta			
✓ Limpeza e desobstrução do leito e margens ✓ Reperfilamento do leito, nomeadamente para meandrização ✓ Modelação de secções transversais para alargamento do leito e redução do declive das margens ✓ Estabilização e renaturalização das margens por enrocamento vivo, empacotamento vivo, faxinas vivas e paliçadas com vegetação ✓ Plantação de vegetação autóctone e cultivar, na forma de prado cortado e de prado em crescimento livre ✓ Instalação de açudes no leito ✓ Criação de percursos pedonais e cicláveis que acompanham o traçado da ribeira e que ligam todos os pontos do terreno, permitindo acesso a todas as áreas do espaço e o atravessamento da ribeira através de uma ponte ✓ Instalação de mobiliário urbano ✓ Instalação do parque de <i>skates</i> ✓ Implementação do Projeto Rios			

2. Resultados da análise realizada para a situação pós-intervenção do sistema

Estado pós-resposta
Existência de uma área que está a funcionar como bacia de retenção, apesar de não ter sido criada com essa finalidade. A vegetação adicionada às margens é inundada em épocas de maior precipitação, o que contribui para a diminuição da velocidade de escoamento do caudal da ribeira e consequente minimização de eventos de cheias.
Existência de uma zona onde a erosão da margem esquerda se encontra mais acentuada, com arrastamento de parte da terra vegetal e da vegetação adicionadas.
O desenvolvimento da vegetação, em especial na zona da margem mais próxima do curso de água, torna já difícil a identificação das técnicas de estabilização de margens aplicadas.
Na zona intervencionada mais a jusante, as faxinas aplicadas para estabilização da margem esquerda foram arrastadas pelo caudal da ribeira e a margem ficou sujeita a erosão, com arrastamento de parte considerável do solo que a constitui.
Perigo de queda de uma árvore de grande porte no leito da ribeira, na medida em que grande parte das suas raízes se encontram visíveis na sequência de fenómenos de erosão da margem esquerda da ribeira.
É visível a diversificação de velocidades de escoamento na linha de água, proporcionada pelas secções transversais não uniformes, pelos meandros criados e pelas técnicas de estabilização de margens, permeáveis e com incorporação de vegetação.
A margem esquerda, do domínio privado, apresentava elevadas quantidades de vegetação exótica de carácter invasor e em mau estado de conservação.
O mobiliário urbano adicionado, nomeadamente bancos e postes de iluminação, foi alvo de vandalismo.
Impacto pós-resposta
Aumento da quantidade e diversidade de <i>habitats</i> naturais.
Reaparecimento de exemplares de pato-real, peneireiro, salamandra lusitânica, garça boieira, chapim real e felosa comum.
Aumento significativo da disponibilidade de tipos de uso pela população.
Aumento dos valores de não-uso pela população.
Redução do risco de insegurança no uso para a população.
Aumento do número e frequência de visitantes.

ANEXO Q – JUSTIFICAÇÃO DAS CLASSIFICAÇÕES ATRIBUÍDAS AOS INDICADORES DE AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE PLANEAMENTO DO PROJETO DE INTERVENÇÃO NO TROÇO DA QUINTA DO RIO DA RIBEIRA DA GRANJA

- Justificação das classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da fase de caracterização e diagnóstico

Indicadores		Justificação	Objetivos do projeto			
			MCH	RELM	RH	MEP
Hidrogeomorfológica	Caracterização da bacia hidrográfica					
	Características geométricas					
	Área	Referido	3	3	3	3
	Comprimento da linha de água	Referido	3	3		
	Largura média	Não referido	0			
	Índice de simetria	Não referido	0			
	Coeficiente de compacidade	Referido	3			
	Forma da bacia	Representação da bacia limitada ao concelho do Porto. Valor do coeficiente de compacidade e relação com a forma da bacia	2			
	Características topográficas					
	Tempo de concentração	É referido que diminuiu devido à progressiva impermeabilização da bacia hidrográfica e à eliminação de depressões e irregularidades do solo a montante	1	1		
	Geologia	Representação através da Carta Hidrogeológica e da Carta de Condicionantes incluídas na Carta Geotécnica do Porto	3	3	3	3
	Características meteorológicas					
	Temperatura	Não referido			0	
	Precipitação média	Não referido			0	
	Precipitação máxima	Não referido	0	0	0	
	Caudal afluente máximo	Referência a estudo dos caudais médios mensais, referente aos anos de 2006 e 2007. Apresentação dos valores máximos dos caudais médios mensais obtidos para estes anos. Não são apresentados valores para outros períodos de retorno	1	1		
	Nº de geadas	Não referido			0	
Domínio hídrico	Qualidade da água	É referido que se encontra muito dependente dos efluentes que recebe e dos caudais que drena e que nos períodos de maior pluviosidade melhora sob o ponto de vista organolético, piorando com a ocorrência de cheias e nos períodos mais secos, já que parte significativa dos caudais drenados está poluída. Valores de Coliformes Fecais, Carência Química de Oxigénio, Carga Orgânica e carga bacteriana, medidos em três estações de amostragem, considerando o período de amostragem de julho de 2007 a dezembro de 2008. Descrição da turvação e de odores. Descrição da relação entre o levantamento de macroinvertebrados aquáticos e a qualidade da água			2	2
	Usos e ocupações do solo	Percentagem de ocupação por tecido urbano contínuo e descontínuo, indústria, comércio e equipamentos, espaços verdes urbanos, agricultura e espaços naturais. Não é incluída a representação presente na Carta de Ocupações do Solo do Plano Diretor Municipal do Porto	2		2	2
	Usos e necessidades de água	Referência a uso para rega	1	1	1	1
	Caracterização da fauna	Referência a estudo com recolha intensiva de dados em diversa bibliografia e visitas de campo para reconhecimento de avifauna. Quantificação e identificação de espécies de avifauna. Descrição do potencial de reaparecimento de espécies de anfíbios e répteis com base na bibliografia. Identificação de macroinvertebrados aquáticos em dois pontos de amostragem. Estudos de campo de carácter provisório, uma		1	1	

