

COMUNIDADE INTERMUNICIPAL DO ALTO ALENTEJO

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO
INTEGRADO DOS RECURSOS HÍDRICOS E ENERGÉTICOS
DO APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE FINS MÚLTIPLOS
DO CRATO**



COMPONENTE D - ESTUDOS AMBIENTAIS

**ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL CONSOLIDADO
RELATÓRIOS TÉCNICOS**

VOLUME 1 – REGIME DE CAUDAIS DE MANUTENÇÃO ECOLÓGICA

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO INTEGRADO
DOS RECURSOS HÍDRICOS E ENERGÉTICOS DO APROVEITAMENTO HIDRÁULICO
DE FINS MÚLTIPLOS DO CRATO**

**COMPONENTE D – ESTUDOS AMBIENTAIS
ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL CONSOLIDADO**

ÍNDICE DE VOLUMES

RELATÓRIO

VOLUME 1 – PEÇAS ESCRITAS

TOMO 1 – CAPÍTULOS INTRODUTÓRIOS

TOMO 2 – CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA

TOMO 3 – AVALIAÇÃO DE IMPACTES

TOMO 4 – MITIGAÇÃO, MONITORIZAÇÃO E CONCLUSÕES

VOLUME 2 – PEÇAS DESENHADAS

RELATÓRIOS TÉCNICOS

VOLUME 1 – REGIME DE CAUDAIS DE MANUTENÇÃO ECOLÓGICA

**VOLUME 2 – ENQUADRAMENTO DO PROJETO NAS EXCEÇÕES/DEROGAÇÕES
PREVISTAS NO ARTIGO 4º, Nº. 7 DA DQA**

VOLUME 3 – SIMULAÇÃO DE QUALIDADE DA ÁGUA DA ALBUFEIRA DO PISÃO

**VOLUME 4 – ESTUDOS DE AFETAÇÃO DA ALDEIA DO PISÃO – RESPOSTAS AO
INQUÉRITO**

VOLUME 5 – SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

RESUMO NÃO TÉCNICO

**AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO INTEGRADO
DOS RECURSOS HÍDRICOS E ENERGÉTICOS DO APROVEITAMENTO HIDRÁULICO
DE FINS MÚLTIPLOS DO CRATO**

COMPONENTE D – ESTUDOS AMBIENTAIS

ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL CONSOLIDADO

RELATÓRIOS TÉCNICOS

VOLUME 1 – REGIME DE CAUDAIS DE MANUTENÇÃO ECOLÓGICA

ÍNDICES

TEXTO	Pág.
1 INTRODUÇÃO	1
2 ENQUADRAMENTO	2
2.1 REGIME DE CAUDAIS DE MANUTENÇÃO ECOLÓGICA	2
2.2 ÂMBITO DO TRABALHO	3
2.3 CAUDAIS ECOLÓGICOS DAS BARRAGENS DE MARANHÃO E MONTARGIL ...	4
3 ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS NA RIBEIRA DA SEDA	5
3.1 HIDROLOGIA	5
3.2 ECOLOGIA	8
4 REGIME DE CAUDAIS AFLUENTES EM CONDIÇÕES NATURAIS	9
4.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS	9
4.2 ESTAÇÕES HIDROMÉTRICAS	10
4.3 AFLUÊNCIAS À SECÇÃO ESTUDADA PARA A BARRAGEM DO PISÃO	11
4.3.1 Escoamento na EH de Couto de Andreiros	11
4.3.2 Escoamento na secção em estudo para a barragem do Pisão	13
4.4 AFLUÊNCIAS À SECÇÃO ESTUDADA PARA O AÇUDE DO PISÃO	15
5 MÉTODOS APLICADOS	18
5.1 CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS	18
5.2 MÉTODO INAG	18
5.2.1 Metodologia	18
5.2.2 Resultados	20
5.3 MÉTODO DO PERÍMETRO MOLHADO	21
5.3.1 Metodologia	21

5.3.2	Resultados	32
6	PROPOSTA DE REGIME DE CAUDAIS DE MANUTENÇÃO ECOLÓGICA	39
6.1	BARRAGEM DO PISÃO.....	39
6.1.1	Regime de caudais entre a barragem do Pisão e a ribeira de Linhais.....	39
6.1.2	Regime de caudais entre a Ribeira de Linhais e a albufeira do Maranhão	40
6.2	AÇUDE DO PISÃO.....	40
7	CONCLUSÃO.....	42
8	MONITORIZAÇÃO	43
8.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	43
8.2	ESTAÇÃO DE MONITORIZAÇÃO	43
8.3	ELEMENTOS A MONITORIZAR E SUA FREQUÊNCIA	44
8.4	METODOLOGIAS DE AMOSTRAGEM	45
8.5	CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO.....	45
9	BIBLIOGRAFIA.....	46

QUADROS

Pág.

Quadro 2.1 – Regime de caudais ecológicos a jusante das albufeiras de Maranhão e Montargil	4
Quadro 4.1 – Estações hidrométricas.	10
Quadro 4.2 – Afluências mensais e anuais, em hm ³ , na secção da EH de Couto de Andreiros (1975-1976-2011/2012)	12
Quadro 4.3 – Afluências mensais e anuais, em hm ³ , na secção da futura barragem do Pisão no período de 1990/91 a 2019/20.	13
Quadro 4.4 – Afluências mensais e anuais, em hm ³ , à secção proposta do açude do Pisão, no período de 1990/91 a 2019/20.	15
Quadro 5.1 – Definição dos caudais de manutenção ecológica de acordo com INAG (adaptado de DSP 2002).	20
Quadro 5.2 – RCE mensal estimado para a barragem do Pisão. Método INAG.....	20
Quadro 5.3 – RCE mensal estimado para o açude do Pisão. Método INAG.	21
Quadro 5.5 – Ponto de Inflexão de definição do caudal ecológico pelo método do perímetro molhado.	32
Quadro 5.6 – RCE mensal estimado para a barragem do Pisão. Método Perímetro molhado	38
Quadro 5.6 – RCE mensal estimado para o açude do Pisão. Método Perímetro molhado. .	38
Quadro 6.1 – Barragem do Pisão. Comparação do RCE estimado pelos métodos INAG e Perímetro molhado.....	39
Quadro 6.2 – Açude do Pisão. Comparação do RCE estimado pelos métodos INAG e Perímetro molhado.....	41
Quadro 7.1 – RCE adotado para a barragem do Pisão.....	42
Quadro 8.1 – Elementos e parâmetros a avaliar no Programa de Monitorização.....	44

FIGURAS

Pág.

Figura 3.1 – Objeto geral do estudo de RCE da Barragem do Pisão (Até à ribeira de Alfeijós).	6
Figura 3.2 – Objeto central do estudo de RCE da Barragem do Pisão (até à ribeira de Linhais).....	7
Figura 4.1 – Bacia hidrográfica nas secções propostas para a barragem para o açude do Pisão.	9
Figura 4.2 – Curva de duração média anual de caudais médios diários na secção proposta para a barragem do Pisão.....	15
Figura 4.3 – Curva de duração média anual de caudais médios diários na secção do futuro açude do Pisão (Bacia própria).....	17
Figura 5.1 – Representação esquemática do método do perímetro molhado (adaptado de McCarthy, 2003).....	22
Figura 5.2 – Trechos lânticos (azul escuro) e lóticos ao longo da ribeira de Seda (Barragem-ribeira de Linhais) em plena época de estiagem.	24
Figura 5.3 – Fotos ilustrativas de trechos lóticos da ribeira de Seda. Entre as secções 1019 a 1017 (próximas e a jusante do local da barragem).	25
Figura 5.4 – Fotos ilustrativas de trechos lânticos e de transição da ribeira de Seda.....	26
Figura 5.5 – Localização dos trechos selecionados para o método do perímetro molhado..	27
Figura 5.6 – Localização das secções considerado no método do perímetro molhado. Trecho de montante.	28
Figura 5.7 – Localização das secções considerado no método do perímetro molhado. Trecho de jusante.....	29
Figura 5.8 – Fotos ilustrativas do leito de escoamento menor da Ribeira de Seda. A	30
Figura 5.9 – Fotos ilustrativas do leito de escoamento menor da Ribeira de Seda. B	30
Figura 5.10 – Fotos ilustrativas do leito de escoamento menor da Ribeira de Seda. C	30
Figura 5.11 – Fotos ilustrativas do leito de escoamento menor da Ribeira de Seda. D	31
Figura 5.12 – Fotos ilustrativas do leito de escoamento menor da Ribeira de Seda. E	31
Figura 5.13 – Curvas de caudal x perímetro molhado das secções analisadas.	33
Figura 5.14 – Curva de caudal x perímetro molhado e ponto de inflexão. Secção 1019.	33
Figura 5.15 – Curva de caudal x perímetro molhado e ponto de inflexão. Secção 1017.3. ...	34
Figura 5.16 – Curva de caudal x perímetro molhado e ponto de inflexão. Secção 1017.1. ...	34
Figura 5.17 – Curva de caudal x perímetro molhado e ponto de inflexão. Secção 1012.	34
Figura 5.18 – Curva de caudal x perímetro molhado e ponto de inflexão. Secção 1011.1. ...	35
Figura 5.19 – Curva de caudal x perímetro molhado e ponto de inflexão. Secção 1011.	35
Figura 5.20 – Altura do escoamento na secção transversal 1019. Caudal = 0.3 m ³ /s.	35
Figura 5.21 – Altura do escoamento na secção transversal 1017.3. Caudal = 0.5 m ³ /s.	36
Figura 5.22 – Altura do escoamento na secção transversal 1011.1 Caudal = 0.3 m ³ /s.	36
Figura 5.23 – Altura do escoamento na secção transversal 1011 Caudal = 0.5 m ³ /s.	37

1 INTRODUÇÃO

O presente documento corresponde ao **Volume 1 – Regime de Caudais de Manutenção Ecológica**, dos Relatórios Técnicos do Estudo de Impacte Ambiental da “Avaliação da Sustentabilidade e Desenvolvimento Integrado dos Recursos Hídricos e Energéticos do Aproveitamento Hidráulico de Fins Múltiplos do Crato”.

No **Capítulo 2** é apresentado o quadro legal e normativo aplicável ao estudo do Regime de Caudais Ecológico (RCE). Nele são identificadas as metodologias preconizadas, os conceitos teóricos e enquadrada a ligação dos resultados do estudo do RCE com a elaboração do Estudo Prévio.

No **Capítulo 3** é efetuada uma análise às condições hidrológicas e ecológicas da área de estudo.

No **Capítulo 4** são apresentados os regimes de caudais afluentes em condições naturais.

No **Capítulo 5** são apresentados os resultados dos RCE através da aplicação das metodologias do INAG e Perímetro molhado para a barragem do Pisão e o açude de reforço

O **Capítulos 6** são apresentadas as propostas de RCE para as duas infraestruturas hidráulicas em apreço.

No **Capítulo 7** são apresentadas as conclusões do RCE a propor para a solução do AHFM do Crato selecionada no procedimento de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA).

Por fim, o **Capítulo 8**, considera o Plano de Monitorização que deverá ser seguido para na fase de exploração do AHFM do Crato avaliar a eficácia do RCE implementado.

2 ENQUADRAMENTO

2.1 REGIME DE CAUDAIS DE MANUTENÇÃO ECOLÓGICA

A modificação do regime hidrológico natural resultante da edificação de Aproveitamentos Hidráulicos (AH) é um fenómeno generalizado, gerando impactes importante nos ecossistemas fluviais de todo o Mundo.

A construção de uma barragem promove modificações significativas no funcionamento ecológico dos sistemas fluviais em resultado da alteração dos regimes naturais de caudal e, por extensão, no ambiente físico-químico, com modificações subsequentes no ecossistema e nas comunidades biológicas.

A definição e implementação de RCE é uma das principais medidas de mitigação dos impactes resultantes da presença e exploração de AH nos sistemas ribeirinhos, contribuindo para alcançar os objetivos de qualidade definidos para as massas de água sujeitas a esta pressão.

O RCE, em sentido lato, pode ser definido como o regime de caudais mínimos que permitem assegurar a conservação e manutenção dos ecossistemas aquáticos e ribeirinhos, a produção das espécies com interesse desportivo ou comercial, a manutenção de aspetos estéticos pertinentes da paisagem, ou a defesa de outros interesses, nomeadamente científicos culturais ou sociais.

O RCE é definido por uma combinação de diferentes valores de caudal ao longo do ano, que deve ter em consideração: i) o regime hidrológico natural da linha de água, ii) as necessidades do ecossistema aquático – em particular das espécies aquáticas presentes no rio ao longo do seu ciclo de vida, e iii) a qualidade ecológica da água (*sensu* Directiva-Quadro da Água, DQA¹) no troço lótico a jusante da barragem. Em termos conceptuais, uma das características principais do regime de caudais ecológicos é o de mimetizar o regime hidrológico natural, nomeadamente a sua variabilidade.

O estabelecimento de RCE eficazes em rios de clima mediterrânico, sujeitos a grandes variações de caudal, permanece um problema complexo (e.g., Godinho *et al.*, 2014²). Como cada caso apresenta contornos particulares, é difícil seleccionar a priori o método de cálculo de RCE mais adequado, podendo, para todos, serem apontadas vantagens e desvantagens.

¹ Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000

² Godinho, F.; Costa, S.; Pinheiro, P.; Reis, F. e A. Pinheiro (2014). Integrated procedure for environmental flow assessment in rivers. *Environmental Processes*. 1(2):137-147.

Em Pinheiro (2019) é efetuada uma análise pormenorizada da inclusão da temática dos RCE no ordenamento jurídico nacional sendo, de destacar os diplomas identificados nos parágrafos seguintes.

O regime de utilização dos recursos hídricos e respetivos títulos em vigor, nos termos do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio (na sua redação atual), e da Portaria 1450/2007, de 12 de novembro, estabelece a necessidade de estabelecer RCE nas utilizações destinadas à captação de água.

A Lei da Pesca em Águas Interiores (Lei n.º 7/2008, de 15 de fevereiro, com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 221/2015, de 8 de outubro e revisto pelo Decreto-Lei n.º 112/2017, de 6 de setembro) reforçou a obrigatoriedade de estabelecer um RCE em todos os AH, independentemente do fim a que se destinam, com o intuito de adequar o regime de caudais à manutenção do ciclo de vida das espécies aquícolas e da integridade do ecossistema aquático.

Os Planos de Gestão de Região Hidrográfica (PGRH) em vigor (Resolução do Conselho de Ministros n.º 52/2016, de 20 de setembro, retificada e republicada pela Declaração de Retificação n.º 22-B/2016, de 18 de novembro) identificam a necessidade de definição de caudais ecológicos em diferentes cursos de água das bacias de cada Região Hidrográfica (RH).

Nos documentos técnicos de apoio ao Regulamento de Segurança de Barragens (RSB) – Decreto-lei n.º 344/2007 de 15 de outubro, na redação do Decreto-lei 21/2018 de 28 de março – é referido a necessidade de definir um valor máximo e mínimo para dimensionar os Dispositivos de Libertação de Caudal Ecológico (DLCE), obtidos a partir do RCE.

Por fim, importa destacar a nível comunitário o Guia da União Europeia – *CIS Guidance Document n.º 31: Ecological Flows in the Implementation of the Water Framework Directive* (EC, 2015) –, sobre metodologias a utilizar no estabelecimento de RCE no âmbito da implementação da DQA.

2.2 ÂMBITO DO TRABALHO

O estabelecimento de RCE eficazes em rios de clima mediterrânico, sujeitos a grandes variações de caudal sendo mesmo muitos deles temporários (i.e. com períodos de escoamento superficial nulo), permanece um problema complexo. Como cada caso apresenta contornos particulares, é difícil selecionar *a priori* o método mais adequado, podendo, para todos, serem apontadas vantagens e desvantagens.

Não parece ter sido encontrado até ao momento um método ideal, reunindo em simultâneo as condições desejáveis de precisão, exequibilidade e adaptabilidade. Atualmente existem

centenas de métodos para determinação de RCE, com distintos objetivos, princípios orientadores, níveis de exigência em termos de informação e níveis de detalhe metodológico, podendo ser classificados em quatro grandes grupos (e.g., Tharme, 2003): métodos hidrológicos, hidráulicos, eco hidráulicos e holísticos.

De acordo com o caderno de encargos, a avaliação do RCE para o AHFM do Crato – considerando a barragem do Pisão e o açude do Pisão – foi efetuada recorrendo à comparação do regime de caudais naturais com os seguintes métodos:

- método do INAG (método hidrológico);
- metodologia Perímetro Molhado (método hidráulico);

Importa ainda referir que como solicitado no caderno de encargos, os valores de RCE estabelecidos através do método do INAG serão utilizados para dimensionar, detalhar e pormenorizar os Dispositivos de Libertação de Caudal Ecológico (DLCE) a instalar nas infraestruturas. Por outro lado, os valores de RCE selecionados foram também considerados para simular a exploração da albufeira.

Em síntese, o estabelecimento do regime de caudal ecológico para o AHFM do Crato seguiu uma metodologia que consistiu em:

- caracterização ambiental do sistema fluvial;
- caracterização do regime de caudais naturais do sistema;
- identificação e seleção de secções ao longo da ribeira da Seda;
- definição de regimes de caudais ecológicos de base mensal através dos métodos do INAG e do perímetro Molhado;
- proposta de definição de regime de caudal ecológico e definição dos respetivos critérios de aplicação; e
- estabelecimento do programa de monitorização do regime de caudais proposto.

