

Guia Metodológico para a Definição de Regimes de Caudais Ecológicos em Aproveitamentos Hidráulicos de Portugal Continental

2018





FICHA TÉCNICA

APA/DRH | AQUALOGUS

Cofinanciado por:

POSEUR
PROGRAMA OPERACIONAL
SUSTENTABILIDADE E EFICIÊNCIA NO USO DE RECURSOS
2014
20

PORTUGAL
2020



UNIÃO EUROPEIA
Fundo de Coesão

ÍNDICES

TEXTO	Pág.
SUMÁRIO	1
1 ENQUADRAMENTO	3
2 MOLDURA LEGISLATIVA	5
3 MÉTODOS PARA DEFINIÇÃO DE RCE	7
4 ESTABELECIMENTO DE RCE EM RIOS PORTUGUESES	17
4.1 ABORDAGEM HIERÁRQUICA	17
4.2 CRITÉRIOS DE DECISÃO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE RCE	18
4.2.1 Considerações gerais	18
4.2.2 Novos Aproveitamentos Hidráulicos	19
4.2.3 Aproveitamentos Hidráulicos existentes	19
4.3 OUTROS ASPETOS A TER EM CONSIDERAÇÃO NA DETERMINAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE RCE	23
4.4 DETERMINAÇÃO DO REGIME DE CAUDAIS PARA ANOS SECOS	27
4.5 DETERMINAÇÃO DE CAUDAIS DE LIMPEZA	28
4.5.1 Enquadramento	28
4.5.2 Abordagem hidrológica	28
4.5.3 Equações de transporte sólido	29
5 PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO PARA AVALIAR A EFICÁCIA DO RCE	31
5.1 ENQUADRAMENTO	31
5.2 CARACTERIZAÇÃO HIDROMORFOLÓGICA A JUSANTE DE APROVEITAMENTOS HIDRÁULICOS	32
5.3 ESTAÇÕES DE MONITORIZAÇÃO	33
5.4 ELEMENTOS A AVALIAR E FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM	34
5.5 METODOLOGIAS DE AMOSTRAGEM	38
5.6 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	38
5.7 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	40
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
7 GLOSSÁRIO	47
8 ANEXOS	51

FIGURAS

Pág.

Figura 3.1 – Representação esquemática do método do perímetro molhado (adaptado de Nelson, 1980)	10
Figura 3.2 - Esquema geral de como o modelo PHABSIM calcula a superfície ponderada útil em função do caudal (adaptado de Gopal, 2013)	13
Figura 3.3 - Representação esquemática do paradigma do regime natural de caudais (adaptado de Bunn e Arthington, 2002)	14
Figura 3.4 - Exemplo da visualização <i>in situ</i> dos níveis de escoamento para os RCE determinados por diferentes métodos no âmbito da metodologia holística desenvolvida em Portugal.....	16
Figura 4.1 - Representação esquemática da abordagem hierárquica.....	17
Figura 4.2 - Fluxograma decisório relativamente às ações a desenvolver para implementação de RCE em AH existentes.....	21
Figura 4.3 – Zonas com valores de conservação da natureza (adaptado do Portal de Cartografia do ICNF e SNIAMB).....	26
Figura 4.4 – Esquema representativo de corte longitudinal em troço com AH em cascata.....	27
Figura 5.1 – Representação esquemática do PMRCE.....	36

QUADROS

Pág.