	Indicadores	Justificação	Objetivos do projeto			
			MCH	RELM	RH	MEP
		vez que foram realizados durante o Inverno				
	Caracterização da flora	Análise do coberto vegetal arbóreo e arbustivo e da vegetação aquática em dois pontos de amostragem		2	2	
Caracterização da zona de intervenção						
	Fotografias de referência	Fotografias de diversas secções da área de intervenção	3	3	3	3
	Área	No mapa de trabalhos e quantidades que acompanha o projeto de execução é quantificada a área verde e a área do curso de água sujeita a desentubamento	2			2
	Comprimento da linha de água	Não referido	0	0	0	0
	Perfil longitudinal	Representação para a bacia	1	1		1
	Altitude média	Não referido			0	
	Forma do vale	Não referido	0			0
Perfil transversal						
	Profundidade	Não referido	0	0	0	
	Largura	Não referido	0	0		
	Área	Não referido	0	0		
	Declive	Cálculo da inclinação média para a bacia	1	1	1	
Caracterização das margens						
	Tipos de utilização	Não referido	0		0	0
	Construções/conetividade transversal	Referência ao entubamento, à escola do Viso e às habitações das ruas limitantes. Na planta de localização encontra-se representada a malha urbana	3			3
	Património cultural	Não referido				0
Erosão/estabilidade						
	Substrato do leito	Representação, através da Carta Hidrogeológica e da Carta de Condicionantes incluídas na Carta Geotécnica do Porto, do substrato para a bacia	1	1	1	
	Substrato das margens	Representação, através da Carta Hidrogeológica e da Carta de Condicionantes incluídas na Carta Geotécnica do Porto, do substrato para a bacia	1	1	1	1
	Capacidade de transporte	É referido que aumentou devido à progressiva impermeabilização da bacia hidrográfica e à eliminação de depressões e irregularidades do solo a montante		1		
	Turvação do curso de água	Não referido		0		
	Perfil das margens	Não referido	0	0		0
	Análise de estabilidade/deslizamentos	Não referido	0	0	0	0
Cheias						
	Área de inundação	Representação da área de inundação, segundo o PDM do Porto. Valores de áreas de inundação e alturas de água para diversas secções e tempos de retorno, segundo um estudo realizado pelo Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos.	3		3	3
	Riscos e vulnerabilidades	Cálculo do coeficiente de compacidade e relação com a forma da bacia e com a probabilidade de ocorrência de cheias. Análise do Mapa de Zonas de Inundação e de Risco da cidade do Porto, apresentado pela Direção Municipal de Ambiente e Serviços Urbanos em 2007	1	1	1	1
	Registo histórico de eventos	Descrição de depoimentos recolhidos à população para determinação da cota correspondente à maior cheia conhecida	3			3
O ua mass a de	Biológico					
	Macroinvertebrados bentónicos	Não referido			0	0

Indicadores	Justificação	Objetivos do projeto			
		MCH	RELM	RH	MEP
Fauna piscícola	Não referido			0	0
Vegetação aquática e ribeirinha	Não referido		0	0	0
Hidromorfológico					
Caudais	Não referido	0	0	0	0
Condições de escoamento/conetividade longitudinal	Referência aos estrangulamentos na passagem hidráulica de Requesende e na entrada do entubamento, que originam condições de escoamento críticas. É referido que se localiza neste troço a junção de dois afluentes da ribeira. Referência ao facto de o curso de água se encontrar desviado segundo um traçado paralelo ao muro da escola do Viso. Traçado representado nas plantas de localização e cadastral, que acompanham o projeto	2	2		2
Ligação a massas de água subterrâneas/conetividade vertical	É referido que a infiltração de água no solo diminuiu devido à progressiva impermeabilização da bacia e à eliminação de depressões e irregularidades do solo a montante. Referência ao entubamento da linha de água neste troço		3		3
Qualidade da água	Não referido			0	0
Classificação por objetivo (fração)		40/96	29/81	24/81	32/78
Classificação por objetivo		42%	36%	30%	41%
q		0,3	0,25	0,25	0,2
C_{CD}		37%			

2. Justificação das classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da fase de identificação de soluções

Indicadores	Justificação	Classificação
Análise custo/benefício	Troço do Outeiro como espaço piloto de experimentação das diferentes técnicas e conceitos pensados ao nível de todo o município quanto à reabilitação de linhas de água. É referido que foi efetuado um estudo sobre as diversas técnicas de estabilização de margens existentes e destas selecionadas as que melhor se adequavam às diversas zonas do troço. É feita a descrição dos benefícios das soluções selecionadas, mas não é realizada a comparação com outras opções	1
Peças desenhadas	Planta de localização, planta cadastral, plano geral, plano de demolições, plano de modelação do terreno, perfil transversal, planta de pavimentos, muros e drenagem, pormenores construtivos e telas finais	3
Estimativa de potenciais impactos das intervenções previstas no sistema	No mapa de trabalhos e quantidades que acompanha o projeto de execução é referida a produção de resíduos no decorrer dos trabalhos	1
Definição de medidas de mitigação de potenciais impactos das intervenções previstas	No mapa de trabalhos e quantidades que acompanha o projeto de execução é referido que os resíduos produzidos no decorrer dos trabalhos serão sujeitos a empilhamento, carga, transporte e descarga de todos os resíduos produzidos a entidade operadora licenciada	3
C_{IS} (fração)		8/12
C_{IS}		67%

3. Justificação das classificações atribuídas aos indicadores de avaliação do planeamento da fase de implementação

Indicadores	Justificação	Classificação
Plano de formação	Não referido	0
Acompanhamento da obra	Referido	3
C_i (fração)		3/6
C_i		50%

4. Justificação das classificações atribuídas aos indicadores de avaliação do planeamento da fase de monitorização

Indicadores		Justificação	Objetivos do projeto			
			MCH	RELM	RH	MEP
Frequência		Referido	3	3	3	3
Qualidade da água		Referido			3	3
Hidromorfológico	Caudais	Não referido	0	0	0	0
	Condições de escoamento/conetividade longitudinal	Não referido	0	0		
	Ligação a massas de água subterrâneas/conetividade vertical	Não referido		0		0
	Capacidade de transporte	Não referido		0		
Erosão/estabilidade	Turvação do curso de água	Não referido		0		
	Análise de estabilidade/deslizamentos	Não referido	0	0	0	0
Biológico	Composição, abundância e estrutura da vegetação aquática e ribeirinha	Não referido		0	0	0
	Presença de espécies exóticas de carácter invasor	Não referido		0	0	0
	Composição, abundância e estrutura da fauna	Não referido			0	0
Alterações antrópicas	Presença de resíduos	Não referido	0	0	0	0
	Ocupação do leito de cheia/conetividade transversal	Não referido	0			0
Sensibilização e participação pública	Pessoas envolvidas	Referido	3	3	3	3
	Ações realizadas	Não referido	0	0	0	0
	Notícias publicadas	Não referido	0	0	0	0
Classificação por objetivo (fração)			6/27	6/39	9/33	9/39
Classificação por objetivo			22%	15%	27%	23%
q			0,3	0,25	0,25	0,2
C_{M0}			22%			