2.3 CAUDAIS ECOLÓGICOS DAS BARRAGENS DE MARANHÃO E MONTARGIL

O RCE das barragens de Maranhão e Montargil encontra-se definido no anexo ao Contrato de Concessão ARHT/2071.10/T/C.CA.S enviado pela CIMAA ao Consórcio.

De acordo com o Contrato referido, o RCE corresponde a 15% do escoamento médio anual em regime natural, com a distribuição mensal percentual indicada no seguinte quadro:

Quadro 2.1 – Regime de caudais ecológicos a jusante das albufeiras de Maranhão e Montargil

	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Distribuição mensal (%)	4,0	8,0	13,0	17,0	21,0	13,0	10,0	7,0	4,0	1,0	0	2,0

Fonte: Contrato de Concessão ARHT/2071.10/T/C.CA.S.

3 ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS NA RIBEIRA DA SEDA

3.1 HIDROLOGIA

Para a categoria de águas superficiais “rios”, os cursos de água existentes na área de estudo incluem duas tipologias distintas: Rios do Sul de Média-Grande Dimensão, Rios do Sul de Pequena Dimensão.

Segundo a Tipologia de Rios Em Portugal Continental (INAG, 2008a), os Rios do Sul de Pequena Dimensão (Tipo S 1; $\leq 100 \text{ km}^2$) têm uma distribuição bastante ampla, desde a região calcária do Algarve até à Região de Castelo Branco, sendo limitados, a Oeste, pela zona sedimentar do Rio Sado. Estes rios encontram-se em zonas com temperatura média anual elevada (cerca de 16°C em média) e precipitação média anual baixa (cerca de 600 mm em média), no contexto climático do território de Portugal Continental. Apresentam valores de altitude baixos (cerca de 180 m em média) e o escoamento médio anual varia de 100 a 200 mm (distância interquartil).

No que se refere à litologia, esta zona é de natureza essencialmente siliciosa, apresentando, no entanto, algumas manchas de natureza calcária. Apresenta grau de mineralização intermédio, mas no seu limite Norte apresenta baixo grau de mineralização, existindo ainda algumas manchas de elevada mineralização.

Este tipo de rios reflete o clima do Sul do País, com temperaturas médias anuais elevadas e precipitação média anual reduzida, o que, em conjunto com a sua pequena dimensão, confere à grande generalidade destes rios um regime hidrológico temporário. Na área de estudo estão representados por várias linhas de água, de onde se destacam as ribeiras do Chocanal e de Linhais.

Os Rios do Sul de Média-Grande Dimensão (Tipo S 1; $> 100 \text{ km}^2$) apresentam características climáticas e geológicas semelhantes ao tipo de Rios do Sul de Pequena Dimensão, diferindo unicamente na dimensão de área de drenagem (superior a 100 km^2). Na área de estudo estão representados pela ribeira de Seda e ribeira Grande.

Os rios a jusante das barragens do Maranhão e de Montargil, Raia, Sôr e Sorraia, percorrem na quase totalidade da sua extensão o eixo central do perímetro irrigado do Vale do Sorraia. São por isso rios com um regime hidrológico/hidráulico bastante alterado, por efeito da gestão corrente daquelas barragens.

Os rios a montante da barragem do Maranhão

Especificamente para o AHFM do Crato, a área de estudo considera a ribeira de Seda, desde montante do regolfo da albufeira do Maranhão, sensivelmente na zona de confluência da ribeira de Alfeijós, até ao local proposto para a barragem do Pisão.

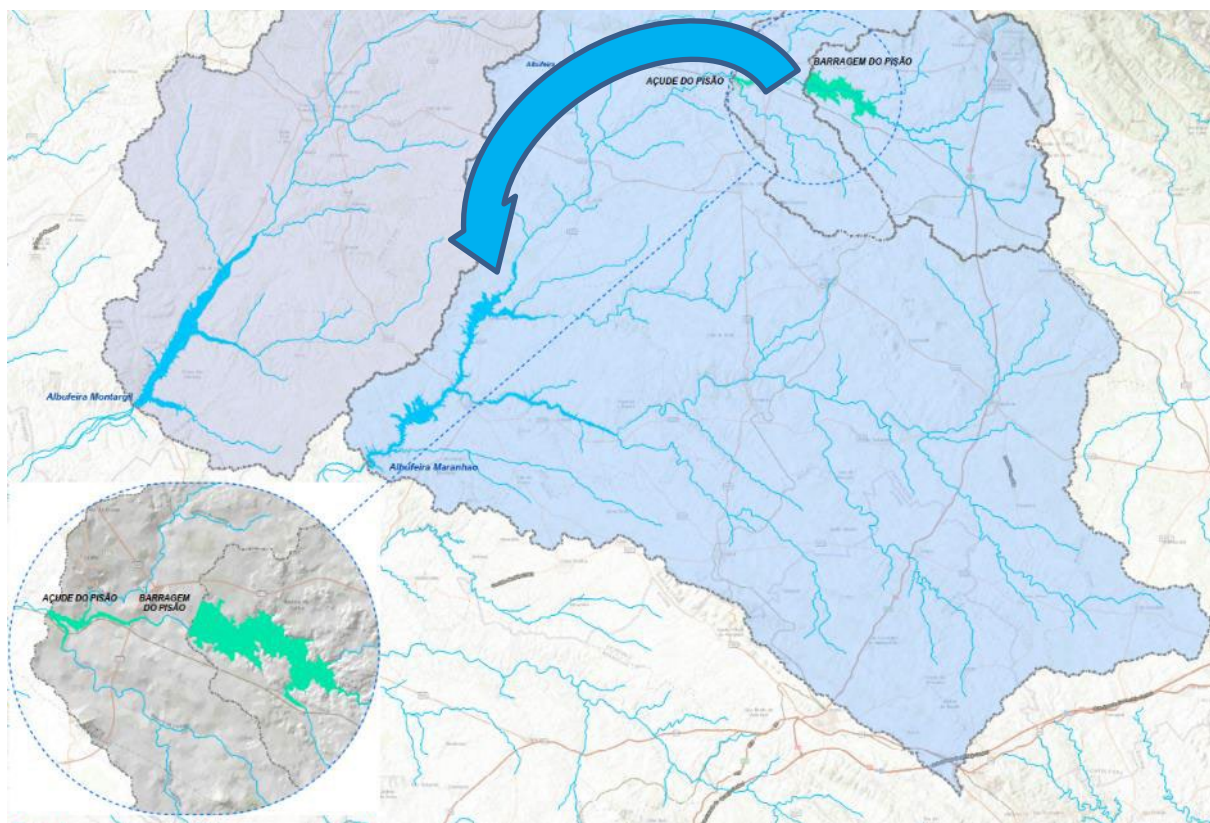


Figura 3.1 – Objeto geral do estudo de RCE da Barragem do Pisão (Até à ribeira de Alfeijós).

Todavia, pelas razões expostas em seguida, o trecho da ribeira da Seda entre os locais propostos para o açude do Pisão (um pouco a jusante da confluência da ribeira de Linhais e para a barragem do Pisão (Figura seguinte), com uma extensão de cerca de 5 km, deve constituir o objeto central da análise do RCE. Este troço da ribeira da Seda, com o código de massa de água PT05TEJ0997, pertence à tipologia abiótica dos Rios do Sul de Média-Grande Dimensão.

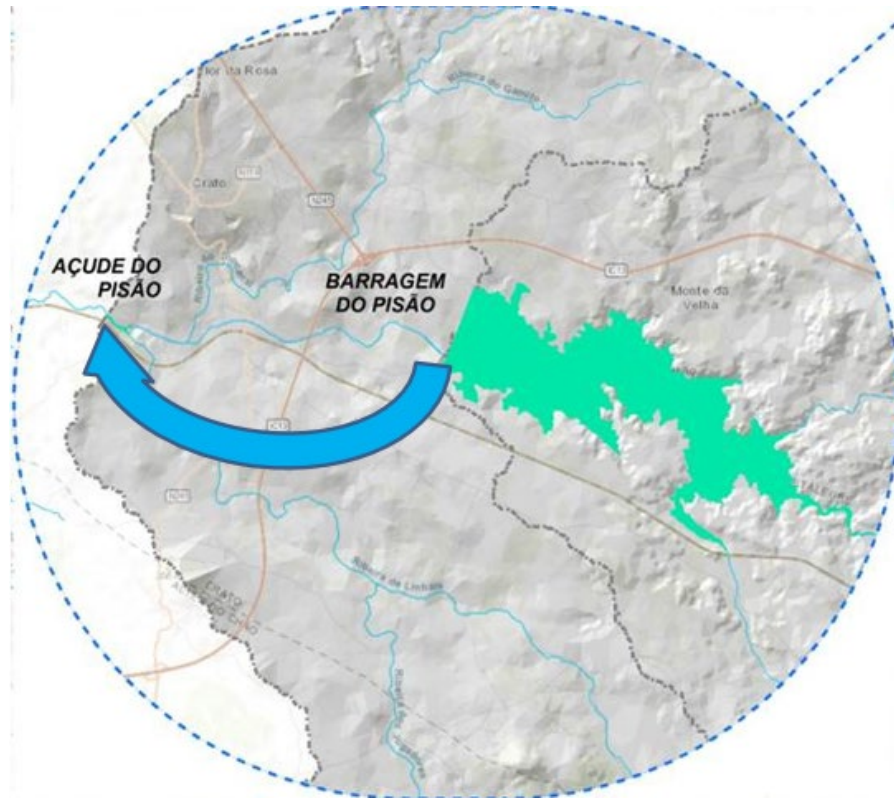


Figura 3.2 – Objeto central do estudo de RCE da Barragem do Pisão (até à ribeira de Linhais).

Como justificado nos capítulos seguintes, a montante e próximo do local proposto para o açude do Pisão confluem duas importantes linhas de água (ribeira de Linhais – massa de água PT05TEJ0973 – e ribeira do Chocanal – massa de água PT05TEJ0974 –, inseridas na tipologia dos Rios do Sul de Pequena Dimensão) que, em conjunto com outras, adicionam à ribeira da Seda um escoamento médio anual de 22,11 hm³, aumentando o escoamento médio anual total para 72,14 hm³ na seção do Açude do Pisão, ou seja, mais cerca de 44% que o escoamento médio anual estimado para a secção da barragem (50,03 hm³).

Significa isto, que até à ribeira de Linhais, inclusive, entram no sistema hidrográfico caudais naturais cuja ordem de grandeza pode ter relevância na mitigação do impacte da exploração da barragem do Pisão nos sistemas ribeirinhos a jusante daquele ponto. Assim, o trecho da ribeira da Seda sujeito a maior pressão situa-se entre o local proposto para a barragem do Pisão e a ribeira de Linhais, cuja extensão aproximada é cerca de 5 km.

Assim, foram considerados dois âmbitos espaciais de análise:

- geral: entre montante do regolfo da albufeira do Maranhão até ao local proposto para a barragem do Pisão;
- atenção especial: o trecho da Ribeira da Seda entre a confluência da Ribeira de Linhais e o local da barragem do Pisão, com uma extensão de cerca de 5 km.

3.2 ECOLOGIA

Uma das componentes chave para o estabelecimento dos RCE são as comunidades biológicas efetivamente presentes nos troços fluviais objeto do RCE a estabelecer. No caso em apreço, a comunidade piscícola poderá ser utilizada como alvo na determinação do RCE face à sua maior sensibilidade à redução do caudal circulante, a que acresce a presença de espécies com relevância conservacionista e também para outras atividades (e.g., pesca desportiva).

No decursos dos trabalhos do EIA para caracterização da comunidade ictiofaunística existente na ribeira da Seda, no setor compreendido entre o extremo de montante da futura albufeira do Pisão e a confluência com a albufeira do Maranhão, foram identificadas 13 espécies piscícolas (ver TOMO02 do EIA), seis delas nativas: barbo-comum (*Luciobarbus bocagei*), barbo de Steindachner (*L. steindachneri*), boga-comum (*Pseudochondrostoma polylepis*), bordalo (*Squalius alburnoides*), escalo-do-Sul (*S. pyrenaicus*) e verdemã-comum (*Cobitis paludica*).

Além de disponibilização do habitat para a sobrevivência das várias espécies dulçaquícolas e manutenção da funcionalidade geral do ecossistema aquático e ribeirinho, , o RCE será particularmente relevante para as espécies potamódromas presentes, a boga-comum e os barbos (*Luciobarbus* spp.).

O estado de conservação atual das populações piscícolas é variável espacialmente ao longo do troço da ribeira da Seda em avaliação no âmbito do RCE, com setores em boa condição (e.g., na área onde está equacionada a futura albufeira do Pisão), traduzida no domínio de espécies nativas, e outros em condição precária (e.g., no setor da ribeira da Seda próxima da albufeira do Maranhão), com uma elevada proporção de taxa exóticos.

4 REGIME DE CAUDAIS AFLUENTES EM CONDIÇÕES NATURAIS

4.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS

Os caudais fluviais naturais determinam intrinsecamente as características morfológicas e hidráulicas dos sistemas fluviais, definindo a organização física do meio fluvial e o funcionamento biológico do ecossistema. Por tal motivo, a avaliação dos RCE a jusante das duas infraestruturas em apreço, qualquer que seja o método para o efeito utilizado, dever-se-á fundamentar nas características do regime de escoamento afluente em condições naturais, tanto mais que a generalidade dos métodos disponíveis procura que o RCE a que conduz mimetize o ocorrente em condições naturais. O AHFM do Crato beneficiará das afluições geradas na bacia hidrográfica da ribeira de Seda (**Figura 4.1**):

- definida pela secção da futura barragem do Pisão, a qual é praticamente coincidente com a secção da atual Estação Hidrométrica, EH, de Couto de Andreiros (18L/01H); e,
- pela bacia própria do local estudado para o açude do Pisão, entre este (prevista um pouco a jusante da ribeira de Linhais) e a futura barragem do Pisão, a montante.

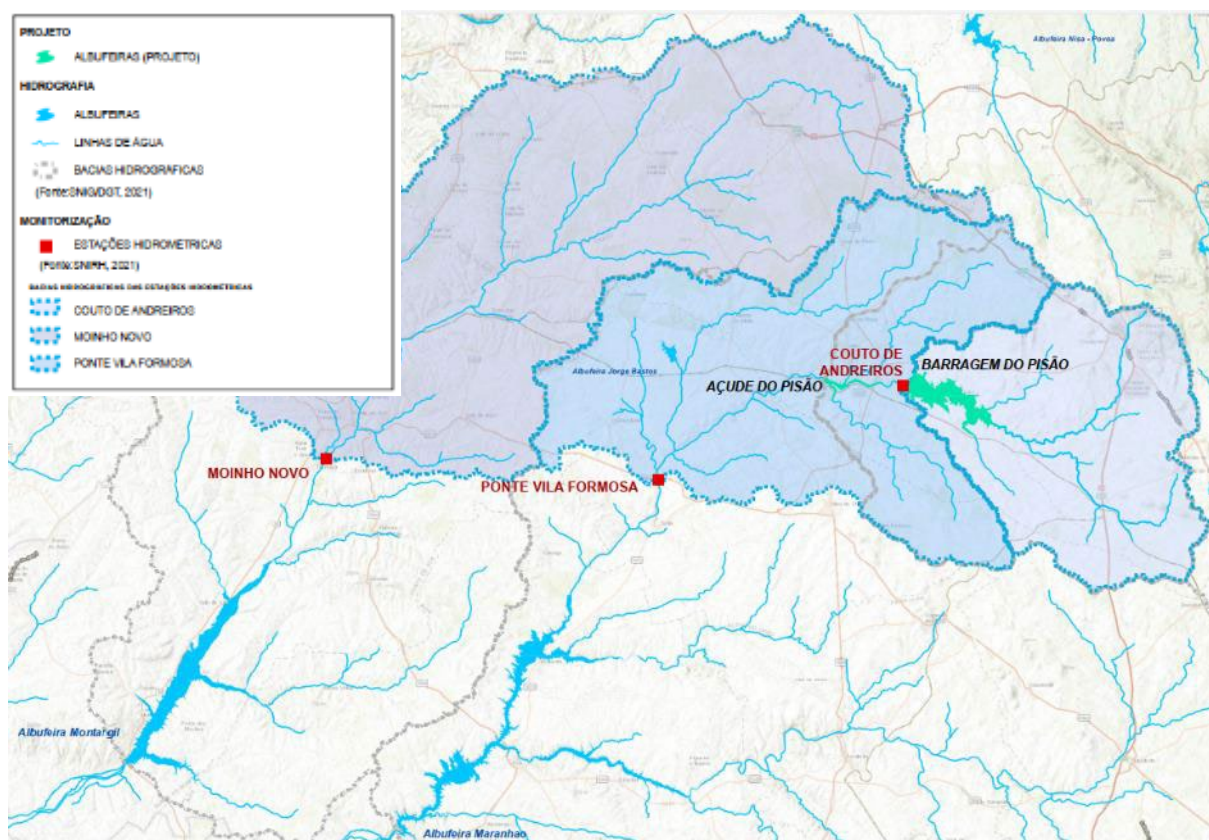


Figura 4.1 – Bacia hidrográfica nas seções propostas para a barragem para o açude do Pisão.