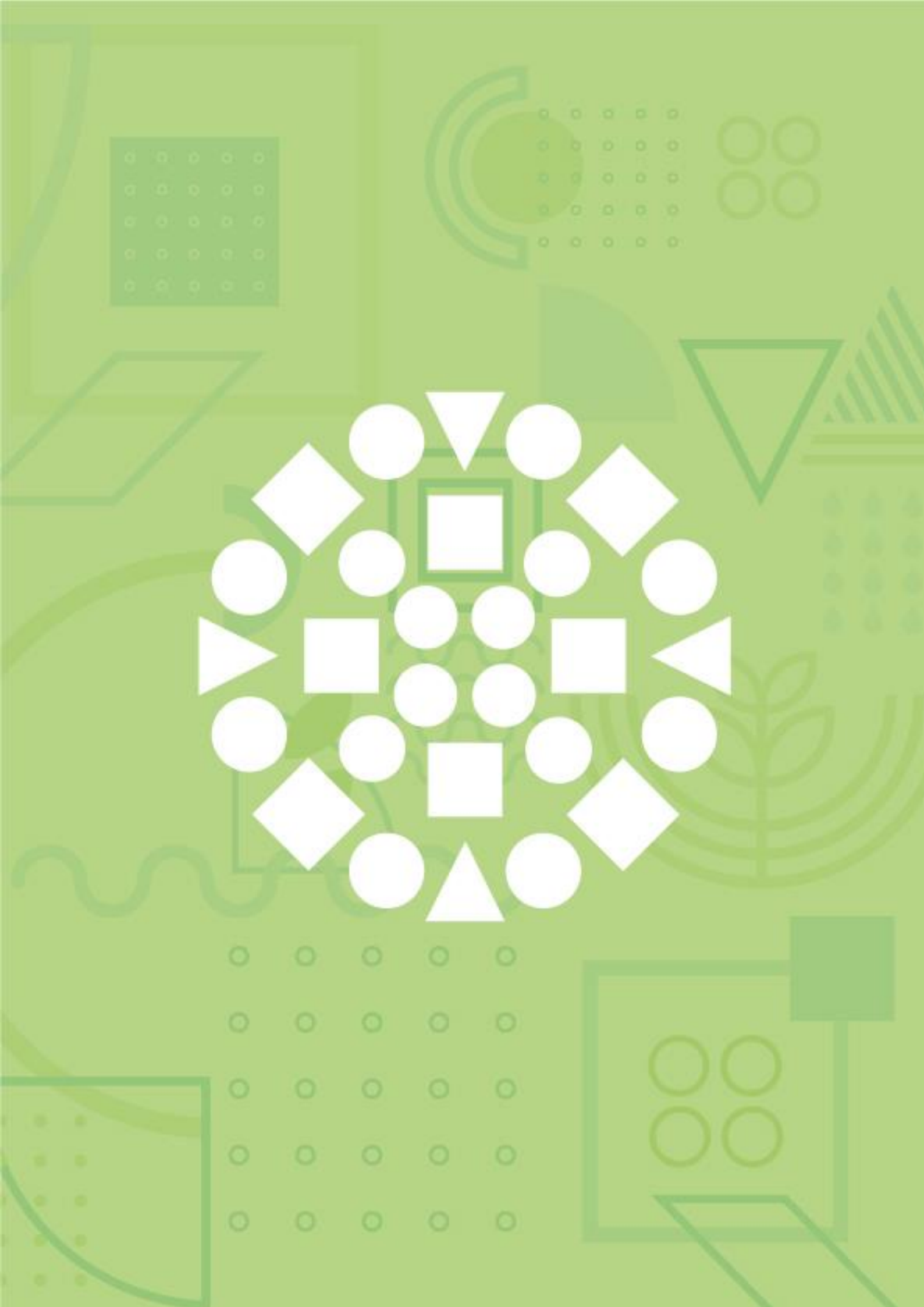
Quadro 3.1 - Critérios para a definição de RCE com base no método desenvolvido no âmbito do PNA de 2002 (Q25, Q50, Q75, e Q90 - Quantis; Qmed - caudal médio mensal)	9
Quadro 5.1 – Elementos e parâmetros e grupos de indicadores a avaliar nos programas de monitorização	35
Quadro 5.2 – Periodicidade de amostragem (Est. RCE – estações no troço a jusante do AH; Est. Controlo - estações de controlo)	37
Quadro 5.3 – Índices e parâmetros a considerar no âmbito dos programas de monitorização	38
Quadro 5.4 – Documentos a entregar: tipo de informação a considerar e prazo para entrega	40
Quadro 5.5 – Estrutura do Relatório Final de ciclo de monitorização.....	41

ANEXOS

- ANEXO 1** - Elementos necessários à definição de regimes de caudais ecológicos no âmbito do Guia.
- ANEXO 2** - Metodologia de caracterização hidromorfológica no âmbito do Guia.

LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

AH	Aproveitamento hidráulico
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
CDC	Curvas de duração média mensal dos caudais médios diários
DQA	Diretiva Quadro da Água
DLCE	Dispositivos de Libertação de Caudal Ecológico
DRIFT	<i>Downstream Response to Imposed Flow Transformations</i>
EFI	<i>European Fish Index</i>
ELOHA	<i>Ecological Limits of Hydrologic Alteration</i>
F-IBIP	Índice Piscícola de Integridade Biótica para Rios Vadeáveis de Portugal Continental
F-IBIP_{GR}	Índice Piscícola de Integridade Biótica para Grandes Rios
HQA	<i>Habitat Quality Assessment</i>
HMS	<i>Habitat Modification Score</i>
IBMWP	<i>Iberian Biological Monitoring Working Party</i>
ICNF	Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas
IFIM	<i>Instream Flow Incremental Methodology</i>
IPTI_N	Índice Português de Invertebrados do Norte
IPTI_S	Índice Português de Invertebrados do Sul
IQH_{GR}	Índice de Qualidade Hidromorfológica em Grandes Rios
MA	Massa de Água
MAFM	Massas de Água Fortemente Modificadas
MAQH_{GR}	Metodologia de Avaliação da Qualidade Hidromorfológica de Grandes Rios
ONGA	Organização Não Governamental de Ambiente
PGRH	Planos de Gestão de Região Hidrográfica
PM	Programa de Monitorização
PMRCE	Programa de Monitorização para avaliação da eficácia do Regime de Caudais Ecológicos
PNA	Plano Nacional da Água
RCE	Regimes de Caudais Ecológicos
RHS	<i>River Habitat Survey</i>
River2D	<i>Hydrodynamic Model for Fish Habitat</i>
SNIAmb	Sistema Nacional de Informação de Ambiente
SPU	Superfície Ponderada Útil
TURH	Título de Utilização dos Recursos Hídricos



SUMÁRIO

O presente Guia Metodológico apresenta os métodos recomendados para o estabelecimento de **REGIMES DE CAUDAIS ECOLÓGICOS** (RCE) em Portugal Continental e deve ser utilizado pelos envolvidos na definição, aprovação e implementação de RCE. Este documento contribui ainda para integrar, em documentação técnica nacional, as recomendações contidas no Documento-Guia n.º 31 da Comissão Europeia “*Ecological Flows in the Implementation of the Water Framework Directive*” (EC, 2015).

É definida uma **ABORDAGEM HIERÁRQUICA** para determinação de RCE que, em termos gerais, engloba três etapas sequenciais: aplicação do método hidrológico desenvolvido no âmbito do Plano Nacional da Água, PNA 2002 (primeiro nível), aplicação do método do Perímetro Molhado e/ou da metodologia IFIM¹ (segundo nível) e a aplicação de um método holístico (terceiro nível). As abordagens hierárquicas são recomendadas no Documento-Guia n.º 31 (EC, 2015) e têm vindo a ser implementadas em diversos países europeus.

São explicitados os **CRITÉRIOS** a utilizar na seleção do nível a aplicar em cada situação. Tendo por base a complexidade dos métodos e os respetivos requisitos em termos de informação de base, é recomendada a aplicação do primeiro nível durante o processo de licenciamento de projetos associados a Aproveitamentos Hidráulicos (AH), em fase de Estudo Prévio. Os níveis superiores podem ser aplicados na sequência de avaliações ambientais favoráveis, em fases posteriores do projeto (p.e., Projeto de Execução), ou nos casos particulares referidos ao longo deste Guia.

Nos casos de maior complexidade (p.e., infraestruturas de grandes dimensões, afetação de zonas sensíveis do ponto de vista ecológico), a aplicação do terceiro nível da abordagem proposta poderá permitir maior suporte à decisão sobre o RCE a estabelecer.

Não obstante a apresentação dos métodos de utilização preferencial em diferentes cenários, o RCE terá de ser submetido à aprovação das Entidades Licenciadoras, cabendo a estas Entidades a decisão quanto aos valores de caudal a descarregar em cada situação, tendo por base os valores obtidos no estudo conducente ao RCE, bem como outras condicionantes consideradas relevantes.

Integram ainda o presente Guia, a estrutura base e o conteúdo dos **PROGRAMAS DE MONITORIZAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO REGIME DE CAUDAIS ECOLÓGICOS (PMRCE)** e os seguintes **ANEXOS**: sumário com os elementos necessários à definição de RCE no âmbito do Guia; metodologia de base para avaliação das condições

¹ *Instream Flow Incremental Methodology.*

hidromorfológicas das massas de água (MA) sujeitas a RCE. Paralelamente à elaboração deste guia foi ainda desenvolvida uma ferramenta que possibilita a determinação de RCE através de dois métodos (PNA 2002 e método do perímetro molhado). Esta ferramenta e o respetivo Manual do Utilizador podem ser descarregados [aqui](#).