5. Justificação das classificações atribuídas aos indicadores de avaliação do planeamento da fase de manutenção

Indicadores	Justificação	Classificação
Previsão de medidas de manutenção periódica	Não referido	0
Frequência	É referido que as soluções adotadas têm como objetivo reduzir as necessidades de manutenção da área intervencionada	1
Acompanhamento por técnicos com formação adequada	Não referido	0
C_{MA} (fração)		1/9
C_{MA}		11%

6. Justificação das classificações atribuídas aos indicadores de avaliação do planeamento da fase de sensibilização e participação pública

	Indicadores	Justificação	Classificação
Identificação	Identificação da população possivelmente afetada ou interessada	Quantificação do efetivo populacional abrangido pela bacia e da sua distribuição pelas freguesias abrangidas	2
Informação	Divulgação dos objetivos gerais do projeto e das suas várias fases de desenvolvimento	Não referido	0
	Divulgação das consequências sociais, económicas e ambientais de decisões e projetos alternativos	Não referido	0
Consulta	Caracterização e diagnóstico com base em participação pública	Registo histórico de eventos de cheias com base em depoimentos recolhidos à população	1
	Soluções com base em participação pública	Não referido	0
	Feedback das ações discutidas e finais	Não referido	0
Sensibilização	Estruturas de interpretação criadas/recuperadas	Percursos pedonais	1
	Ações de participação ativa desenvolvidas junto às linhas de água	Implementação do Projeto Rios. Campanhas de comemoração de dias ligados à água. Visitas temáticas às áreas intervencionadas	3
	C_{SPP} (fração)		7/24
	C_{SPP}		29%

ANEXO R - RESULTADOS DAS ANÁLISES REALIZADAS PARA AVALIAÇÃO DA EVOLUÇÃO DO SISTEMA INTERVENCIONADO NO TROÇO DA QUINTA DO RIO DA RIBEIRA DA GRANJA

1. Resultados da análise DPSIR realizada para a situação pré-intervenção do sistema

Forças motrizes	Pressões	Estado	Impacto
O tecido urbano contínuo e descontínuo ocupa quase a totalidade da área da bacia hidrográfica desta ribeira, existindo ainda ocupação por indústria, comércio, equipamentos e agricultura	Construções no leito de cheia	Redução da extensão da galeria ripícola, infestação por espécies de vegetação exóticas de carácter invasor e degradação das autóctones	Degradação e redução de <i>habitats</i> naturais
Proteção contra cheias	Linearização do traçado do leito e entubamento do curso de água. Deficiente conceção do entubamento (reduzida dimensão)	Condicionamento da conectividade (transversal e vertical) e do grau de liberdade do curso de água	Acesso condicionado a <i>habitats</i>
			Perda de biodiversidade
		Entubamento facilmente colmatado por entulhos e sedimentos, o que provocava o estrangulamento do escoamento	Perdas materiais por ocorrência de inundações
			Confinamento das linhas de água a espaços exíguos
		Ocorrência frequente de cheias cada vez mais intensas, causadoras de graves inundações na Rua Direita do Viso, na Travessa de Requesende e na Travessa das Cruzes, que afetaram habitações	Aumento do risco de insegurança no uso pela população
			Perda de valores de uso e de não-uso pela população
Resposta			
✓	Desentubamento		
✓	Limpeza e desobstrução do leito e margens		
✓	Reperfilamento do leito, nomeadamente para meandrização		
✓	Modelação de secções transversais para alargamento do leito e redução do declive das margens		
✓	Criação de uma bacia de retenção		
✓	Estabilização e renaturalização das margens por enrocamento vivo e tapete de enrocamento		
✓	Plantação de vegetação autóctone e cultivar, na forma de prado em crescimento livre		
✓	Instalação de açudes no leito		
✓	Criação de percursos pedonais e cicláveis que acompanham o traçado da ribeira e que ligam todos os pontos do terreno, permitindo acesso a todas as áreas do espaço e o atravessamento da ribeira através de uma ponte		

2. Resultados da análise realizada para a situação pós-intervenção do sistema

Estado pós-resposta
Minimização de eventos de cheias. No entanto, na sequência da elevada precipitação ocorrida no mês de janeiro de 2014, a linha de água atingiu o nível de superfície da ponte instalada para atravessamento entre margens.
Presença de entulhos de dimensões consideráveis no leito da ribeira, que põem em causa o normal escoamento do caudal da ribeira ao causarem estrangulamentos no seu leito.
Em algumas zonas, o desenvolvimento da vegetação torna já difícil a identificação das técnicas de estabilização de margens aplicadas.
Numa zona onde não foram aplicadas técnicas de estabilização de margens, as margens foram alvo de erosão, o que provocou o arrastamento de parte do solo para o leito e consequente diminuição da secção transversal do leito.
Presença, ainda que em reduzida quantidade, de vegetação exótica de carácter invasor.
Impacto pós-resposta
Aumento da quantidade e variedade de <i>habitats</i> .
Maior facilidade de acesso a <i>habitats</i> .
Reaparecimento de exemplares de pato-real, peneireiro, salamandra lusitânica, garça boieira, chapim real e felosa comum.
Redução de perdas materiais por ocorrência de inundações.
Redução do risco de insegurança no uso pela população.
Aumento dos valores de não-uso para a população.
Aumento do número e frequência de visitantes.

ANEXO S – JUSTIFICAÇÃO DAS CLASSIFICAÇÕES ATRIBUÍDAS AOS INDICADORES DE AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE PLANEAMENTO DO PROJETO DE INTERVENÇÃO NO TROÇO ENTRE A AV. FREI BARTOLOMEU DOS MÁRTIRES E PONTE PEDRINHA DO RIO ESTE

1. Justificação das classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da fase de caracterização e diagnóstico

Indicadores		Justificação	Objetivos do projeto					
			MQA	MCH	RELM	RH	MEP	
Hidrogeomorfológica	Caracterização da bacia hidrográfica							
	Características geométricas							
	Área	Não referido	0	0	0	0	0	
	Comprimento da linha de água	Não referido		0	0			
	Largura média	Não referido		0				
	Índice de simetria	Não referido		0				
	Coeficiente de compacidade	Não referido		0				
	Forma da bacia	Não referido		0				
	Características topográficas							
	Tempo de concentração	Não referido		0	0			
	Geologia	Não referido	0	0	0	0	0	
	Características meteorológicas							
	Temperatura	Não referido				0		
	Precipitação média	Não referido				0		
	Precipitação máxima	Não referido		0	0	0		
	Caudal afluente máximo	Não referido		0	0			
	Nº de geadas	Não referido				0		
	Domínio hídrico	Qualidade da água	Não referido	0			0	0
		Usos e ocupações do solo	Não referido		0		0	0
Usos e necessidades de água		Não referido	0	0	0	0	0	
Caracterização da fauna		Não referido			0	0		
Caracterização da flora		Não referido	0		0	0		
Caracterização da zona de intervenção								
Fotografias de referência	Não referido		0	0	0	0		
Área	Não referido		0			0		
Comprimento da linha de água	Referido		3	3	3	3		
Perfil longitudinal	Não referido		0	0		0		
Altitude média	Não referido				0			
Forma do vale	Não referido		0			0		
Perfil transversal								
Profundidade	Não referido		0	0	0			
Largura	Não referido		0	0				