O Estudo Hidrológico já apresentado³, foi realizado não só para as duas bacias anteriores, como também para as bacias hidrográficas das estações hidrométricas e outras secções de referência:

- bacia da futura barragem do Pisão (EH de Couto de Andreiros): 244,55 km²;
- bacia própria do futuro açude do Pisão: 146,0 km²; cujos principais tributários são as ribeiras de Chocanal e de Linhais;
- bacia própria da barragem do Maranhão: 1891,19 km²;
- barragem de Montargil: 1183,41 km²;
- EH de Moinho Novo: 647,05 km²;
- EH de Ponte de Vila Formosa: 664.81 km².

4.2 ESTAÇÕES HIDROMÉTRICAS

No que respeita a estações hidrométricas (EH), foram consultados os registos de caudais médios diários disponíveis no SNIRH, relativos a estações localizadas nas bacias hidrográficas em estudo e nas bacias das barragens do Maranhão e de Montargil (**Figura 4.1**).

Estas estações, com a indicação da sua localização e dos anos hidrológicos em que há registos completos, constam do quadro seguinte.

Quadro 4.1 – Estações hidrométricas.

Estação hidrométrica	Código	Localização		Altitude (m)	Área (km ²)	Linha de água / Bacia hidrográfica	Período de observação (anos)
		Latitude (°N)	Longitude (°W)				
Couto de Andreiros	(18L/01H)	39.269	-7.604	208	244.53	Ribeira da Raia ou de Seda / Rio Tejo	1975/76 a 1976/77, 1978/79 a 1984/85, 1986/87 a 1992/93, 2001/02, 2003/04, 2005/06 a 2007/08 e 2010/11 a 2011/12
Moinho Novo	(18I/01H)	39.228	-8.029	99	647.05	Rio Sôr /Rio Tejo	1980/81 a 1984/85, 1986/87 a 1989/90 e 2004/05
Ponte de Vila Formosa	(18K/01H)	39.216	-7.784	139	664.81	Ribeira da Raia ou de Seda / Rio Tejo	1980/81 a 1989/90, 2002/03 a 2003/04 e 2007/08 a 2008/09

³ Nota Técnica N°2 – Estudos de Base. Infra-Estruturas Hidráulicas Primárias. Do âmbito do presente contrato

Relativamente à estação Hidrométrica de Couto de Andreiros, no Estudo Hidrológico realizado em abril de 2011, pelo consultor COBA, apenas foram utilizadas as afluições mensais e anuais no período posterior a 1975/76, por se ter constatado que a série de escoamentos mensais e anuais no período anterior apresentava um erro sistemático na leitura dos caudais.

Por esta razão, no quadro anterior, é indicado que o período de registos desta estação tem início no ano hidrológico de 1975/76.

4.3 AFLUÊNCIAS À SECÇÃO ESTUDADA PARA A BARRAGEM DO PISÃO

4.3.1 Escoamento na EH de Couto de Andreiros

O local escolhido para a construção da barragem do Pisão é, praticamente, coincidente com a secção da estação hidrométrica de Couto de Andreiros.

Esta estação, que domina uma área de bacia hidrográfica com 244,55 km², entrou em funcionamento em 1952/53 e foi desativada em 1992. Em sua substituição, entrou em funcionamento, em julho de 2001, uma nova estação, pertencente à rede hidrométrica automática gerida pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA).

Questionada sobre a eventual realocização da nova estação hidrométrica, a APA assegurou que a medição de nível continua a ser feita na mesma secção.

Como se pode constatar no **Quadro 4.1**, nenhuma das três estações hidrométricas estudadas possui registos completos nos últimos 30 anos.

Assim, os registos de Couto de Andreiros foram completados mediante as seguintes metodologias:

- por correlação com as outras duas estações hidrométricas, nos anos em que tal foi possível;
- mediante a aplicação do modelo hidrológico HEC-HMS, que permite obter séries de escoamentos diários, a partir das séries de precipitações diárias, nos restantes anos.

A EH de Couto de Andreiros possui apenas 23 anos hidrológicos com registos completos de caudais médios diários e apenas os últimos três anos estão inseridos no período de 30 anos mais recente, entre 1990/91 e 2019/20, para os quais se pretende efetuar a simulação da exploração conjunta das novas albufeiras com o Aproveitamento de Fins Múltiplos do Sorraia.

Procedeu-se, então, à análise destes registos e ao preenchimento de falhas. Foi possível acrescentar à série de caudais médios diários os anos hidrológicos de 2002/03, 2004/05, e 2008/09 a 2009/10 (4 anos).

Assim, com base na série acrescentada de caudais médios diários é apresentada, no **Quadro 4.2**, as afluências mensais e anuais, em hm³, registadas e completadas, na EH.

Quadro 4.2 – Afluências mensais e anuais, em hm³, na secção da EH de Couto de Andreiros (1975-1976-2011/2012)

Ano hidro-lógico	Afluência mensal e anual (hm ³)												Ano
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abri	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	
1975/76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.55	2.75	0.00	0.00	0.00	0.00	3.35
1976/77	0.30	7.29	17.75	22.77	48.79	6.96	1.90	0.68	0.52	0.04	0.00	0.00	107.00
1977/78	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1978/79	0.01	0.06	27.50	23.97	51.59	8.85	12.60	0.45	0.07	0.00	0.00	0.00	125.09
1979/80	4.87	0.48	0.51	1.57	4.01	13.59	4.77	2.94	0.06	0.00	0.00	0.00	32.80
1980/81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	1.10	0.30	0.02	0.00	0.00	0.00	1.55
1981/82	0.00	0.00	10.89	11.96	4.43	1.53	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.02
1982/83	0.00	0.73	0.95	0.53	0.24	0.08	0.06	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	3.38
1983/84	0.00	16.70	17.41	5.84	1.87	6.23	9.33	5.85	2.14	0.08	0.00	0.00	65.44
1984/85	0.15	6.86	9.03	33.07	25.34	3.68	8.96	3.76	0.72	0.00	0.00	0.00	91.57
1985/86	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1986/87	0.02	0.11	0.36	4.57	14.10	4.78	9.35	0.56	0.01	0.00	0.00	0.00	33.87
1987/88	2.42	2.86	15.68	21.49	10.68	2.57	4.04	3.67	6.52	6.16	0.16	0.00	76.24
1988/89	0.24	0.36	0.30	0.25	0.32	0.38	1.54	2.09	0.16	0.00	0.00	0.00	5.65
1989/90	0.10	8.46	42.57	11.40	5.22	1.82	1.04	0.22	0.02	0.00	0.00	0.00	70.85
1990/91	0.44	3.07	1.78	4.63	9.42	21.84	3.09	0.29	0.05	0.00	0.00	0.00	44.61
1991/92	0.31	0.16	0.16	0.08	0.05	0.06	0.59	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	4.71
1992/93	0.00	0.13	0.47	0.22	0.39	0.41	0.31	1.84	0.54	0.00	0.00	0.00	4.31
1993/94	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1994/95	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1995/96	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1996/97	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1997/98	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1998/99	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1999/00	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2000/01	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2001/02	0.08	0.01	0.01	0.21	0.12	1.21	1.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.10	2.79
2002/03	0.08	1.52	11.79	15.32	9.42	7.09	4.73	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	50.43
2003/04	0.13	1.72	6.72	4.12	7.01	1.84	0.71	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	22.82
2004/05	0.24	0.24	0.15	0.01	0.00	0.03	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75
2005/06	1.41	1.57	2.35	1.20	1.24	11.04	3.87	0.17	0.02	0.01	0.00	0.02	22.90
2006/07	8.72	28.79	10.80	1.10	7.27	2.22	0.96	0.83	0.24	0.00	0.00	0.17	61.09
2007/08	0.46	2.77	0.22	1.47	2.08	0.48	3.82	2.20	0.35	0.00	0.00	0.04	13.89
2008/09	0.06	0.10	0.26	6.04	11.86	0.63	0.23	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	19.24
2009/10	0.07	0.03	6.42	13.90	18.94	19.31	3.02	0.57	0.15	0.00	0.00	0.00	62.40
2010/11	0.10	0.10	11.74	17.32	10.17	3.56	2.67	1.84	0.14	0.00	0.00	0.01	47.64
2011/12	0.07	1.05	0.58	0.23	0.05	0.01	0.05	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	2.13

Ano hidro- lógico	Afluência mensal e anual (hm³)												
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abri	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
2012/13	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2013/14	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2014/15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2015/16	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2016/17	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2017/18	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2018/19	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2019/20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Média	0.75	3.15	7.27	7.53	9.06	4.46	2.98	1.35	0.43	0.23	0.01	0.01	37.24

Apesar de existirem algumas dúvidas quanto à validade dos registos posteriores a 2000, de acordo com os cálculos efetuados, o escoamento anual médio na bacia hidrográfica da EH de Couto de Andreiros, no período de 1975/76 a 1976/77, 1978/79 a 1984/85, 1986/87 a 1992/93 e 2001/02 a 2011/12, é de **152.3 mm**, ao qual corresponde uma afluência anual média de **37.24 hm³** (área da bacia = 244.55 km²).

4.3.2 Escoamento na secção em estudo para a barragem do Pisão

Após correção e completamento dos registos da EH de Couto de Andreiros com base nos registos da EH de Ponte de Vila Formosa e, de estabelecimento, calibração e aplicação de um modelo hidrológico precipitação-escoamento (Em HEC-HMS) foram obtidos os resultados apresentados no **Quadro 4.3**.

Quadro 4.3 – Afluências mensais e anuais, em hm³, na secção da futura barragem do Pisão no período de 1990/91 a 2019/20.

Ano hidro- lógico	Afluência mensal e anual (hm³)												
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abri	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
1990/91	0.44	3.07	1.78	4.63	9.42	21.84	3.09	0.29	0.05	0.00	0.00	0.00	44.61
1991/92	0.31	0.16	0.16	0.08	0.05	0.06	0.59	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	4.71
1992/93	0.00	0.13	0.47	0.22	0.39	0.41	0.31	1.84	0.54	0.00	0.00	0.00	4.31
1993/94	10.44	16.22	4.14	10.91	5.43	3.96	1.81	15.16	0.07	0.00	0.01	0.00	68.16
1994/95	1.99	12.16	2.75	3.56	11.55	0.22	0.19	0.13	0.07	0.05	0.00	0.33	33.00
1995/96	0.12	9.15	27.97	54.36	3.53	1.31	3.74	14.00	0.00	0.00	0.00	1.65	115.83
1996/97	1.56	5.59	16.06	5.33	0.09	0.00	0.19	2.97	0.39	0.11	0.13	0.79	33.20
1997/98	15.76	36.78	21.56	3.52	6.92	0.04	0.68	9.59	2.24	0.00	0.00	0.45	97.55
1998/99	2.11	12.74	1.25	11.03	0.07	0.57	0.28	0.63	0.01	0.00	0.11	3.80	32.61
1999/00	31.50	0.35	1.51	0.49	0.09	0.34	2.70	0.94	0.00	0.06	0.00	0.05	38.03
2000/01	2.01	21.17	23.83	8.88	7.36	21.38	0.16	0.38	0.14	0.00	0.03	2.01	87.34
2001/02	0.63	0.10	0.00	0.72	1.41	9.95	3.41	1.01	0.58	0.60	0.64	0.81	19.88
2002/03	1.00	4.71	12.36	15.78	11.12	8.25	5.54	2.10	0.19	0.00	0.00	0.02	61.08
2003/04	1.47	9.01	10.55	7.53	9.61	5.52	3.31	2.04	0.29	0.13	0.22	0.30	50.00

Ano hidro-lógico	Afluência mensal e anual (hm³)												
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abri	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
2004/05	2.65	3.55	2.26	1.17	0.71	0.81	0.70	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	11.93
2005/06	1.47	4.77	5.71	4.58	3.95	11.08	4.39	1.05	0.01	0.00	0.00	0.06	37.07
2006/07	13.12	35.00	11.82	4.10	8.70	4.38	2.86	2.10	1.15	0.81	0.74	1.48	86.26
2007/08	2.87	2.88	1.94	4.62	5.99	3.50	8.30	4.64	2.14	0.24	0.63	0.77	38.53
2008/09	1.10	1.74	2.54	8.12	14.91	4.39	2.69	1.58	0.54	0.00	0.04	0.10	37.74
2009/10	0.57	1.69	12.59	20.04	15.77	21.28	6.11	2.91	1.10	0.27	0.50	0.40	83.24
2010/11	6.50	3.81	3.36	16.07	12.69	0.71	11.93	8.79	0.00	0.00	0.03	3.12	67.02
2011/12	3.71	14.57	0.36	0.12	0.00	0.00	0.37	1.96	0.00	0.00	0.00	1.79	22.89
2012/13	7.10	17.37	6.94	8.02	0.69	20.34	9.79	0.13	0.09	0.00	0.00	4.51	74.97
2013/14	18.73	0.13	0.24	0.00	8.95	0.44	15.31	0.31	0.09	0.01	0.00	9.39	53.60
2014/15	14.98	6.08	0.42	2.93	0.67	0.15	4.83	0.49	0.16	0.00	0.00	0.11	30.82
2015/16	23.35	0.92	3.84	10.02	7.23	0.68	7.20	9.13	0.17	0.00	0.00	0.66	63.19
2016/17	6.71	20.17	2.31	4.24	3.96	5.23	0.24	4.22	0.00	0.00	0.00	0.00	47.08
2017/18	4.79	0.99	10.96	2.03	1.25	33.89	6.60	1.17	0.05	0.00	0.05	0.10	61.89
2018/19	4.22	8.15	2.87	0.59	4.09	3.69	3.89	0.29	0.00	0.01	1.18	2.25	31.22
2019/20	4.42	12.58	32.84	2.01	0.25	4.22	2.81	3.88	0.00	0.00	0.00	0.26	63.27
Média	6.19	8.86	7.51	7.19	5.23	6.29	3.80	3.24	0.34	0.08	0.14	1.17	50.03

De acordo com o quadro anterior, nos 30 anos hidrológicos mais recentes, de 1990/91 a 2019/20, a afluência anual média à secção da futura barragem do Pisão é de 50.03 hm³.

Na figura seguinte apresenta-se a curva de duração média anual de caudais médios diários, calculada a partir da série de escoamentos diário obtida para a secção da futura barragem.

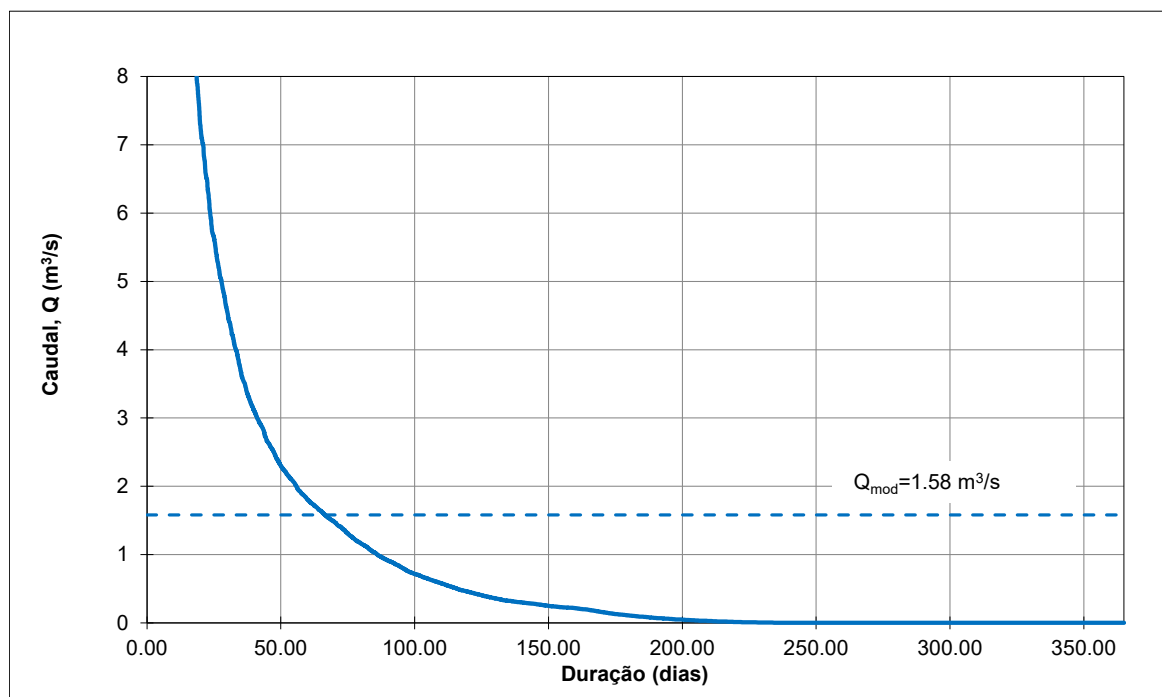


Figura 4.2 – Curva de duração média anual de caudais médios diários na secção proposta para a barragem do Pisão.

4.4 AFLUÊNCIAS À SECÇÃO ESTUDADA PARA O AÇUDE DO PISÃO

As afluências mensais e anuais estimadas para a secção de localização proposta para o açude de reforço são indicadas no quadro seguinte.