Indicadores		Justificação	Objetivos do projeto				
			MQA	MCH	RELM	RH	MEP
Área		Não referido		0	0		
Declive		Referência ao facto de a topografia ser relativamente plana		1	1	1	
Caracterização das margens							
Tipos de utilização		Não referido	0	0		0	0
Construções/conetividade transversal		Referência ao revestimento em betão das margens. Referência ao facto de a área intervencionada ser uma das mais densamente urbanizadas do concelho. Referência a zonas onde as margens são muito estreitas por existência de construções muito próximas do leito. Referência a equipamentos existentes ao longo do troço intervencionado. Na planta de localização encontra-se representada a malha urbana		3			3
Património cultural		Referência à Rua dos Galos, às levadas da Zona dos Galos e a um moinho da Zona dos Galos					3
Erosão/estabilidade							
Substrato do leito		Não referido	0	0	0	0	
Substrato das margens		Não referido		0	0	0	0
Capacidade de transporte		É referido que foram calculadas as condições críticas de início de transporte sólido (cálculo da tensão crítica de arrastamento e da velocidade média crítica) para dimensionamento do enrocamento. Não são apresentados os resultados			1		
Turvação do curso de água		Não referido	0		0		
Perfil das margens		Não referido		0	0		0
Análise de estabilidade/deslizamentos		É referido que, atendendo aos caudais escoados em situação de precipitação intensa, o leito do rio está sujeito a erosão. Identificação de desmoronamentos na zona de Santa Tecla		1	1	1	1
Cheias							
Área de inundação		É referido que foi realizado um estudo hidráulico, no qual se procedeu, nomeadamente, à delimitação das áreas de extravasamento do leito em períodos de cheia. Não são apresentados resultados		1		1	1
Riscos e vulnerabilidades		Não referido	0	0	0	0	0
Registo histórico de eventos		Identificação de locais onde ciclicamente eram registados extravasamentos de arruamentos e pisos inferiores de construções		2			2
Estado da massa de água	Biológico						
	Macroinvertebrados bentónicos	Referência ao facto de o revestimento em betão do leito não permitir o desenvolvimento de fauna	1			1	1
	Fauna piscícola	Referência ao facto de o revestimento em betão do leito não permitir o desenvolvimento de fauna				1	1
	Vegetação aquática e ribeirinha	Referência ao facto de o revestimento em betão não permitir o desenvolvimento de vegetação no leito. Referência a algumas manchas verdes com qualidade distribuídas pela área de intervenção	1		1	1	1
	Hidromorfológico						
	Caudais	Referência a estudo hidráulico no qual foi calculada a velocidade média de escoamento nas secções transversais mais características. Não são apresentados resultados	1	1	1	1	1
	Condições de escoamento/conetividade longitudinal	Referência a estudo hidráulico no qual foram calculadas as velocidades médias de escoamento nas secções transversais mais características e avaliadas as capacidades das secções de vazão. Não são apresentados resultados. Referência a uma curva pronunciada no traçado do rio que provocava extravasamentos. Referência a arruamentos e pontes que atravessam o rio e às levadas da Zona dos Galos, frequentemente obstruídas por vegetação e resíduos	2	2	2		2
	Ligação a massas de água subterrâneas/conetividade vertical	Não referido	0		0		0
	Qualidade da água	Não referido	0			0	0

Indicadores	Justificação	Objetivos do projeto				
		MQA	MCH	RELM	RH	MEP
Classificação por objetivo (fração)		5/45	14/96	10/81	10/81	19/78
Classificação por objetivo		11%	15%	12%	12%	24%
q		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
C_{CD}		15%				

2. Justificação das classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da fase de identificação de soluções

Indicadores	Justificação	Classificação
Análise custo/benefício	É referido que foram estudadas diversas alternativas de técnicas para a renaturalização e estabilização das margens do rio. É feita a descrição dos benefícios das soluções selecionadas. Referência a diversas soluções propostas inviabilizadas devido aos elevados custos de implementação	1
Peças desenhadas	Planta de localização, plantas de solução proposta, perfis transversais, pormenores de mobiliário urbano, planos de plantação, planta de sinalização e monitorização, pormenores de passadiços, pormenores de açudes	3
Estimativa de potenciais impactos das intervenções previstas no sistema	É referido que gradeamentos de segurança ao longo do percurso pedonal interfeririam com a estratégia de renaturalização e que a intensidade de iluminação noturna pode ter impactos na fauna e flora. É referido que o aumento das secções de vazão pode provocar ausência de caudal expressivo durante a estiagem e que os açudes podem alterar as condições de escoamento em situações de cheia	2
Definição de medidas de mitigação de potenciais impactos das intervenções previstas	É referido que o traçado do percurso pedonal foi estudado para garantir, na maior parte das situações, uma distância de segurança confortável em relação ao rio, de modo a não ser necessária a aplicação de gradeamento. É referido que as colunas de iluminação serão instaladas com um espaçamento adequado. É referido que foi definido um leito menor para garantir caudal na época de estiagem. É referido que a altura dos açudes foi estudada e que será instalada, nos mesmos, uma comporta que abre automaticamente em situações de precipitação intensa, de modo a aumentar a secção de vazão	3
C_{IS} (fração)		9/12
C_{IS}		75%

3. Justificação das classificações atribuídas aos indicadores de avaliação do planeamento da fase de monitorização

Indicadores		Justificação	Objetivos do projeto				
			MQA	MCH	RELM	RH	MEP
Frequência		Não referido	0	0	0	0	0
Qualidade da água		Referido	3			3	3
Hidromorfológico	Caudais	Referido	3	3	3	3	3
	Condições de escoamento/conetividade longitudinal	Não referido	0	0	0		
	Ligação a massas de água subterrâneas/conetividade vertical	Não referido	0		0		0
	Capacidade de transporte	Não referido			0		
	Turvação do curso de água	Não referido	0		0		
Erosão/estabilidade	Análise de estabilidade/deslizamentos	Não referido		0	0	0	0
	Composição, abundância e estrutura da vegetação aquática e ribeirinha	Não referido	0		0	0	0
Biológico	Presença de espécies exóticas de carácter invasor	Não referido	0		0	0	0
	Composição, abundância e estrutura da fauna	Não referido	0			0	0
Alterações antrópicas	Presença de resíduos	Não referido	0	0	0	0	0
	Ocupação do leito de cheia/conetividade transversal	Não referido		0			0
Sensibilização e participação pública	Pessoas envolvidas	Não referido	0	0	0	0	0
	Ações realizadas	Não referido	0	0	0	0	0
	Notícias publicadas	Não referido	0	0	0	0	0
Classificação por objetivo (fração)			6/39	3/27	3/39	6/33	6/39
Classificação por objetivo			15%	11%	8%	18%	15%
q			0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
C_{Mo}			13%				

4. Justificação das classificações atribuídas aos indicadores de avaliação do planeamento da fase de manutenção

Indicadores	Justificação	Classificação
Previsão de medidas de manutenção periódica	É referido que se procederá à manutenção das levadas da Zona dos Galos	1
Frequência	Não referido	0
Acompanhamento por técnicos com formação adequada	Não referido	0
C_{Ma} (fração)		1/9
C_{Ma}		11%

5. Justificação das classificações atribuídas aos indicadores de avaliação do planeamento da fase de sensibilização e participação pública

Indicadores		Justificação	Classificação
Identificação	Identificação da população possivelmente afetada ou interessada	Não referido	0
Informação	Divulgação dos objetivos gerais do projeto e das suas várias fases de desenvolvimento	Não referido	0
	Divulgação das consequências sociais, económicas e ambientais de decisões e projetos alternativos	Não referido	0
Consulta	Caracterização e diagnóstico com base em participação pública	Não referido	0
	Soluções apresentadas com base em participação pública	Não referido	0
	Feedback das ações discutidas e finais	Não referido	0
Sensibilização	Estruturas de interpretação criadas/recuperadas	Instalação do percurso pedonal, de percursos temáticos, de zonas de merendas e de estadia. Implementação de marcas de cheias	3
	Ações de participação ativa desenvolvidas junto às linhas de água	Não referido	0
C_{SPP} (fração)			3/24
C_{SSP}			13%

ANEXO T - RESULTADOS DAS ANÁLISES REALIZADAS PARA AVALIAÇÃO DA EVOLUÇÃO DO SISTEMA INTERVENCIÓNADO NO TROÇO ENTRE A AV. FREI BARTOLOMEU DOS MÁRTIRES E PONTE PEDRINHA DO RIO ESTE

1. Resultados da análise DPSIR realizada para a situação pré-intervenção do sistema

Forças motrizes	Pressões	Estado	Impacto
Crescimento populacional	Produção de resíduos	Presença de resíduos no curso de água e nas margens	Degradação e redução de <i>habitats</i> naturais
	Produção de águas residuais domésticas	Principalmente durante o verão geravam-se odores, presença de ratazanas e pragas de insetos	Extinção de espécies faunísticas características, nomeadamente barbos, trutas, enguias, escalos e panchorcas
			Perigo para a saúde pública
Crescimento urbanístico exponencial, principalmente entre as décadas de 70 e 90	Ligações diretas de águas residuais domésticas ao rio e ligações ilícitas de águas residuais domésticas ao sistema de recolha de águas pluviais	Poluição da água por águas residuais domésticas	Perdas materiais devido a inundações
	Arruamentos que atravessam o rio e delimitam os espaços, compartimentando-os	Dificuldades na passagem dos utilizadores pelos arruamentos	Confinamento das linhas de água a espaços exíguos
	Construção de diversas edificações não licenciadas no leito de cheia do rio e a cotas inferiores à do leito do rio	Existência de zonas onde as margens se encontravam confinadas por habitações construídas mesmo junto ao curso de água, provocando falta de acessos ao curso de água para a população	
		Inundações das garagens de diversas habitações que se localizam a cota inferior à do leito do rio	Aumento do risco de insegurança no uso pela população
Proteção contra cheias	Desvio do traçado do rio e canalização do seu leito com paredes de betão	Alteração das condições de escoamento do caudal do rio, devido à regularização do curso de água	Perda de valores de uso e de não-uso pela população
		Aumento de eventos de cheias, especialmente na zona mais a jusante da intervenção	
Indústria	Produção de efluentes industriais	Poluição da água por metais pesados em concentrações que ultrapassavam os valores limite legislados	
Resposta			
✓ Retirada das ligações diretas de águas residuais ao rio e resolução de ligações ilícitas de águas residuais ao sistema de recolha de águas pluviais e seu encaminhamento para o sistema de saneamento mais próximo ✓ Limpeza e desobstrução do leito e margens ✓ Meandrização do leito na zona mais a jusante do sub-troço 4			

- ✓ Modelação de secções transversais (redução da inclinação dos taludes, igualização da cota de ambas as margens e compatibilização com os arruamentos e edificações existentes), nas zonas em que as construções limítrofes permitiram e onde se estimou prioritário
- ✓ Criação de uma bacia de retenção
- ✓ Substituição do revestimento em betão das margens por enrocamento com blocos de granito soltos, nas zonas em que as construções limítrofes permitiram e onde se estimou prioritário
- ✓ Plantação de espécies de vegetação autóctones e ornamentais
- ✓ Instalação de açudes e defletores de corrente no leito
- ✓ Criação de percursos pedonais e cicláveis que acompanha o traçado da rio e que permite o atravessamento entre margens através de 12 pontes
- ✓ Melhoria das condições dos pavimentos das ligações à malha urbana
- ✓ Instalação de mobiliário urbano, de uma zona de merendas e de um equipamento de atividade desportiva