Quadro 4.4 – Afluências mensais e anuais, em hm³, à secção proposta do açude do Pisão, no período de 1990/91 a 2019/20.

Ano hidro-lógico	Afluência mensal e anual (hm³)												
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abri	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
1990/91	0.20	1.36	0.79	2.04	4.16	9.65	1.37	0.13	0.02	0.00	0.00	0.00	19.71
1991/92	0.14	0.07	0.07	0.03	0.02	0.03	0.26	1.46	0.00	0.00	0.00	0.00	2.08
1992/93	0.00	0.06	0.21	0.10	0.17	0.18	0.14	0.82	0.24	0.00	0.00	0.00	1.91
1993/94	4.61	7.17	1.83	4.82	2.40	1.75	0.80	6.70	0.03	0.00	0.00	0.00	30.12
1994/95	0.88	5.37	1.22	1.58	5.10	0.10	0.08	0.06	0.03	0.02	0.00	0.15	14.58
1995/96	0.05	4.05	12.36	24.03	1.56	0.58	1.65	6.19	0.00	0.00	0.00	0.73	51.19
1996/97	0.69	2.47	7.10	2.35	0.04	0.00	0.08	1.31	0.17	0.05	0.06	0.35	14.67
1997/98	6.97	16.26	9.53	1.56	3.06	0.02	0.30	4.24	0.99	0.00	0.00	0.20	43.11
1998/99	0.93	5.63	0.55	4.87	0.03	0.25	0.12	0.28	0.01	0.00	0.05	1.68	14.41
1999/00	13.92	0.16	0.67	0.22	0.04	0.15	1.19	0.41	0.00	0.02	0.00	0.02	16.81
2000/01	0.89	9.36	10.53	3.92	3.25	9.45	0.07	0.17	0.06	0.00	0.01	0.89	38.60
2001/02	0.28	0.04	0.00	0.32	0.62	4.40	1.51	0.45	0.26	0.27	0.28	0.36	8.79
2002/03	0.44	2.08	5.46	6.98	4.91	3.65	2.45	0.93	0.08	0.00	0.00	0.01	26.99
2003/04	0.65	3.98	4.66	3.33	4.25	2.44	1.46	0.90	0.13	0.06	0.10	0.13	22.10

Ano hidro-lógico	Afluência mensal e anual (hm³)												
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abri	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Ano
2004/05	1.17	1.57	1.00	0.52	0.32	0.36	0.31	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	5.27
2005/06	0.65	2.11	2.52	2.02	1.75	4.90	1.94	0.46	0.00	0.00	0.00	0.03	16.38
2006/07	5.80	15.47	5.23	1.81	3.85	1.93	1.27	0.93	0.51	0.36	0.33	0.65	38.12
2007/08	1.27	1.27	0.86	2.04	2.65	1.54	3.67	2.05	0.95	0.11	0.28	0.34	17.03
2008/09	0.49	0.77	1.12	3.59	6.59	1.94	1.19	0.70	0.24	0.00	0.02	0.05	16.68
2009/10	0.25	0.75	5.57	8.86	6.97	9.40	2.70	1.29	0.49	0.12	0.22	0.18	36.79
2010/11	2.87	1.68	1.49	7.10	5.61	0.31	5.27	3.88	0.00	0.00	0.01	1.38	29.62
2011/12	1.64	6.44	0.16	0.05	0.00	0.00	0.16	0.87	0.00	0.00	0.00	0.79	10.12
2012/13	3.14	7.68	3.07	3.54	0.30	8.99	4.33	0.06	0.04	0.00	0.00	1.99	33.13
2013/14	8.28	0.06	0.11	0.00	3.96	0.19	6.77	0.14	0.04	0.01	0.00	4.15	23.69
2014/15	6.62	2.69	0.18	1.29	0.30	0.07	2.14	0.22	0.07	0.00	0.00	0.05	13.62
2015/16	10.32	0.41	1.70	4.43	3.19	0.30	3.18	4.03	0.08	0.00	0.00	0.29	27.93
2016/17	2.97	8.91	1.02	1.87	1.75	2.31	0.11	1.86	0.00	0.00	0.00	0.00	20.81
2017/18	2.12	0.44	4.84	0.90	0.55	14.98	2.92	0.52	0.02	0.00	0.02	0.04	27.35
2018/19	1.86	3.60	1.27	0.26	1.81	1.63	1.72	0.13	0.00	0.01	0.52	0.99	13.80
2019/20	1.95	5.56	14.51	0.89	0.11	1.86	1.24	1.72	0.00	0.00	0.00	0.12	27.96
Média	2.73	3.91	3.32	3.18	2.31	2.78	1.68	1.43	0.15	0.03	0.06	0.52	22.11

De acordo com o quadro anterior, nos 30 anos hidrológicos mais recentes, de 1990/91 a 2019/20, a afluência anual média à secção do açude do Pisão, gerada na sua bacia própria, é de **22.11 hm³**.

Este valor, representa um acréscimo de cerca de 44% em relação aos caudais estimados para a secção da barragem. Na figura seguinte apresenta-se a curva de duração média anual de caudais médios diários da bacia própria do açude.

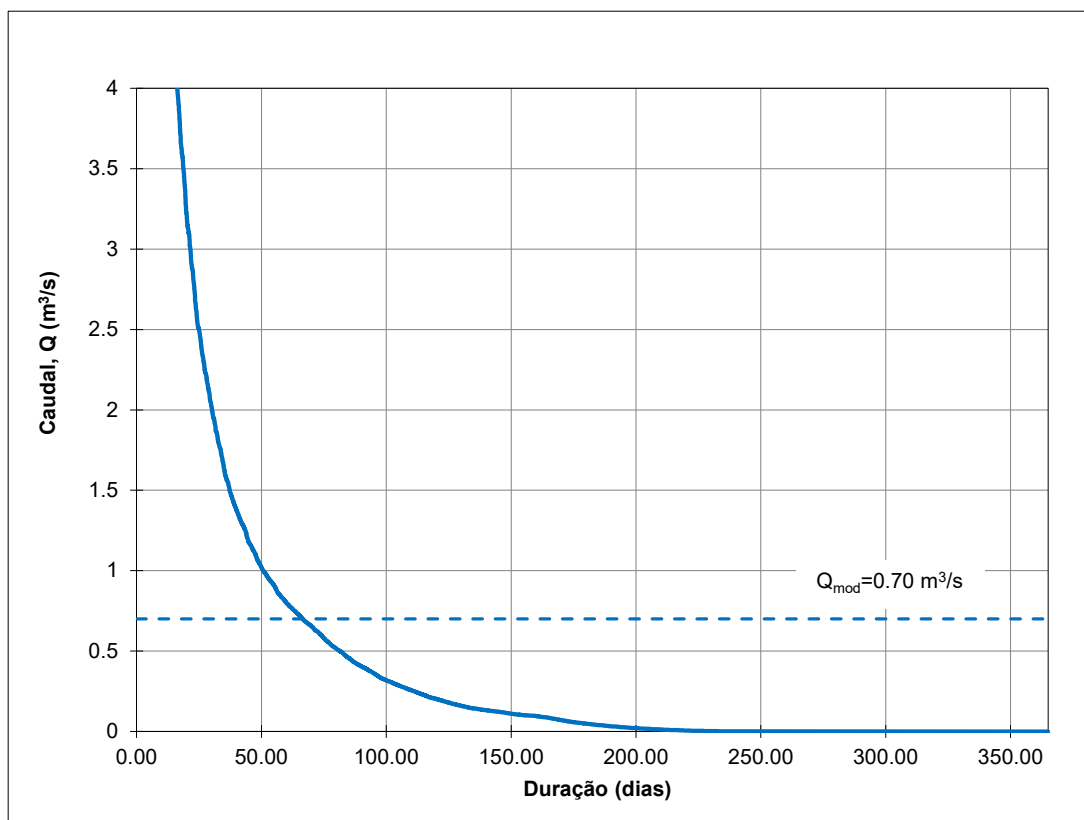


Figura 4.3 – Curva de duração média anual de caudais médios diários na secção do futuro açude do Pisão (Bacia própria).

5 MÉTODOS APLICADOS

5.1 CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS

O objetivo principal do RCE proposto será o de mimetizar o regime hidrológico natural, nomeadamente a sua variabilidade, compatibilizando esse regime de caudais com o funcionamento previsto para a albufeira.

O RCE é definido por uma combinação de valores de caudal ao longo do ano, que deverá ter em consideração o regime hidrológico natural da linha de água, as necessidades das espécies ao longo do seu ciclo de vida e a qualidade da água no troço a jusante da barragem.

Para o caso em estudo, a avaliação dos RCE será efetuada recorrendo a diferentes métodos disponíveis para o efeito, nomeadamente os que estavam indicados no Caderno de Encargos, e que consistem no método do INAG e o método do Perímetro Molhado.

5.2 MÉTODO INAG

5.2.1 Metodologia

No âmbito dos trabalhos desenvolvidos para elaboração do primeiro Plano Nacional da Água (PNA), o Instituto da Água propôs um método para todo o País que tem vindo a ser aplicado pela Autoridade Nacional da Água. Este método, geralmente designado como Método do INAG, é, à luz do conhecimento existente, o método hidrológico mais adequado à realidade portuguesa, considerando aspetos ecológicos específicos do funcionamento dos sistemas fluviais portugueses e gerando **RCE** que, na sua variabilidade intra-anual, mimetizam o regime hidrológico natural.

No seu estabelecimento foram considerados os seguintes pressupostos de base ecohidrológica:

- variação sazonal do caudal (variabilidade inter e intra-anual, ocorrência de cheias e secas, ocorrência de períodos de caudais baixos ou nulos).
- baixa ou nula redução dos caudais naturais durante o período de estiagem, para não agravar os constrangimentos ambientais para o ecossistema.
- valores superiores de caudal durante o período de janeiro a março, quando são maiores as disponibilidades hídricas e aparentemente “excedentárias” para as necessidades do sistema ecológico.
- descarga de um caudal que permita a inundação do leito maior durante o período húmido (janeiro-fevereiro) para assegurar a vegetação ribeirinha e a geomorfologia do curso de água;

- modificação dos caudais propostos em ano seco (fator de redução do regime hidrológico em ano seco dado pela razão entre o escoamento anual em ano seco [com a probabilidade de não excedência de 20%] e o escoamento anual em ano médio).

O método assume a divisão do país em três regiões distintas (Norte do rio Tejo, excluindo a sub-região Terra Quente; Sul do Rio Tejo – onde a área de estudo se insere –; Terra Quente) que são consideradas hidrologicamente homogêneas, sendo definidos para cada região critérios hidrológicos que originam um **RCE**, definido à escala mensal, com base nos quantis obtidos a partir das curvas de duração dos caudais médios diários (CDC⁴) referentes aos sucessivos meses. Esses períodos foram considerados como apresentando características ecológicas específicas, abrangendo o período de migração dos peixes, a sua reprodução, e a estação seca de verão.

Mais especificamente, considera os seguintes aspetos ecologicamente relevantes:

- condições de continuidade hídrica que possibilitem a recolonização/migração outono-invernal das populações piscícolas com interesse conservacionista ou económico (outubro-março);
- condições de corrente e turbulência no inverno/primavera compatíveis com os processos de reprodução, designadamente das espécies piscícolas reófilas, e manutenção dos caudais de “atração” para as espécies migradoras diádromas (dezembro- abril);
- persistência de condições ambientais nos pegos estivais que não agravem a sobrevivência de organismos aquáticos e de outros dependentes do sistema aquático (março - setembro);
- condições para a manutenção da estrutura e composição da vegetação ripícola, contrariando a tendência para a alteração do transporte sólido e consequente modificação da geomorfologia dos cursos.

Apesar das limitações ainda existentes no conhecimento da eficácia dos RCE em Portugal, os valores de caudal obtidos com este método são geralmente considerados conservativos.

Para a região geográfica do projeto (Referência “Sul do Tejo”) o RCE é definido à escala mensal com base nos quantis (q_α), obtidos a partir das CDC referentes a cada um dos 12 meses do ano, indicados no quadro seguinte.

⁴ Curvas de frequências cumulativas representando a percentagem do tempo durante o qual o caudal médio diário iguala ou excede um determinado valor no trecho de curso de água em estudo

Quadro 5.1 – Definição dos caudais de manutenção ecológica de acordo com INAG (adaptado de DSP 2002)⁵.

	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
q_{α}	qmed	q25	$(q25+q50)/2$	q50	q50	q50	q50	q50	q50	qmed	qmed	qmed

No quadro anterior, q_{α} é o caudal médio diário que é excedido em $\alpha\%$ do número de dias desse mês, avaliado sobre a série integral da curva classificada de caudais médios diários desse mês e, qmed representa o caudal médio no mês em questão (caudal mensal médio).

Esta metodologia foi aplicada aos valores de caudais médios diários considerados válidos da estação hidrométrica (EH) de Couto de Andreiros: 1975/76-1992/93. Considerando a proximidade à secção da EH, os resultados obtidos foram generalizados para a secção da barragem do Pisão e para a secção do Açude do Pisão com base na relação entre a área total das respetivas bacias hidrográficas.

5.2.2 Resultados

5.2.2.1 Barragem do Pisão

A aplicação da metodologia descrita conduziu aos resultados indicados no **Quadro 5.2**.

Quadro 5.2 – RCE mensal estimado para a barragem do Pisão. Método INAG.

	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Anual
Afluências à barragem													
Média 1975/76-1992/93 (m3/s) (*)	0.20	1.13	3.05	3.20	4.42	1.71	1.42	0.66	0.25	0.14	0.00	0.00	1.35
Média 1975/76-1992/93 (hm3) (*)	0.53	2.92	8.17	8.58	10.70	4.59	3.69	1.77	0.64	0.37	0.01	0.00	41.97
Caudal ecológico, INAG, 2002. Base: Série de caudais diários da EH de Couto de Andreiros com dados validados. 1975/76-1992/93													
INAG, 2002 - Sul do Tejo	qmed	q25	$(q25+q50)/2$	q50	q50	q50	q50	q50	q50	qmed	qmed	qmed	-
Na E.H. (m3/s)	0.20	0.73	1.11	0.86	1.09	0.75	0.62	0.20	0.01	0.14	0.00	0.00	0.48
Na barragem (m3/s)	0.20	0.73	1.11	0.86	1.09	0.75	0.62	0.20	0.01	0.14	0.00	0.00	0.48
Na barragem (hm3)	0.53	1.89	2.97	2.30	2.64	2.01	1.61	0.54	0.03	0.37	0.01	0.00	14.90
(% da afluência do mês)	100%	65%	36%	27%	25%	44%	44%	31%	5%	100%	100%	100%	36%
(% do caudal ecológico anual)	4%	13%	20%	15%	18%	13%	11%	4%	0%	2%	0%	0%	100%

5.2.2.2 Açude do Pisão

Para a secção estudada para o açude do Pisão a aplicação da metodologia descrita conduziu aos resultados indicados no **Quadro 5.3**.

⁵ INAG, DSP – Caudais ecológicos em Portugal, Instituto da Água, Direcção de Serviços de Planeamento, Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, Lisboa, 2002.

Quadro 5.3 – RCE mensal estimado para o açude do Pisão. Método INAG.

	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Anual
Afluências ao açude													
Média 1975/76-1992/93 (m3/s) (*)	0.31	1.80	4.87	5.12	7.07	2.74	2.27	1.06	0.39	0.22	0.01	0.00	2.15
Média 1975/76-1992/93 (hm3) (*)	0.84	4.66	13.05	13.70	17.09	7.33	5.90	2.83	1.02	0.59	0.02	0.00	67.03
Caudal ecológico, INAG, 2002. Base: Série de caudais diários da EH de Couto de Andreiros com dados validados, 1975/76-1992													
INAG, 2002 - Sul do Tejo	qmed	q25	(q25+q50)/2	q50	q50	q50	q50	q50	q50	qmed	qmed	qmed	-
Na E.H. (m3/s)	0.20	0.73	1.11	0.86	1.09	0.75	0.62	0.20	0.01	0.14	0.00	0.00	0.48
No açude (m3/s)	0.31	1.17	1.77	1.37	1.74	1.20	0.99	0.32	0.02	0.22	0.01	0.00	0.76
No açude (hm3)	0.84	3.02	4.75	3.68	4.21	3.21	2.57	0.86	0.04	0.59	0.02	0.00	23.79
(% da afluência do mês)	100%	65%	36%	27%	25%	44%	44%	30%	4%	100%	100%	100%	35%
(% do caudal ecológico anual)	4%	13%	20%	15%	18%	13%	11%	4%	0%	2%	0%	0%	100%

5.3 MÉTODO DO PERÍMETRO MOLHADO

5.3.1 Metodologia

O Método do Perímetro Molhado, também designado por Método dos Transeptos, foi desenvolvido pelo *Department of Fish, Wildlife and Parks de Montana* (EUA), tendo sido baseado no pressuposto de que existe uma relação crescente entre o perímetro molhado (distância medida ao longo do fundo e dos lados de uma secção transversal fluvial em contacto com a água) e a capacidade biogénica do rio.

É o método hidráulico mais utilizado a nível mundial, existindo diversas referências da sua aplicação em Portugal, onde é geralmente conjugado com outras metodologias.