2. Resultados da análise realizada para a situação pós-intervenção do sistema

Estado pós-resposta
No geral, o curso de água apresenta um aspeto límpido e não foram registados odores
Presenciou-se, numa ligação direta de águas pluviais ao rio, na zona mais a montante do sub-troço 5, uma escorrência de origem desconhecida
Presenciou-se, um pouco por todo o comprimento do leito do rio no sub-troço 5, deposição de papéis
Foram recebidas, na AGERE, queixas da população relativas a escorrências indevidas para o rio, relacionadas com lavagens de automóveis nos pátios das habitações localizadas nas proximidades, que originam espumas que são descarregadas no rio conjuntamente com as águas pluviais
Ocorrência de uma descarga de cerca de 300 litros de tinta no sistema de águas pluviais ligado ao rio Este. O rio apresentava uma cor branca e bastante homogénea numa extensão de vários quilómetros
Não se registaram inundações de vias de trânsito. Registaram-se pequenas inundações no sub-troço 5, que provocaram a submersão da via pedonal criada
É notório o desenvolvimento de alguma vegetação no tapete de enrocamento aplicado nas margens
A subida do nível da água do rio, decorrente da elevada precipitação ocorrida nos meses de dezembro e janeiro, provocou, no sub-troço 4, o arrastamento, na margem esquerda do rio, de parte da camada de terra e da sementeira aplicadas na zona superior do tapete de enrocamento
Acumulação de grandes quantidades de sedimentos na zona mais a jusante do sub-troço 5, provavelmente originada por processos de erosão das margens e pelos processos de demolição realizados aquando da intervenção a montante
Destinguem-se um pouco por todo o troço intervencionado, mas especialmente no sub-troço 5, zonas onde a sementeira não desenvolveu e onde as árvores plantadas se encontram secas
Identificou-se, no sub-troço 5, alguma vegetação no fundo do leito, ainda que em muito reduzida quantidade
Grande quantidade de espécies de vegetação exóticas de carácter invasor em terrenos privados nas proximidades do sub-troço 3
Detetou-se, no sub-troço 5, um acesso à malha urbana, nomeadamente a um parque de estacionamento junto a uma zona residencial, em terra batida, que fica inundado aquando da época de chuvas
Detetou-se a ocorrência de vandalismo, na forma de diversos <i>graffitis</i> , em construções privadas limítrofes, ao longo de todo o percurso criado
Impacto pós-resposta
Aumento da quantidade e diversidade de <i>habitats</i> naturais
Foi registada a presença de lontras
Na sequência da descarga prevê-se danos na flora e fauna do rio agravados pela possível deposição de tinta ao longo do leito do rio, que se torna mais provável pelo facto de o rio apresentar caudal reduzido nesta altura do ano
Redução de perdas materiais devido a inundações
Aumento dos valores de não-uso pela população. No entanto, o facto de o revestimento da totalidade das margens ter sido realizado recorrendo a sementeira na forma de prados cortados e de a vegetação arbórea adicionada apresentar bastante espaçamento entre si e não se encontrar ainda totalmente desenvolvida, faz com que o impacto sensorial da envolvente sobre o espaço intervencionado seja ainda elevado
Redução do risco de insegurança no uso pela população
Aumento considerável do número e frequência de visitantes, que utilizam a via criada para as deslocações do dia-a-dia e para a prática de exercício físico. No entanto, os espaços de estadia criados, como o parque de merendas e os bancos que possibilitam a contemplação do rio, não são frequentemente utilizados

ANEXO U – JUSTIFICAÇÃO DAS CLASSIFICAÇÕES ATRIBUÍDAS AOS INDICADORES DE AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE PLANEAMENTO DO PROJETO DE INTERVENÇÃO NO TROÇO DE CARDIELOS DO RIO LIMA

- Justificação das classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da fase de caracterização e diagnóstico

Indicadores		Justificação	Objetivos do projeto		
			RELM	RH	MEP
Hidrogeomorfológica	Caracterização da bacia hidrográfica				
	Características geométricas				
	Área	Não referido	0	0	0
	Comprimento da linha de água	Não referido	0		
	Largura média	Não referido			
	Índice de simetria	Não referido			
	Coeficiente de compacidade	Não referido			
	Forma da bacia	Não referido			
	Características topográficas				
	Tempo de concentração	Não referido	0		
	Geologia	Não referido	0	0	0
	Características meteorológicas				
	Temperatura	Não referido		0	
	Precipitação média	Não referido		0	
	Precipitação máxima	Não referido	0	0	
	Caudal afluente máximo	Não referido	0		
	Nº de geadas	Não referido		0	
Domínio hídrico	Qualidade da água	Não referido		0	0
	Usos e ocupações do solo	Referência à diminuição de áreas agrícolas, por análise da cartografia de ocupação do solo		1	1
	Usos e necessidades de água	Referência às duas barragens que compõem o sistema Lindoso-Touvedo	1	1	1
	Caracterização da fauna	Não referido	0	0	
	Caracterização da flora	Não referido	0	0	
Caracterização da zona de intervenção					
Fotografias de referência	Não referido	0	0	0	
Área	Não referido			0	
Comprimento da linha de água	Referido	3	3	3	
Perfil longitudinal	Não referido	0		0	
Altitude média	Não referido		0		
Forma do vale	Não referido			0	
Perfil transversal					
Profundidade	Referência ao facto de o perfil transversal demonstrar uma grande descida das cotas do leito. Quantificação do aprofundamento do leito por ano	1	1		
Largura	Não referido	0			
Área	Não referido	0			

Indicadores		Justificação	Objetivos do projeto		
Declive		Não referido	0	0	
Caracterização das margens					
Tipos de utilização	Referência a extrações de inertes, intensas até 1990 mas que se prolongaram, apesar de não terem cobertura legal a partir deste ano. Planta de Ordenamento do Plano Diretor Municipal de Viana do Castelo incluída no projeto		2	2	
Construções/conetividade transversal	Planta de Ordenamento do Plano Diretor Municipal de Viana do Castelo incluída no projeto			3	
Património cultural	Não referido			0	
Erosão/estabilidade					
Substrato do leito	Não referido	0	0		
Substrato das margens	Não referido	0	0	0	
Capacidade de transporte	Referência às duas barragens que compõem o sistema Lindoso-Touvedo, a montante, dotado de elevada eficiência de retenção (estima-se em 50 % a redução no fornecimento de sedimentos a este troço). Quantificação da produção de sedimentos no troço entre Ponte da Barca e Cardielos. Quantificação da incisão no leito (metros) e da correspondente erosão (m3/m), no setor de Cardielos, por ano	2			
Turvação do curso de água	Não referido	0			
Perfil das margens	Não referido	0		0	
Análise de estabilidade/deslizamentos	Referência a estudos realizados, em 2005, pela PROCESL que demonstraram que no rio Lima, em todo o troço entre as pontes de Lanheses e de Eiffel, se verifica, especialmente na margem direita, uma situação de profunda erosão. Quantificação da incisão no leito (metros) e da correspondente erosão (m3/m), para o troço de Cardielos, por ano	2	2	2	
Cheias					
Área de inundação	Representada na Planta de Condicionantes do Plano de Urbanização de Viana do Castelo		1	1	
Riscos e vulnerabilidades	Não referido	0	0	0	
Registo histórico de eventos	Não referido			0	
Estado da massa de água	Biológico				
	Macroinvertebrados bentónicos	Não referido		0	0
	Fauna piscícola	Não referido		0	0
	Vegetação aquática e ribeirinha	Não referido	0	0	0
	Hidromorfológico				
	Caudais	Não referido	0	0	0
	Condições de escoamento/conetividade longitudinal	Referência ao traçado meandrizado do rio. Fotografias aéreas onde é possível conferir este traçado. Referência a alteração da hidrodinâmica fluvial, que levou a acumulação de sedimentos na margem esquerda do rio, o que provoca um fluxo de correntes principais e secundárias na margem direita	2		2
	Ligação a massas de água subterrâneas/conetividade vertical	Não referido	0		0
	Qualidade da água	Não referido		0	0
Classificação por objetivo (fração)			11/81	11/81	15/78
Classificação por objetivo			14%	14%	19%
q			0,6	0,2	0,2
C _{CD}			15%		

2. Justificação das classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da fase de identificação de soluções

Indicadores	Justificação	Classificação
Análise custo/benefício	É feita a descrição dos benefícios das soluções selecionadas, mas não é realizada a comparação com outras opções	1
Peças desenhadas	Não referido	0
Estimativa de potenciais impactos das intervenções previstas no sistema	Referência ao impacto visual das técnicas de estabilização de margens	1
Definição de medidas de mitigação de potenciais impactos das intervenções previstas	Mitigação dos impactos visuais das técnicas de estabilização de margens através da utilização de técnicas de engenharia natural	3
C_{IS} (fração)		5/12
C_{IS}		33%

ANEXO V - RESULTADOS DAS ANÁLISES REALIZADAS PARA AVALIAÇÃO DA EVOLUÇÃO DO SISTEMA INTERVENCIÓNADO NO TROÇO DE CARDIELOS DO RIO LIMA

1. Resultados da análise DPSIR realizada para a situação pré-intervenção do sistema

Forças motrizes	Pressões	Estado	Impacto
Indústria	Intensas dragagens, durante cerca de três décadas e até 1990, junto à margem direita do rio para extração de inertes. A partir de 1990 prolongaram-se no tempo extrações ilegais	Deslocalização da linha de talvegue para a margem direita do rio, provocando um fluxo de correntes principais e secundárias junto a esta margem	Degradação e redução de <i>habitats</i> naturais
			Perda de biodiversidade
Produção de energia hidroelétrica	Sistema hidroelétrico de Lindoso-Touvedo, a montante, com elevada eficiência de retenção, não permitindo a reposição sedimentológica (estima-se em 50 % a redução no fornecimento de sedimentos a este troço)	Aprofundamento das cotas do leito do rio de cerca de 0,25 centímetros por ano	Zona de merendas e lazer em risco
			Aumento do risco de insegurança no uso pela população
Urbanização	Redução da afluência de sedimentos a este troço do rio, por diminuição das áreas agrícolas na envolvente	Situação de profunda erosão das margens do rio, especialmente da margem direita	Perda de valores de não-uso pela população
Resposta			
✓ Desmatção da área de intervenção, incluindo remoção de árvores demasiado próximas da zona em perigo de derrocada, e limpeza do terreno, incluindo remoção de resíduos ✓ Aplicação de um conjunto de 5 esporões e de 9 defletores ✓ Aplicação de técnicas de recuperação biofísica e consolidação de margens, nomeadamente camada de enrocamento, colchões Reno, estacaria viva e faxinas vivas ✓ Plantação de espécies vegetais, nomeadamente na forma de hidrossementeira e biorolo			

2. Resultados da análise realizada para a situação pós-intervenção do sistema

Estado pós-resposta
Entre os esporões e defletores instalados, está a ocorrer deposição de sedimentos
A integridade da extremidade a jusante da intervenção encontra-se comprometida, na medida em que a margem esquerda do afluente que desagua no rio Lima, se encontra sujeita à ação erosiva do caudal deste afluente. Na extremidade da intervenção, o geotêxtil e a malha metálica, instalados para proteção da hidrossementeira aplicada, encontram-se visíveis
Na faixa contendo colchão Reno coberto com terra vegetal e plantação de espécies vegetais, a rede de malha metálica aplicada superiormente no sentido de proteger a camada de terra vegetal dos efeitos erosivos, encontra-se visível, o que denuncia que a subida do nível da água até esta faixa e a velocidade da sua corrente terão provocado a lavagem de parte da terra vegetal aí existente
A maior parte da vegetação adicionada apresentou um desenvolvimento considerável
Distinguem-se algumas áreas onde a hidrossementeira não desenvolveu
O facto de a altura das estacas de salgueiro ter sido reduzida relativamente à altura projetada resultou no não desenvolvimento de grande parte dos exemplares, uma vez que, por falta de perceção pelos visitantes do local, foram alvo do pisoteio
Entre a vegetação aplicada distinguiu-se o desenvolvimento de espécies exóticas de carácter invasor

Impacto pós-resposta
Preservação da zona de merendas e lazer
Aumento da quantidade e diversidade de <i>habitats</i> naturais
Redução do risco de insegurança no uso pela população
Aumento dos valores de não-uso para a população

ANEXO W - JUSTIFICAÇÃO DAS CLASSIFICAÇÕES ATRIBUÍDAS AOS INDICADORES DE AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE PLANEAMENTO DO PROJETO DE INTERVENÇÃO NO TROÇO DE PORTUZELO DO RIO LIMA

- Justificação das classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da fase de caracterização e diagnóstico

Indicadores		Justificação		Objetivos do projeto		
				RELM	RH	MEP
Hidrogeomorfológica	Caracterização da bacia hidrográfica					
	Características geométricas					
	Área	Não referido		0	0	0
	Comprimento da linha de água	Não referido		0		
	Largura média	Não referido				
	Índice de simetria	Não referido				
	Coefficiente de compacidade	Não referido				
	Forma da bacia	Não referido				
	Características topográficas					
	Tempo de concentração	Não referido		0		
	Geologia	Não referido		0	0	0
	Características meteorológicas					
	Temperatura	Não referido			0	
	Precipitação média	Não referido			0	
	Precipitação máxima	Não referido		0	0	
	Caudal afluente máximo	Não referido		0		
	Nº de geadas	Não referido			0	
Domínio hídrico	Qualidade da água	Não referido			0	0
	Usos e ocupações do solo	Referência à diminuição de áreas agrícolas, por análise da cartografia de ocupação do solo			1	1
	Usos e necessidades de água	Referência a duas albufeiras que compõem o sistema Lindoso-Touvedo		1	1	1
	Caracterização da fauna	Não referido		0	0	
	Caracterização da flora	Não referido		0	0	
Caracterização da zona de intervenção						
Fotografias de referência	Fotografia que evidencia a instabilidade da margem		2	2	2	
Área	Não referido				0	
Comprimento da linha de água	Referido		3	3	3	
Perfil longitudinal	Representação da variação do perfil longitudinal entre 1967 e 2004		3		3	
Altitude média	Não referido			0		
Forma do vale	Não referido				0	
Perfil transversal						
Profundidade	Representação da descida das cotas do leito entre 1967 e 2004 através do perfil longitudinal. Quantificação desta descida entre 1967 e 2004		1	1		
Largura	Não referido		0			
Área	Não referido		0			