A sua aplicação requer que, para uma dada secção (caracterizada pelo respetivo perfil transversal) de um curso de água, seja obtida a curva (P, Q), que relaciona os caudais (Q) que aí se escoam com os perímetros molhados (P) que lhes correspondem. Estas curvas refletem, para cada secção transversal, o aumento continuado do perímetro molhado com o caudal, permitindo identificar o valor de caudal a partir do qual a velocidade de aumento declina em função da morfologia do canal (**Figura 5.1**).

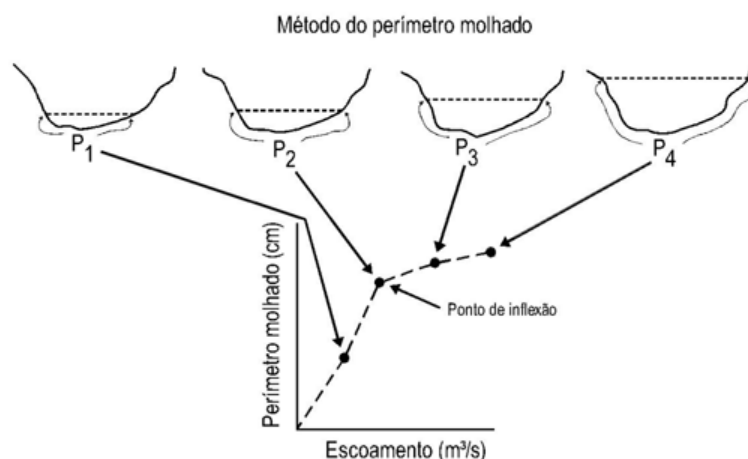


Figura 5.1 – Representação esquemática do método do perímetro molhado (adaptado de McCarthy, 2003).

Este caudal, associado ao primeiro ponto de inflexão da curva, é tomado como o caudal ecológico (mínimo) recomendado pelo método. O caudal recomendado por este método é, em geral, excedido pelo caudal medio diário em 60% a 90% do tempo.

Importa referir que os rios de montanha, em que predominam os meso-habitats do tipo cascata, assim como os rios de planície, em que as zonas de rápidos são pouco significativas, dificultam a aplicação do método. A determinação do ponto de inflexão da curva (P, Q) tem gerado algumas críticas em resultado da sua subjetividade.

Em alternativa ao ponto de inflexão, o **RCE** a estabelecer pode ter como critério a manutenção de um determinado perímetro molhado, que se considere compatível com o grau de proteção pretendido. Este critério é definido em relação ao perímetro molhado existente, para um caudal de referência, no qual se considera existirem condições favoráveis (e.g., o perímetro molhado correspondente ao caudal máximo não deve sofrer uma redução superior a 25%) para as espécies aquáticas. Como é típico dos métodos hidráulicos, o perímetro molhado considera as características específicas do leito fluvial e, conseqüentemente, do habitat, o que representa uma vantagem face aos métodos hidrológicos. Todavia, os cálculos efetuados não consideram explicitamente as preferências habitacionais das comunidades biológicas, não considerando ainda na sua determinação a variabilidade sazonal do caudal, uma vez que pela aplicação do método apenas se obtém um valor de caudal. Não obstante, o valor obtido pode ser posteriormente transposto para um regime mensal, sendo para o efeito multiplicados por um fator obtido a partir da divisão entre o caudal médio de cada mês e o caudal médio anual, ambos em regime natural.

No dia 6 de outubro de 2021, no final da época seca e antes da ocorrência de precipitação significativa, foi efetuada uma visita de campo ao longo da ribeira de Seda, a jusante da secção proposta para a barragem do Pisão. Dado o contexto meteorológico e hidrológico em

que foi efetuada, foi possível observar o sistema ribeirinho numa situação de funcionamento hidráulico e biofísico extremo.

Constatou-se, que nesta situação extrema:

- a conectividade hidráulica da ribeira de Seda estabelece-se através da alternância entre trechos-reservatório, identificados genericamente como pegos (resultantes de pequenas obras de retenção de água para rega ou abeberamento animal), e trechos correntes que os ligam entre si;
- assim, a ribeira de Seda funciona como um sistema de trechos alternados de regimes lênticos (pegos) e lóticos. Ao longo de 6.3 km a jusante do local da barragem os trechos lênticos são dominantes, somando cerca de 3.5 km (56%), numa proporção que a figura seguinte permite ilustrar (trechos lênticos em azul escuro);
- este padrão observa-se até à barragem do Maranhão;
- os trechos lênticos são claramente os mais resilientes ao período estival, de caudais extremamente baixos, constituindo zonas de refúgio e abrigo da fauna aquática e ripícola e, por isso, mais ricos em biodiversidade;
- os trechos lóticos e os de transição, que representam 44% da extensão total, são os mais sensíveis às reduções de caudal no sistema.

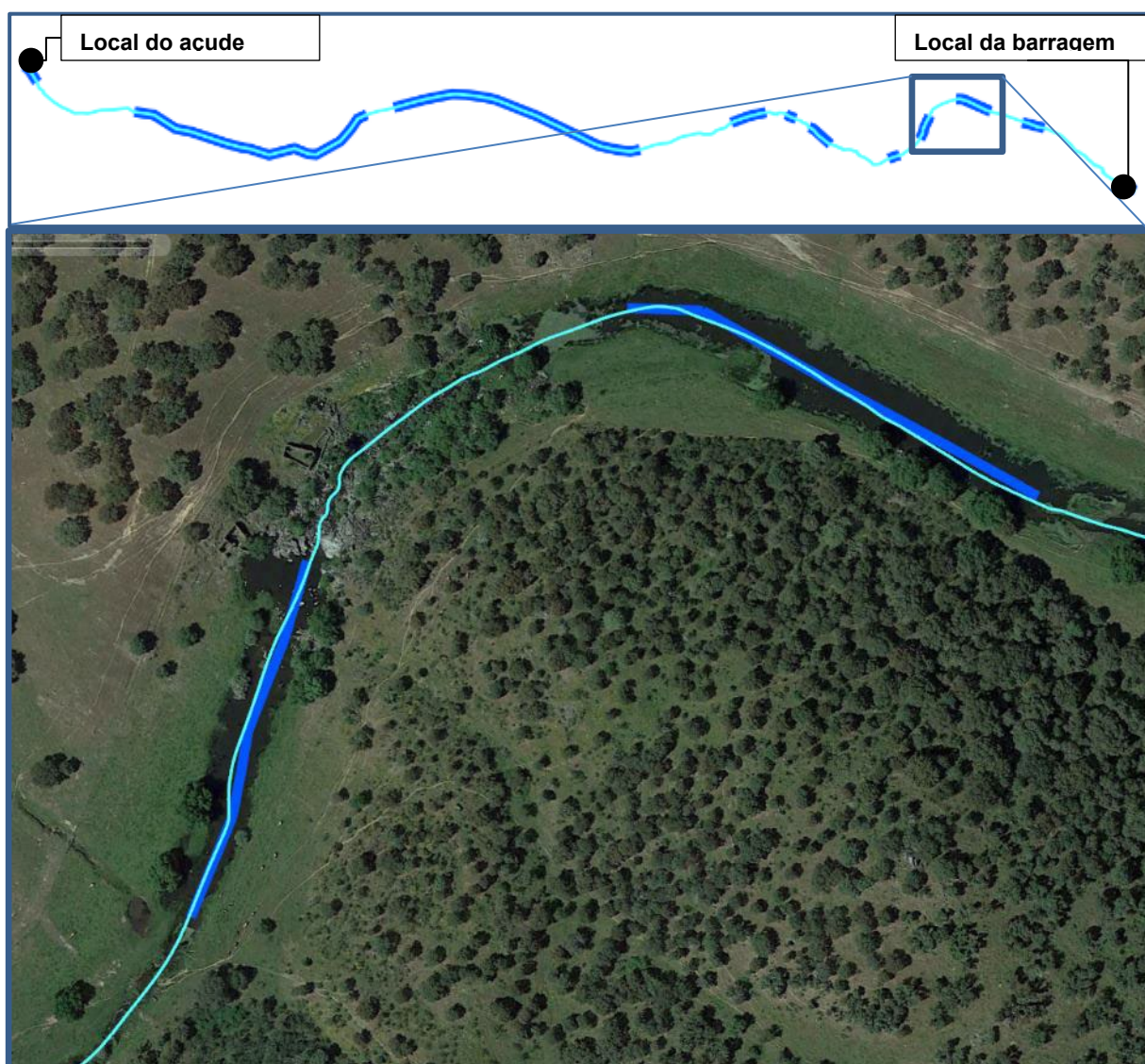


Figura 5.2 – Trechos lânticos (azul escuro) e lóticos ao longo da ribeira de Seda (Barragem-ribeira de Linhais) em plena época de estiagem.

As **Figura 5.3** e **Figura 5.4** ilustram o estado biofísico geral e hidráulico dos vários trechos da ribeira de Seda durante a campanha de campo realizada no mês de outubro.

De um ponto de vista hidrológico e hidráulico ficou claro que o caudal em trânsito nos troços lóticos fluía com perímetros molhados relativamente pequenos, que poderiam aumentar substancialmente com aumentos relativamente menores de caudal.



Figura 5.3 – Fotos ilustrativas de trechos lóticos da ribeira de Seda. Entre as secções 1019 a 1017 (próximas e a jusante do local da barragem).

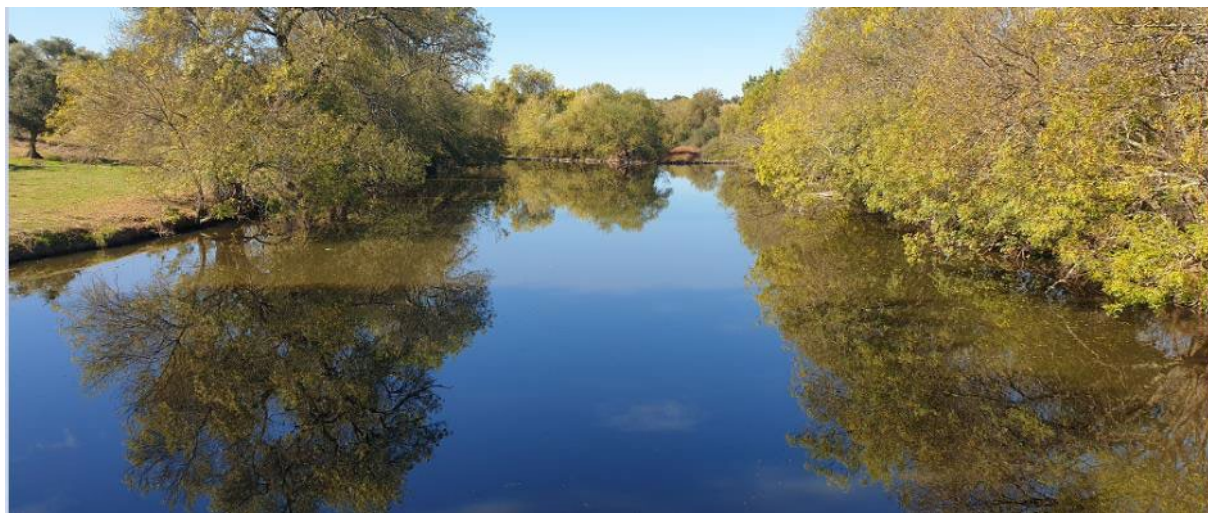




Figura 5.4 – Fotos ilustrativas de trechos lânticos e de transição da ribeira de Seda.

Foram escolhidas várias secções ao longo da Ribeira da Seda, a jusante do local previsto para a barragem do Pisão, tendo em vista a obtenção de informação topográfica detalhada e adequada. Naturalmente, foram privilegiados trechos de regime lótico, com maior variabilidade do perímetro molhado em função do caudal, ao contrário dos pegos, onde as variações de nível são muito menores para variações similares de caudal (**Figura 5.5**).

Os trechos lóticos encontram-se sobretudo a montante do IC13 enquanto que os pegos representam a quase totalidade dos trechos a jusante.

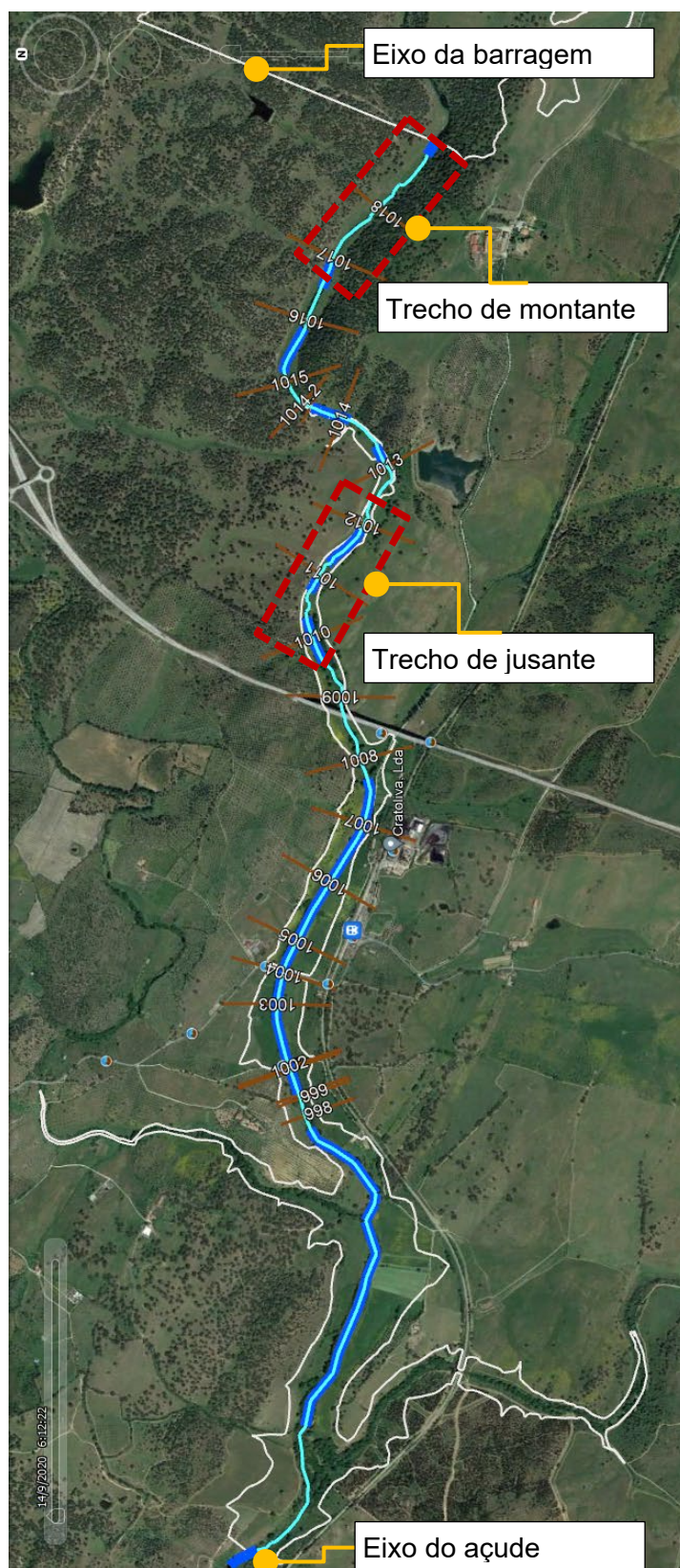


Figura 5.5 – Localização dos trechos selecionados para o método do perímetro molhado.

As secções seleccionadas imediatamente a jusante do local da Barragem (Secções 1019 a 1017) e mais a jusante, próximo do IC3 (1012 a 1010), estão assinaladas nas figuras seguintes.