Indicadores		Justificação	Objetivos do projeto		
			RELM	RH	MEP
Declive		Não referido	0	0	
Caracterização das margens					
Tipos de utilização		Não referido		0	0
Construções/conetividade transversal		Não referido			0
Património cultural		Não referido			0
Erosão/estabilidade					
Substrato do leito		Não referido	0	0	
Substrato das margens		Não referido	0	0	0
Capacidade de transporte	Referência às duas barragens que compõem o sistema Lindoso-Touvedo, a montante, dotado de elevada eficiência de retenção (estima-se em 50 % a redução no fornecimento de sedimentos a este troço). Quantificação da produção de sedimentos no troço entre Ponte da Barca e Cardielos. Quantificação da incisão no leito (metros) e da correspondente erosão (m³/m), no setor de Portuzelo, por ano		2		
Turvação do curso de água		Não referido	0		
Perfil das margens		Não referido	0		0
Análise de estabilidade/deslizamentos	Referência a estudos realizados, em 2005, pela PROCESL que demonstraram que no rio Lima, em todo o troço entre as pontes de Lanheses e de Eiffel, se verifica, especialmente na margem direita, uma situação de profunda erosão e instabilidade. Quantificação da incisão no leito (metros) e da correspondente erosão (m³/m), para o troço de Portuzelo, entre 1967 e 2004		2	2	2
Cheias					
Área de inundação		Não referido		0	0
Riscos e vulnerabilidades		Não referido	0	0	0
Registo histórico de eventos		Não referido			0
Estado da massa de água	Biológico				
	Macroinvertebrados bentónicos	Não referido		0	0
	Fauna piscícola	Não referido		0	0
	Vegetação aquática e ribeirinha	Referência à zona húmida constituída por sapal-juncal	1	1	1
	Hidromorfológico				
	Caudais	Não referido	0	0	0
	Condições de escoamento/conetividade longitudinal	Não referido	0		0
	Ligação a massas de água subterrâneas/conetividade vertical	Não referido	0		0
	Qualidade da água	Não referido		0	0
	Classificação por objetivo (fração)		15/81	11/81	13/78
Classificação por objetivo			19%	14%	17%
q			0,6	0,3	0,1
C _{CD}			17%		

2. Justificação das classificações atribuídas aos indicadores de avaliação da fase de identificação de soluções

Indicadores	Justificação	Classificação
Análise custo/benefício	É feita a descrição dos benefícios das soluções selecionadas, mas não é realizada a comparação com outras opções	1
Peças desenhadas	Planta geral, perfis transversais, pormenor da solução geral implementada	3
Estimativa de potenciais impactos das intervenções previstas no sistema	Referência ao impacto visual das técnicas de estabilização de margens	1
Definição de medidas de mitigação de potenciais impactos das intervenções previstas	Mitigação dos impactos visuais das técnicas de estabilização de margens através da utilização de técnicas de engenharia natural	3
C_{IS} (fração)		7/15
C_{IS}		67%

ANEXO X - RESULTADOS DAS ANÁLISES REALIZADAS PARA AVALIAÇÃO DA EVOLUÇÃO DO SISTEMA INTERVENCIÓNADO NO TROÇO DE PORTUZELO DO RIO LIMA

1. Resultados da análise DPSIR realizada para a situação pré-intervenção do sistema

Forças motrizes	Pressões	Estado	Impacto
Indústria	Intensas dragagens, durante cerca de três décadas e até 1990, junto à margem direita do rio para extração de inertes. A partir de 1990 prolongaram-se no tempo extrações ilegais	Deslocalização da linha de talvegue para a margem direita do rio, provocando um fluxo de correntes principais e secundárias junto a esta margem	Degradação e redução de <i>habitats</i> naturais
			Perda de biodiversidade
Produção de energia hidroelétrica	Sistema hidroelétrico de Lindoso-Touvedo, a montante, com elevada eficiência de retenção, não permitindo a reposição sedimentológica (estima-se em 50 % a redução no fornecimento de sedimentos a este troço)	Aprofundamento das cotas do leito do rio de cerca de 10,5 metros, entre 1967 e 2004	Caminho e zona húmida interior ao caminho constituída por um sapal-juncal em risco
			Aumento do risco de insegurança no uso pela população
Urbanização	Redução da afluência de sedimentos a este troço do rio, por diminuição das áreas agrícolas na envolvente	Situação de profunda erosão das margens do rio, especialmente da margem direita	Perda de valores de não-uso pela população
Resposta			
✓ Desmatção da área de intervenção, incluindo remoção de árvores demasiado próximas da zona em perigo de derrocada, e limpeza do terreno, incluindo remoção de resíduos ✓ Aplicação de técnicas de recuperação biofísica e consolidação de margens, nomeadamente camada de enrocamento, manta de geocélulas e estacaria viva ✓ Plantação de espécies vegetais, nomeadamente na forma de hidrossementeira e biorolo ✓ Ripagem em alguns pontos do caminho existente e melhoria do pavimento			

2. Resultados da análise realizada para a situação pós-intervenção do sistema

Estado pós-resposta
Na camada formada por manta de geocélulas preenchidas com mistura de brita e terra vegetal, a manta de geocélulas encontra-se visível por falta de preenchimento, uma vez que a totalidade da terra vegetal e parte da brita que a constituíam foram arrastadas por ação do caudal do rio
O limite jusante da intervenção encontra-se exposto a desgaste por ação do caudal do rio
A camada de enrocamento apresenta sinais de instabilidade, na medida em que não apresenta a mesma altura em toda a sua extensão, o que sugere que alguns dos blocos de granito que a compõem foram arrastados por ação do caudal do rio
A maior parte da vegetação adicionada apresentou um desenvolvimento considerável. No entanto, grande parte dos exemplares de salgueiros plantados encontram-se secos.
Entre a vegetação aplicada distinguiu-se o desenvolvimento de espécies exóticas de caráter invasor
Impacto pós-resposta
Preservação do caminho e da zona húmida interior ao caminho constituída por um sapal-juncal
Aumento da quantidade e diversidade de <i>habitats</i> naturais
Redução do risco de insegurança no uso pela população
Aumento dos valores de não-uso para a população