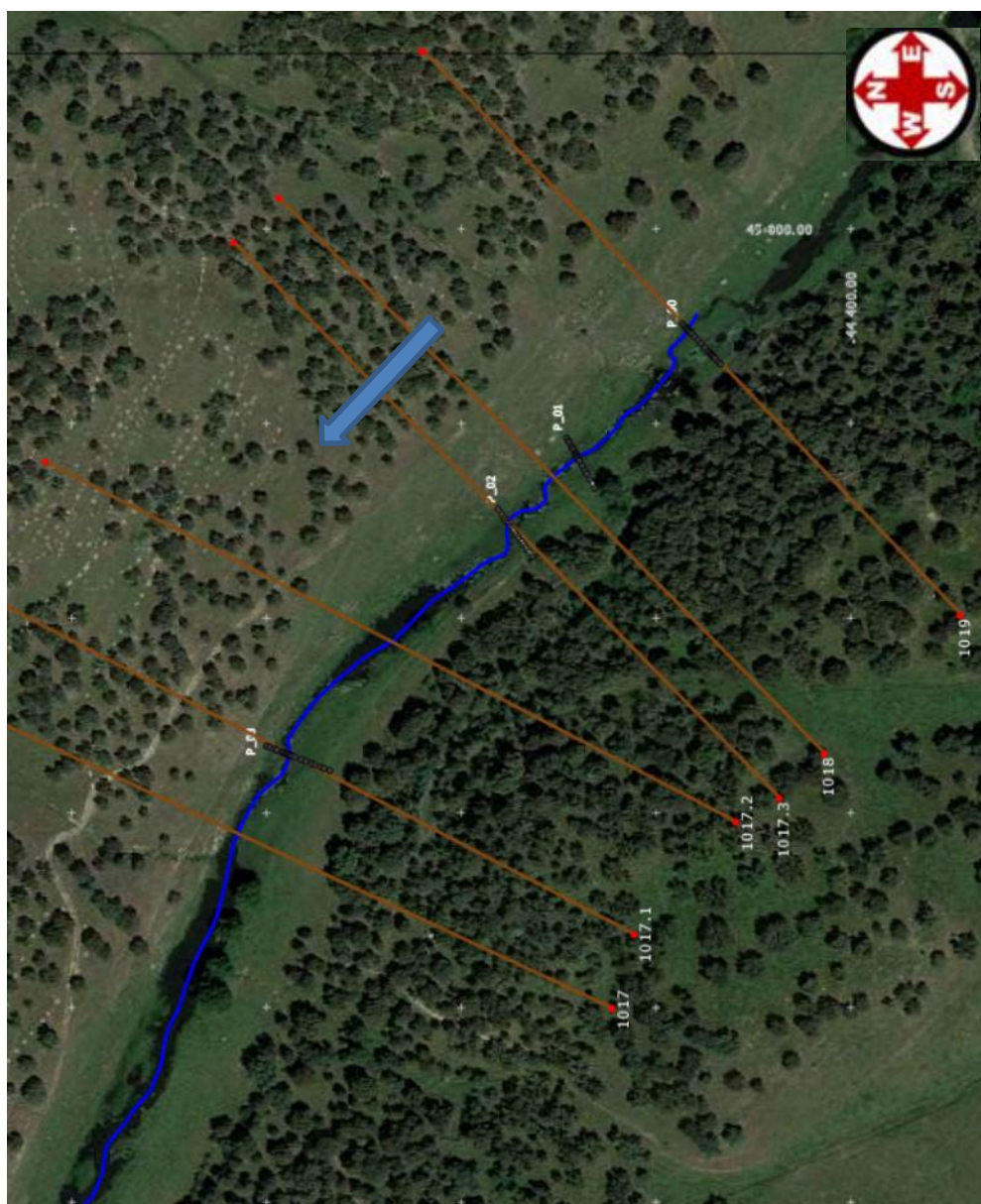


Figura 5.6 – Localização das secções considerado no método do perímetro molhado. Trecho de montante.

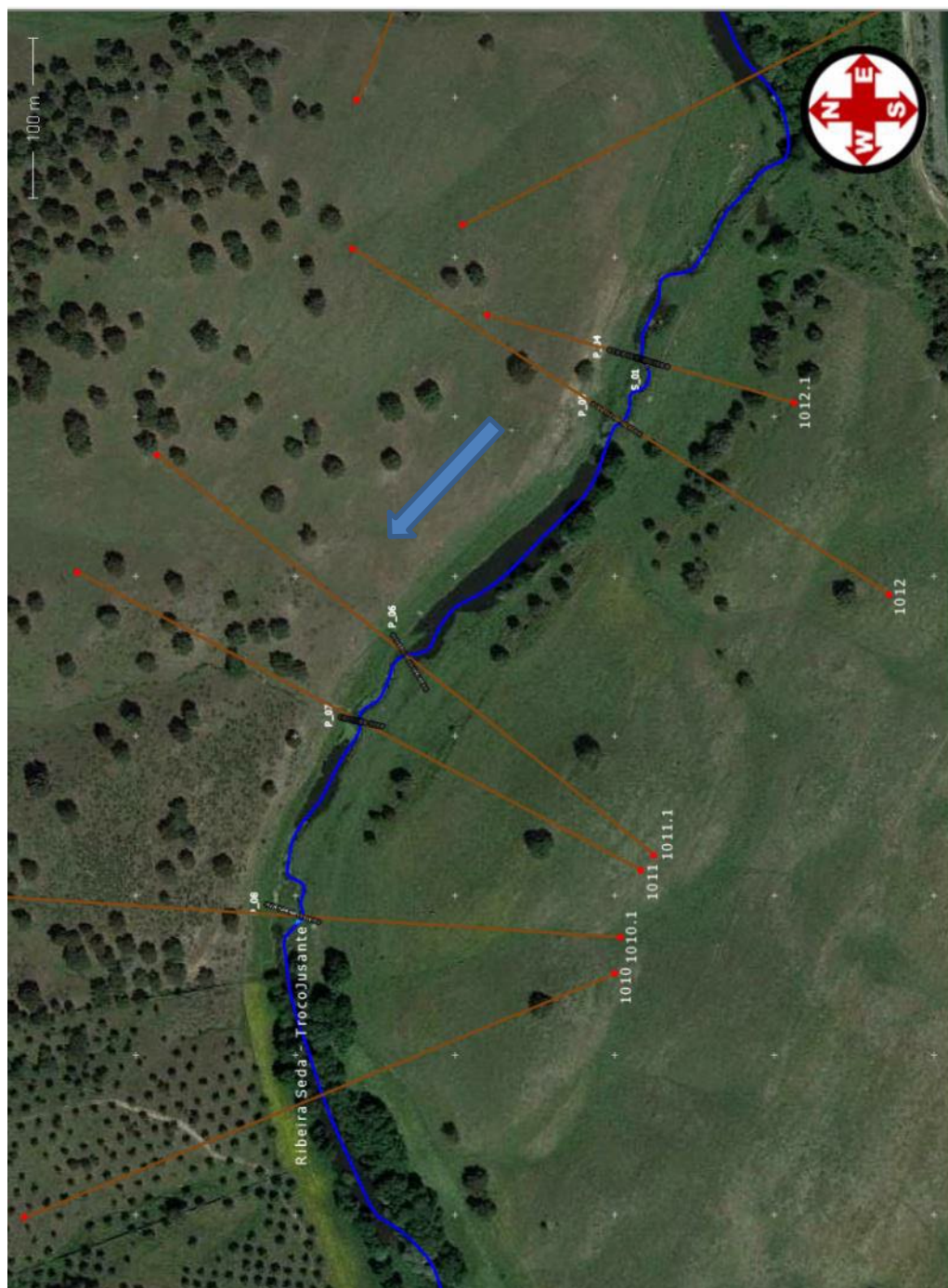


Figura 5.7 – Localização das secções considerado no método do perímetro molhado. Trecho de jusante

Para além das secções transversais levantadas o cálculo hidráulico considerou um coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler de $15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Este valor resultou da ponderação das observações efetuadas ao longo da ribeira da Seda, relativas a fatores de rugosidade como a vegetação e a pedregosidade no leito menor da ribeira, que as fotografias da **Figura 5.8** a **Figura 5.12** permitem, em alguma medida, ilustrar.

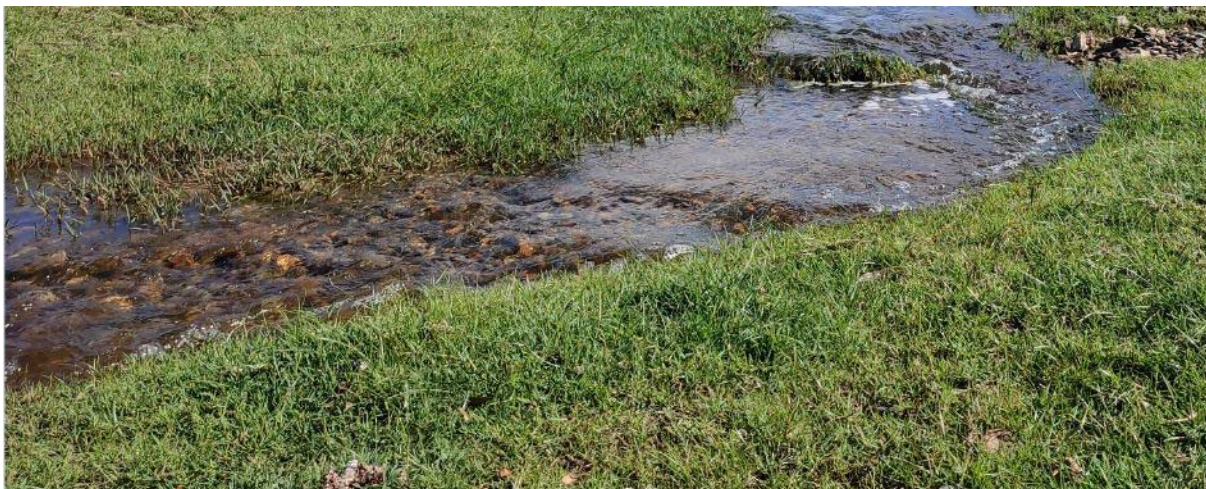


Figura 5.8 – Fotos ilustrativas do leito de escoamento menor da Ribeira de Seda. A



Figura 5.9 – Fotos ilustrativas do leito de escoamento menor da Ribeira de Seda. B



Figura 5.10 – Fotos ilustrativas do leito de escoamento menor da Ribeira de Seda. C



Figura 5.11 – Fotos ilustrativas do leito de escoamento menor da Ribeira de Seda. D



Figura 5.12 – Fotos ilustrativas do leito de escoamento menor da Ribeira de Seda. E

Como resultado das observações efetuadas no local, a rugosidade relativa média das secções de escoamento para caudais da ordem de grandeza em causa (0.1 a 0.5 m³/s) foi estimada em 0.31, resultado do rácio entre um D50⁶ de 10 cm, e o Dh (Diâmetro hidráulico médio).

Com a rugosidade relativa (e) foi estimado o fator de resistência de Darcy-Weisbach (f) através da seguinte equação, estabelecida por Thompson e Campbell (Hydraulics of a Large Channel Paved with Boulders. 1979. Journal of Hydraulic Research, 17(4), 341-454)

$$f = ((1 - 0,8 e) 2 \log (1,5/e))^{-2}$$

⁶ Diâmetro mediano, em peso, de um conjunto de blocos

Com o fator f , foi estimada a perda de carga unitária do escoamento (J) e, com este, foi finalmente foi calculado o coeficiente da fórmula de Manning-Strickler.

5.3.2 Resultados

5.3.2.1 Análise hidrológica

Os dados topográficos e o coeficiente de rugosidade foram integrados num modelo hidráulico Geo-HEC-RAS, cujos resultados foram sistematizados em termos da relação Perímetro molhado x Caudal, a partir da qual, com base na metodologia definida, foram extraídos os pontos de inflexão apresentados em seguida.

Quadro 5.4 – Ponto de Inflexão de definição do caudal ecológico pelo método do perímetro molhado.

Secção	Caudal no ponto de inflexão (m ³ /s)
1019	0.30
1017.3	0.50
1017.1	0.20
1012.1	0.30
1011.1	0.30
1011	0.50

Referir ainda que, com os coeficientes de rugosidade adotados, **os níveis de escoamento medidos no dia de campo correspondem a estimativas de caudal entre 0.1 e 0.23 m³/s.**

As **Figura 5.13 a Figura 5.19** desagregação estes resultados em termos de Perímetro molhado x Caudal.

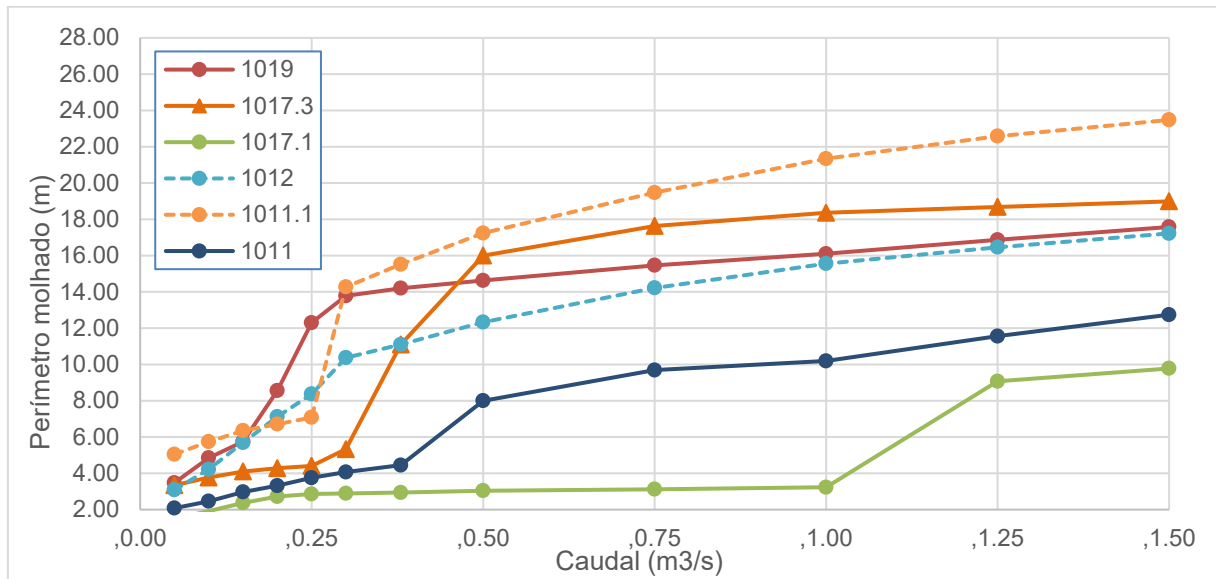


Figura 5.13 – Curvas de caudal x perímetro molhado das secções analisadas.

Para cada uma das secções avaliadas é efetuada a identificação dos pontos de inflexão da relação caudal x perímetro molhado, sendo o resultado apresentado na **Figura 5.14** a **Figura 5.19**.

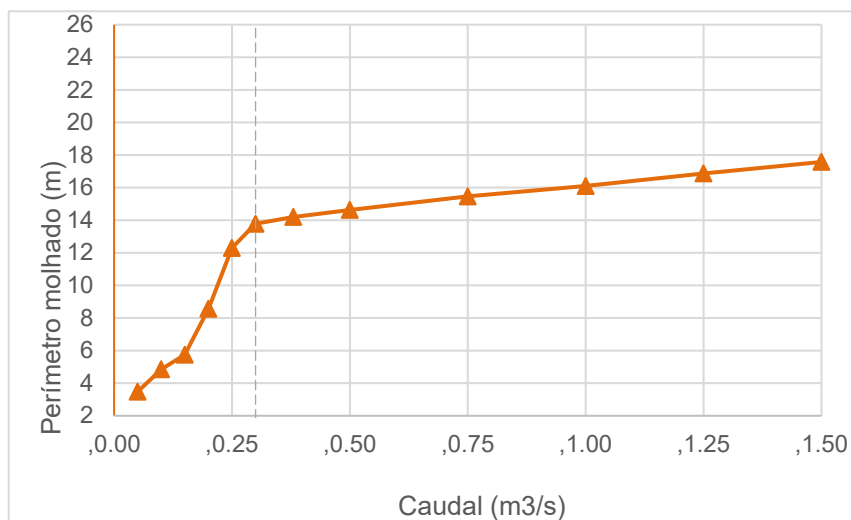


Figura 5.14 – Curva de caudal x perímetro molhado e ponto de inflexão. Secção 1019.

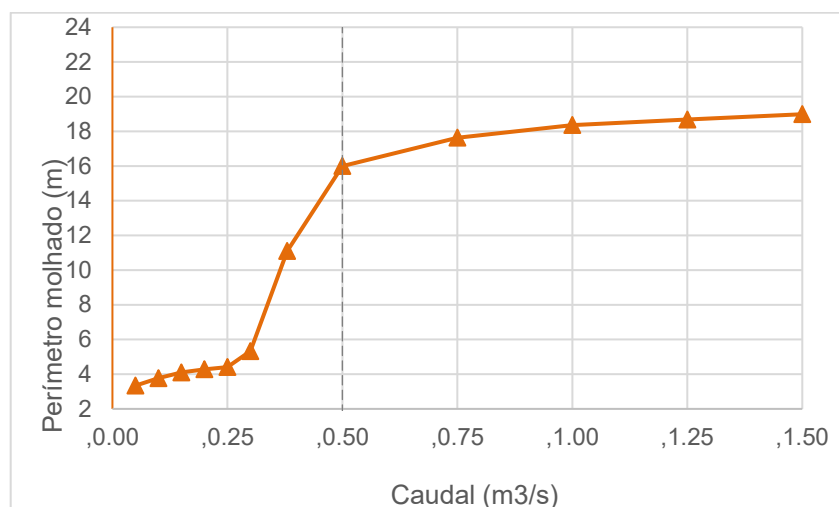


Figura 5.15 – Curva de caudal x perímetro molhado e ponto de inflexão. Secção 1017.3.

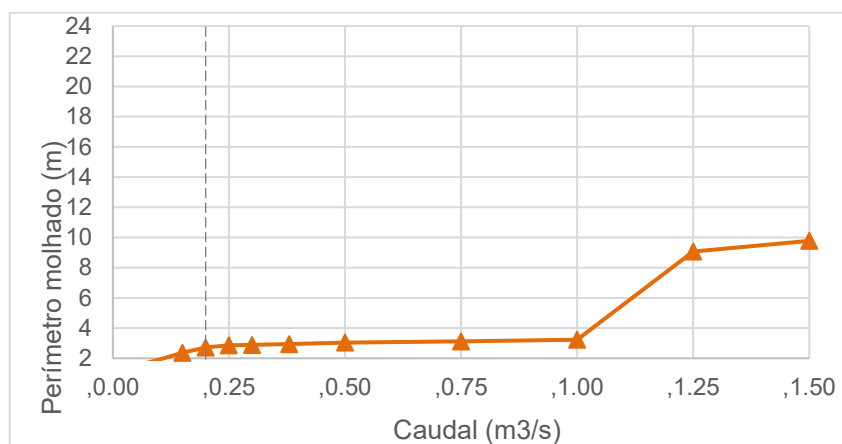


Figura 5.16 – Curva de caudal x perímetro molhado e ponto de inflexão. Secção 1017.1.

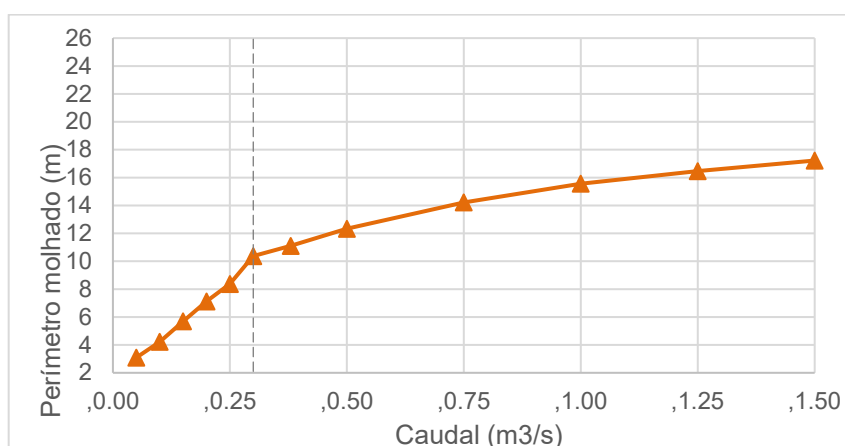


Figura 5.17 – Curva de caudal x perímetro molhado e ponto de inflexão. Secção 1012.

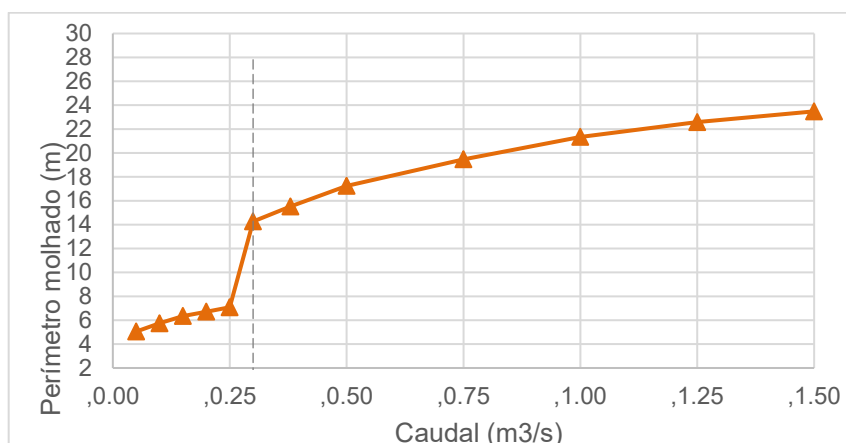


Figura 5.18 – Curva de caudal x perímetro molhado e ponto de inflexão. Secção 1011.1.

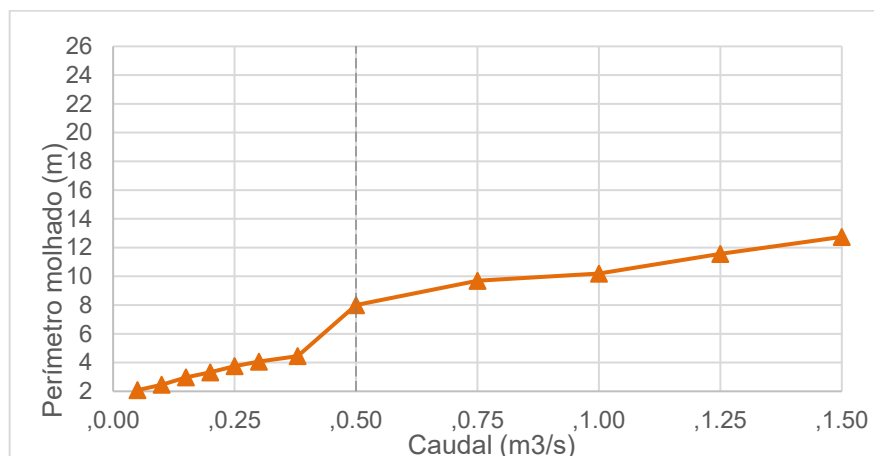


Figura 5.19 – Curva de caudal x perímetro molhado e ponto de inflexão. Secção 1011.

As **Figura 5.20** a **Figura 5.23** ilustram a expressão dos resultados obtidos em termos de secção transversal de escoamento.

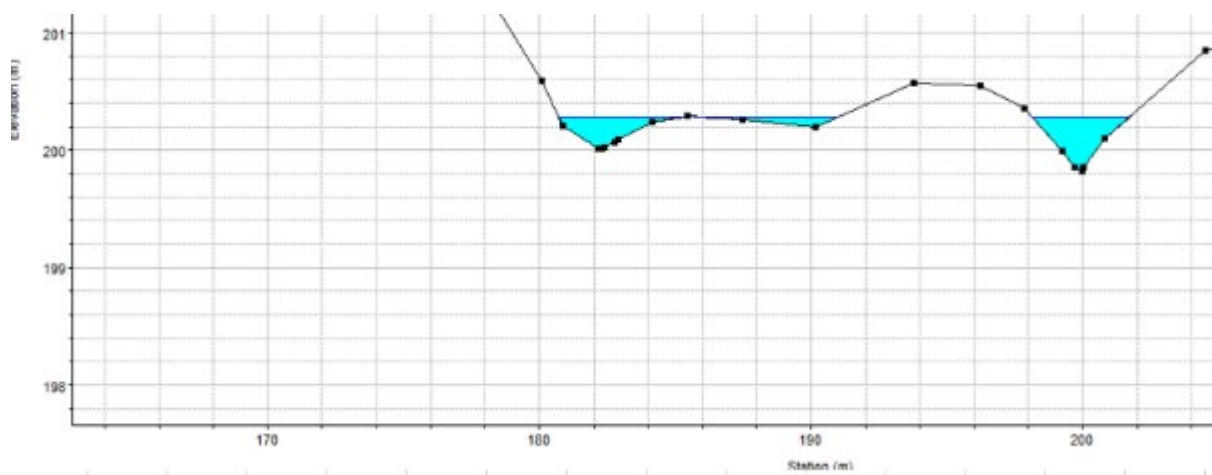


Figura 5.20 – Altura do escoamento na secção transversal 1019. Caudal = 0.3 m³/s.

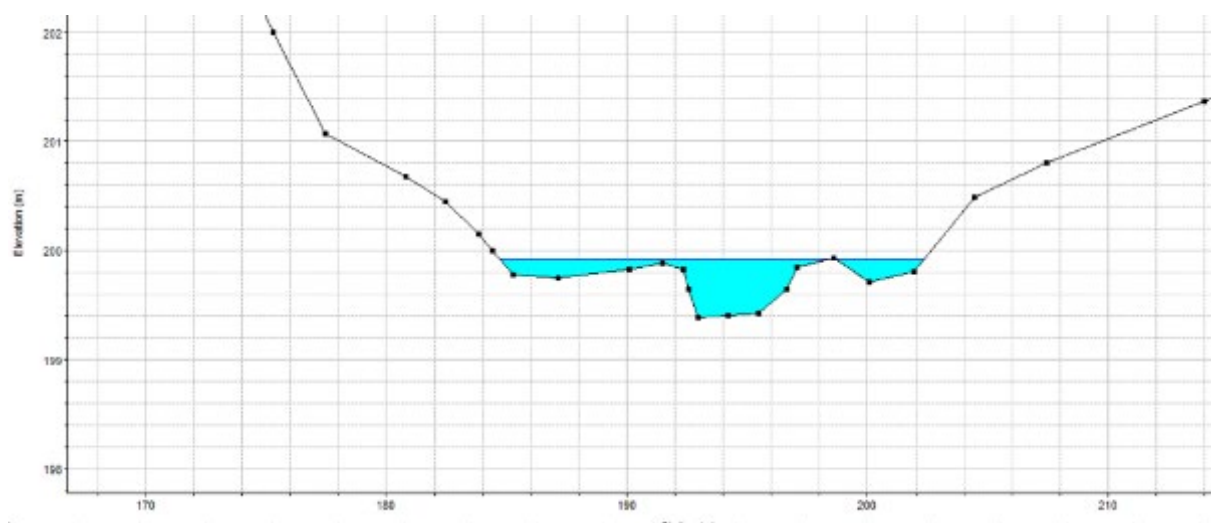


Figura 5.21 – Altura do escoamento na secção transversal 1017.3. Caudal = 0.5 m3/s.

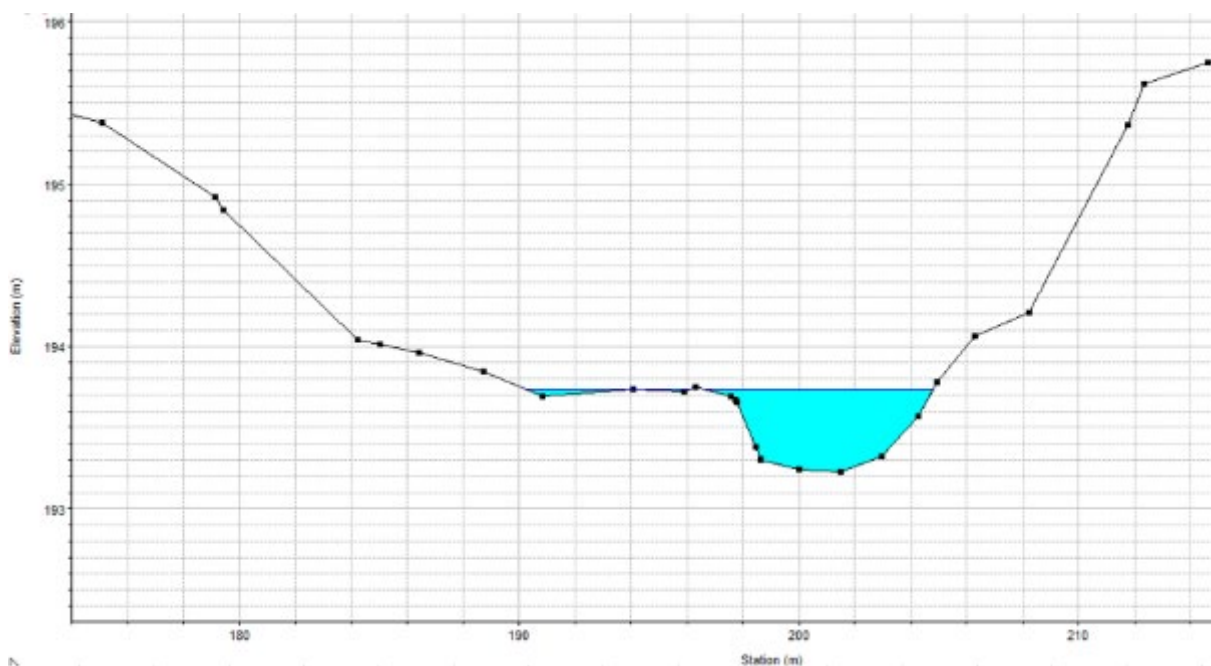


Figura 5.22 – Altura do escoamento na secção transversal 1011.1 Caudal = 0.3 m3/s.

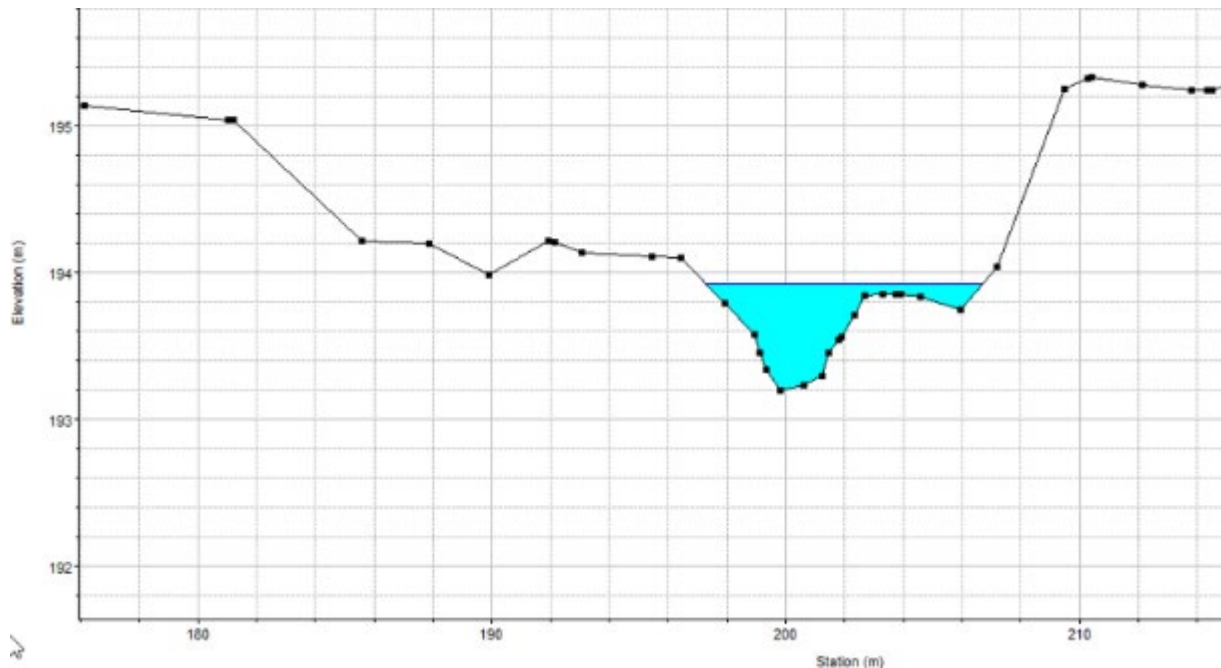


Figura 5.23 – Altura do escoamento na secção transversal 1011 Caudal = 0,5 m³/s.

Os resultados obtidos apontam para a adoção de um caudal ecológico médio entre 0,2 e 0,5 m³/s.

Considerando a representatividade dos regimes lóticos e a resiliência dos pegos, observada em outubro de 2021, quando os caudais em trânsito eram inferiores aos estimados pelo método do perímetro molhado parece aceitável e adequado propor-se nesta fase um RCE com valor médio anual da ordem de 0,30 m³/s.

Considerando este valor como representativo da média anual do RCE, o mesmo é equivalente a 18,9% do escoamento médio anual afluente.

A distribuição em termos de valores mensais ponderou a relação mês/ano dos caudais afluentes estimados e a relação mês /ano dos resultados obtidos pelo método do INAG, com a maior aproximação possível à segunda.

5.3.2.2 Barragem do Pisão

A aplicação da metodologia descrita conduziu aos resultados indicados no **Quadro 5.5** para a barragem do Pisão.

Quadro 5.5 – RCE mensal estimado para a barragem do Pisão. Método Perímetro molhado

	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Anual
Afluências à barragem													
Média 1990/91-2020/21 (m3/s)	2.31	3.42	2.80	2.68	2.16	2.35	1.47	1.21	0.13	0.03	0.05	0.45	1.59
Média 1990/91-2020/21 (hm3)	6.19	8.86	7.51	7.19	5.23	6.29	3.8	3.24	0.34	0.08	0.14	1.17	50.03
Repart. Mensal (%)	12.37	17.71	15.01	14.37	10.45	12.57	7.6	6.48	0.68	0.16	0.28	2.34	100.0
Caudal ecológico, Perímetro molhado													
Repart. Mensal (Método INAG)	3.56	12.68	19.93	15.44	17.72	13.49	10.81	3.62	0.20	2.48	0.07	0.00	100.0
Repart. Mensal Adoptada (%)	4.00	12.00	17.00	17.00	17.00	12.00	9.00	4.00	2.00	2.00	2.00	2.00	100.0
Na barragem (m3/s)	0.14	0.44	0.60	0.60	0.66	0.42	0.33	0.14	0.07	0.07	0.07	0.07	0.30
Na barragem (hm3)	0.38	1.14	1.61	1.61	1.61	1.14	0.85	0.38	0.19	0.19	0.19	0.19	9.46

5.3.2.3 Açude do Pisão

Para o local do açude do Pisão foi considerada uma proposta baseada na percentagem do escoamento médio anual igual à estimada para a barragem do Pisão, sendo os resultados apresentados no **Quadro 5.6**.

Quadro 5.6 – RCE mensal estimado para o açude do Pisão. Método Perímetro molhado.

	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Anual
Afluências ao açude													
Média 1990/91-2020/21 (m3/s)	3.33	4.93	4.04	3.87	3.12	3.39	2.11	1.74	0.19	0.04	0.07	0.65	2.29
Média 1990/91-2020/21 (hm3)	8.92	12.77	10.83	10.37	7.54	9.07	5.48	4.67	0.49	0.11	0.2	1.69	72.0
Repart. Mensal (%)	12.39	17.74	15.04	14.4	10.47	12.6	7.61	6.49	0.68	0.15	0.28	2.35	100.0
Caudal ecológico, Perímetro molhado													
Repart. Mensal (Método INAG)	3.56	12.68	19.93	15.44	17.72	13.49	10.81	3.62	0.2	2.48	0.07	0.00	100.0
Repart. Mensal Adoptada (%)	4.00	12.00	17.00	17.00	17.00	12.00	9.00	4.00	2.00	2.00	2.00	2.00	100.0
Na barragem (m3/s)	0.20	0.63	0.86	0.86	0.96	0.61	0.47	0.20	0.11	0.10	0.10	0.11	0.43
Na barragem (hm3)	0.54	1.63	2.31	2.31	2.31	1.63	1.23	0.54	0.27	0.27	0.27	0.27	13.62

6 PROPOSTA DE REGIME DE CAUDAIS DE MANUTENÇÃO ECOLÓGICA

6.1 BARRAGEM DO PISÃO

6.1.1 Regime de caudais entre a barragem do Pisão e a ribeira de Linhais

O quadro seguinte resume os resultados obtidos para a barragem do Pisão.

Quadro 6.1 – Barragem do Pisão. Comparação do RCE estimado pelos métodos INAG e Perímetro molhado

Percentagem do escoamento natural	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Anual
Pisão – M. P. Molhado (%)	4.00	12.00	17.00	17.00	17.00	12.00	9.00	4.00	2.00	2.00	2.00	2.00	18.9
Pisão – M. INAG (%)	4.00	13.00	20.00	15.00	18.00	13.00	11.00	4.00	0.00	2.00	0.00	0.00	36.0

O RCE estimado pelo método do INAG aponta para a necessidade de, em termos médios anuais, ser necessário assegurar, para fins ambientais, cerca de **36,0%** do escoamento médio anual afluente à barragem. O resultado proposto com base no método do perímetro molhado aponta para a reserva de um caudal ecológico médio anual de cerca de **18,9%** do escoamento médio anual.

A distribuição relativa ao longo do ano é similar entre as estimativas indicadas. Contudo, a distribuição mensal proposta para o método do Perímetro molhado considerou a garantia de caudais médios diários (m³/s) nos meses de junho, julho e agosto da mesma ordem de grandeza dos que ocorrem em regime natural.

A estimativa obtida pelo método do INAG é claramente conservativa, sobretudo tendo em conta que o regime de escoamento natural para caudais da ordem de grandeza dos que estarão em causa nas estimativas de RCE pode considerar-se relativamente artificializado na situação atual, por efeito dos sucessivos e muito representativos pegos criados pelo homem, que alternam com trechos de regime lótico.

Assim, propõe-se adotar como referência, em Estudo Prévio, a estimativa de RCE proposta pelo método do perímetro molhado, reforçando-se que:

- os trechos lóticos da Ribeira de Seda, mais sensíveis a variações de nível decorrentes de variações de caudal da ordem de grandeza do RCE, para além de muito menos representativos que os pegos, mostraram uma resiliência evidente mesmo numa situação extrema como a observada em outubro de 2021, em que os caudais em trânsito eram inferiores aos estimados pelo método do perímetro molhado;
- o nível de água dos pegos é pouco sensível à variação de caudais da ordem de grandeza do RCE e, por isso, os pegos proporcionam *habitat* naturais mesmo em situações extremas de caudais muito reduzidos.

A percentagem indicada aplicada ao escoamento médio anual da série estimada para a barragem corresponde a um volume médio anual de RCE de 9,46 hm³.

6.1.2 Regime de caudais entre a Ribeira de Linhais e a albufeira do Maranhão

De acordo com o estudo e informação apresentada neste relatório, à secção estudada para a localização do açude do Pisão (um pouco a jusante da Ribeira de Linhais) aflui um escoamento médio anual de 72.00 hm³, sendo que a sua bacia própria contribui com um valor médio anual de 22,11 hm³, que é cerca de 31% do escoamento total da bacia.

Quer isto dizer que com o RCE proposto para barragem do Pisão, e na hipótese de não construção do açude do Pisão, tenderá a estabelecer-se na secção da confluência da ribeira de Linhais um regime de caudais modificado que, em termos médios anuais, será superior a 31,6 hm³ (9.46+22.11), ou seja, cerca de 44% do escoamento médio anual.

Assim e uma vez mais assumindo a não construção do açude do Pisão, o regime de caudais entre a confluência da Ribeira de Linhais e a albufeira do Maranhão após a implementação do RCE tenderá a ter caudais superiores a 44% do escoamento médio anual em regime natural, aumentando esta percentagem progressivamente para jusante.

Considerando que as características biofísicas e hidráulicas deste troço de ribeira são similares ao de montante (alternância entre pegos mais ou menos extensos e trechos lóticos), pode esperar-se que o RCE proposto para a barragem do Pisão não afetará de forma relevante o regime de caudais ambientais necessários a jusante da confluência da ribeira de Linhais, até à barragem do Maranhão.

6.2 AÇUDE DO PISÃO

O método do INAG utilizou a mesma série hidrométrica de base que a usada para a barragem do Pisão e, por essa razão, os resultados obtidos, expressos em percentagem do escoamento natural afluente são iguais aos apurados para a barragem.

O modelo de generalização dos resultados do método do perímetro molhado baseou-se na adoção de um critério similar ao considerado para a barragem, fazendo equivaler a estimativa obtida ao valor médio anual, em termos percentuais.

O **Quadro 6.2** resume os resultados obtidos.

Quadro 6.2 – Açude do Pisão. Comparação do RCE estimado pelos métodos INAG e Perímetro molhado.

Percentagem do escoamento natural	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Anual
Açude Pisão – M. P. Molhado (%)	4,00	12,00	17,00	17,00	17,00	12,00	9,00	4,00	2,00	2,00	2,00	2,00	18,9
Açude Pisão – M. INAG (%)	4,00	13,00	20,00	15,00	18,00	13,00	11,00	4,00	0,00	2,00	0,00	0,00	36,0

O RCE estimado pelo método do INAG aponta para a necessidade de, em termos médios anuais, ser necessário assegurar, para fins ambientais, cerca de 36,0% do escoamento médio anual afluyente ao açude do Pisão. O resultado proposto com base no método do perímetro molhado, aponta para a necessidade de reserva de um caudal ecológico médio anual de cerca de 18,9% do escoamento médio anual.

Esta última percentagem aplicada ao escoamento médio anual da série estimada para o açude corresponde a um volume médio anual de RCE de 13,62 hm³.

7 CONCLUSÃO

No EIA foi selecionada como melhor alternativa do ponto de vista ambiental a que considera exclusivamente a barragem do Pisão, devendo ser assim considerada a proposta de RCE respetiva e que se apresentou no item 6.1 do presente relatório.

O RCE proposto visa mimetizar o regime natural, assegurando desta forma a sobrevivência de comunidades faunísticas e florísticas dulçaquícolas existentes, bem como de alguns grupos de invertebrados identificados na área de estudo e que passam uma parte do seu ciclo de vida em meio aquático. Acresce que o RCE poderá também ser benéfico para outras comunidades com afinidades aos sistemas dulçaquícolas, nomeadamente os anfíbios, que conforme descrito no EIA superam a dezena de espécies na área de influência do projeto.

Como referido, a metodologia do INAG é habitualmente conservadora nos valores de caudal que gera, o que pode limitar a viabilidade de alguns projetos hidráulicos. Por outro lado, as características eco-hidráulicas do trecho fluvial em questão, em que o caudal em trânsito nos troços lóticos aumenta substancialmente com aumentos relativamente pequenos de caudal, justificaram a adoção dos valores de caudal ecológico determinados através da aplicação do Método do Perímetro Molhado nesta fase do projeto. Não obstante, para o dimensionamento do DLCE e de acordo com o Caderno de Encargos foram considerados os valores do Método do INAG.

Desta forma, o RCE adotado para a barragem do Pisão é apresentado no **Quadro 7.1**.

Quadro 7.1 – RCE adotado para a barragem do Pisão.

	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Qeco (m³/s)	0,14	0,44	0,60	0,60	0,66	0,42	0,33	0,14	0,07	0,07	0,07	0,07

O procedimento de Avaliação de Impacte Ambiental (EIA) poderá vir a recomendar que durante a fase de RECAPE sejam efetuados estudos adicionais de determinação do RCE com base em métodos de maior precisão e ajustados à biota efetivamente presente no trecho da ribeira da Seda em estudo, como a metodologia ecohidráulica IFIM (*Instream Flow Incremental Methodology*, Bovee, 1982⁷).

⁷ Bovee, K.D. (1982). A guide to stream habitat analysis using the Instream. Flow Incremental Methodology. Instream Flow Information Paper 12. U.S. Fish and Wildlife Service

8 MONITORIZAÇÃO

8.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A aferição da adequação do RCE ao cumprimento dos objetivos é realizada através de Programas de Monitorização específicos para o efeito, de forma a ser possível acompanhar as consequências das alterações hidrológicas, incluindo a libertação do RCE, sobre os ecossistemas aquáticos e comunidades biológicas associadas. Com esse propósito, os referidos Programas de Monitorização devem considerar elementos sensíveis a alterações de curto prazo (e.g., relacionados com algumas variáveis hidromorfológicas, como a diminuição do número de secções críticas, o aumento da presença de habitats do tipo *riffle* e com alguns elementos biológicos, por exemplo as comunidades de macroinvertebrados bentónicos) e de longo prazo (nomeadamente variações ao nível do elemento biológico fauna piscícola e algumas variáveis hidromorfológicas, como a reconfiguração da forma do leito ou a redução do grau de invasão do leito por vegetação ribeirinha lenhosa).

Estes Programas devem ter como propósito central a validação do RCE implementado, possibilitando uma gestão adaptativa do mesmo com vista a atingir os objetivos ambientais estabelecidos.

Os Programas de Monitorização para avaliar a eficácia de RCE em Portugal consideram, até à segunda geração dos PGRH, ciclos mínimos de 7 anos, onde para além de medição em contínuo dos caudais libertados e a caracterização hidromorfológica da MAFM (massa de água fortemente modificada⁸) e identificação de condicionantes à libertação dos RCE, inclui também a avaliação de elementos biológicos – fauna piscícola, macroinvertebrados e galeria ribeirinha – e os parâmetros hidromorfológicos e físico-químicos de suporte

8.2 ESTAÇÃO DE MONITORIZAÇÃO

A rede de estações de monitorização para aferir da eficácia do RCE considera troços diretamente (inserida na MAFM) influenciados pelo RCE, bem como zonas de controlo. Estas últimas servirão para confirmar o desvio entre as condições da MAFM sujeita ao RCE a as condições de referência, permitindo ainda avaliar as flutuações naturais – e como tal independentes do RCE libertado – ao longo do período de amostragem.

Todo este conjunto de estações deverá assegurar a garantia de acesso – quer de técnicos quer de equipamentos – e de condições de segurança para a concretização das metodologias

⁸ Definido na legislação como a massa de água superficial cujas características foram consideravelmente modificadas por alterações físicas resultantes da atividade humana e que adquiriu um carácter substancialmente diferente, designada como tal em normativo próprio

de amostragem, aspeto primordial nomeadamente a nível dos parâmetros físico-químicos de suporte que possuem avaliações nas quatro épocas do ano.

O número de estações de monitorização na MAFM deverá variar em função da extensão e da heterogeneidade dessa massa de água, considerando-se como mínimo duas estações – a localizar entre a barragem do Pisão e o NPA da albufeira do Maranhão –, com uma delas a ficar o mais possível próximo da barragem do Pisão e previamente à confluência de tributários relevantes, no caso em apreço as ribeiras de Linhais e do Chocanal. Importa ainda adicionar uma outra condição, e que sempre que possível as referidas estações devem estar afastadas de zonas com influência antrópica (e.g., pontes, estradas, habitações).

As estações de monitorização de controlo – idealmente duas – deverão cumulativamente pertencer à mesma tipológica abiótica (INAG, 2008a) e, sempre que possível, ao mesmo agrupamento piscícola (INAG e AFN, 2012), devendo situar-se sempre em troços não regularizados do ponto de vista hidrológico.

Na seleção das estações de controlo, e sempre que possível, deverão ser utilizados troços localizados na linha de água onde se localiza a barragem, a montante da área de influência da albufeira; nas situações em que tal não seja viável, as estações de controlo poderão ser estabelecidas em outros cursos de água da mesma bacia hidrográfica ou, em último caso, em cursos de água de bacias hidrográficas vizinhas.

8.3 ELEMENTOS A MONITORIZAR E SUA FREQUÊNCIA

No âmbito do Programa de Monitorização, a avaliação da qualidade ecológica nas estações de monitorização deve abranger elementos de qualidade identificados no Anexo V da DQA, distribuídos pelos seguintes grupos: elementos de qualidade biológicos, elementos físico-químicos de suporte aos elementos biológicos e elementos hidromorfológicos de suporte aos elementos biológicos. No **Quadro 8.1** são identificados os constituintes do Programa a implementar.

Quadro 8.1 – Elementos e parâmetros a avaliar no Programa de Monitorização.

Elementos	Indicadores	Periodicidade
Biológicos	Fauna Piscícola	7 anos nas estações da MFM e 2 primeiros anos nas estações de contorço
	Macroinvertebrados	
	Galeria ribeirinha	Ano 1 e 7 nas estações da MAFM
Hidromorfológicos	RHS	Ano 1 e ano 7

Elementos		Indicadores	Periodicidade
	Medição Contínua dos RCE Libertados	<u>Não Aplicável.</u>	<u>Contínuo</u>
Físico-Químicos	Elementos Físico-químicos gerais	– Condições térmicas; – Condições de oxigenação; – Salinidade; – Estado de acidificação; – Condições relativas aos nutrientes.	7 anos nas estações da MFM e 2 primeiros anos nas estações de controlo
Caraterização hidromorfológica da MFM e identificação de condicionantes			Ano 1 e ano 7

Os parâmetros físico-químicos de suporte consideram amostragens sazonais – uma por estação do ano – ao invés dos elementos biológicos e RHS que deverão ser apenas avaliados durante a primavera.

8.4 METODOLOGIAS DE AMOSTRAGEM

Para a amostragem dos elementos de qualidade biológica terão de ser seguidas as especificações técnicas dos Protocolos de Amostragem e Análise em vigor. Os protocolos atualmente disponíveis foram publicados pela Autoridade Nacional da Água (INAG 2008 b; c; APA; 2017), podendo ser consultáveis no Portal da APA, mais especificamente no “sítio oficial da Directiva Quadro da Água”⁹.

No que respeita à ficha para o RHS, é utilizada versão de 2003 da *Environment Agency*, enquanto a recolha dos elementos físico-químicos de suporte tem como base metodológica o referido no guia RELACRE de 2017 e nas normas de qualidade aplicáveis (conforme Decreto-Lei n.º 42/2016, de 1 de agosto).

Relativamente à medição contínua do caudal ecológico libertado pela barragem, ela deve ser efetuada com um equipamento automático (caudalímetro) colocado na conduta de descarga.

8.5 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

A avaliação da qualidade ecológica terá de ser efetuada com recurso aos critérios legais vigentes, que foram estabelecidos pela Autoridade Nacional da Água para as **MA** da categoria Rios. Os referidos critérios de avaliação estão especificados no Anexo IV da Parte 2 dos PGRH da bacia Hidrográfica do rio Tejo (APA, 2016),

⁹ Disponível em <https://www.apambiente.pt/dqa/index.html> e consultado em novembro de 2021.

9 BIBLIOGRAFIA

- Alves, M.H. e J.M. Bernardo (2003). *Caudais Ecológicos em Portugal*. INAG, Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, Lisboa, Portugal.
- APA (2016). *Planos de Gestão de Região Hidrográfica do Rio douro, Parte 2 - Caracterização e Diagnóstico*. Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.
- Bovee, K.D. (1982). A guide to stream habitat analysis using the Instream. Flow Incremental Methodology. Instream Flow Information Paper 12. U.S. Fish and Wildlife Service
- Godinho, F.; Costa, S.; Pinheiro, P.; Reis, F. e A. Pinheiro (2014). Integrated procedure for environmental flow assessment in rivers. *Environmental Processes*. 1(2):137-147
- INAG, I.P. (2008a). Tipologia de rios em Portugal Continental no âmbito da implementação da Diretiva Quadro da Água. I - Caracterização abiótica. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I. P.
- INAG, I.P. (2008b). *Manual para a avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais segundo a Diretiva 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, I.P. (2008c). *Manual para a avaliação biológica da qualidade da água em sistemas fluviais segundo a Diretiva Quadro da Água - Protocolo de amostragem e análise para os macroinvertebrados*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I.P.
- Pinheiro (2019). Enquadramento jurídico dos regimes de caudais ecológicos em Portugal. Miranda, J., Marques, R. C. e A. L. Guimarães (Editores). *Temas de Direito da Água - Volume 2*. ICJP/CIDP
- RELACRE (2017). *Guia RELACRE 28: Amostragem de águas*. RELACRE, Janeiro de 2017.
- Tharme, R.E. (2003). A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *River Research and Applications* **19**:397-441.