1 ENQUADRAMENTO

As características dos regimes hidrológicos são um dos principais agentes modeladores dos sistemas fluviais, apresentando padrões naturais de variação característicos das regiões e/ou bacias de hidrográficas a que estão associados, usualmente designados como regimes naturais de caudais. Estes podem ser caracterizados em termos de magnitude, frequência, taxa de variação, sazonalidade e duração, e definem e estruturam os ecossistemas ribeirinhos, as suas comunidades e processos. Em consequência, a existência de alterações no regime natural de uma massa de água (MA) pode acarretar alterações significativas nestes mesmos ecossistemas.

Necessidades humanas de defesa contra cheias, armazenamento de água para consumo, produção de energia, entre muitas outras, levaram, ao longo dos séculos, à construção de inúmeras infraestruturas hidráulicas, como açudes e barragens que visam regularizar o regime natural de caudais e assegurar utilizações dos recursos hídricos pelo Homem. A intensificação do uso dos recursos fez com que a alteração antrópica dos regimes naturais de caudais seja atualmente uma das principais pressões sobre os ecossistemas fluviais mundiais (EC, 2015), sendo por isso necessária a adoção de políticas e medidas que permitam mitigar os impactes verificados.

Neste contexto, têm sido desenvolvidos esforços continuados para assegurar a implementação e manutenção de caudais ecológicos a jusante dos aproveitamentos hidráulicos (AH), com o objetivo de contribuir para assegurar a funcionalidade dos sistemas fluviais. Os caudais ecológicos correspondem normalmente a séries de valores de caudal aplicáveis em diferentes alturas do ano (p.e., valores mensais), sendo, no seu conjunto, designados como **REGIMES DE CAUDAIS ECOLÓGICOS** (RCE).

Os RCE têm como principal objetivo satisfazer as necessidades dos ecossistemas aquáticos e ribeirinhos, podendo ser definidos, com base em Alves e Bernardo (2003), como regimes de caudais a manter no curso de água, variáveis ao longo do ano, por forma a assegurar a conservação e a manutenção dos ecossistemas aquáticos, a produção de espécies com interesse desportivo ou comercial, assim como a conservação e manutenção dos ecossistemas ripícolas e outros valores que lhes estão associados.

A implementação de RCE surge pois como uma importante medida de mitigação dos impactes que os AH geram, contribuindo para alcançar os objetivos de qualidade definidos para as MA sujeitas a esta pressão, nos termos da legislação aplicável.

Os rios da Península Ibérica, bem como de outras regiões com clima mediterrânico, estão sujeitos a grandes variações naturais de caudal. Alguns destes rios são inclusivamente temporários, uma vez que existem períodos em que o respetivo escoamento superficial é nulo. Estas especificidades hidrológicas, conjuntamente com outras condicionantes, conduziram ao aparecimento de espécies aquáticas altamente adaptadas e dependentes destes regimes de caudais, muitas das quais são endémicas e muito relevantes em termos conservacionistas.

Importa ainda notar que as especificidades hidrológicas e ecológicas referidas condicionam a utilização direta de muitos métodos de determinação de RCE (ver p.e., Moyle *et al.*, 2011), sendo por isso necessário identificar e adotar abordagens adequadas às condições existentes no nosso território, bem como proceder à validação dos resultados obtidos.

Neste Guia é sistematizada a informação relativamente aos métodos que se preconizam para determinação de RCE em diferentes cenários, estruturada como **ABORDAGEM HIERÁRQUICA**.

2 MOLDURA

LEGISLATIVA

Os seguintes documentos legais enquadram a implementação de RCE em Portugal:

- A **Diretiva-Quadro da Água** (DQA, Diretiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de outubro de 2000), que estabelece que os Estados-Membros protegerão e melhorarão as MA com o objetivo de alcançar o seu Bom Estado. Embora a DQA não preveja explicitamente a implementação de RCE, estes podem ser necessários para que os objetivos de qualidade possam ser alcançados, nomeadamente em MA cujo regime de caudais tenha sido alterado de forma significativa por ação humana, tal como reconhecido em EC (2015).
- A **Lei da Água** (Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro) e o Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março, nas suas atuais redações, que transpuseram a DQA para o ordenamento jurídico nacional.
- O **Regime Jurídico sobre as Utilizações dos Recursos Hídricos**, definido no Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio, na sua atual redação, e na Portaria 1450/2007, de 12 de novembro, destacando-se neste último diploma a obrigatoriedade de assegurar um RCE no âmbito dos processos de licenciamento dos aproveitamentos hidroelétricos. O mesmo normativo define ainda que os títulos de utilização que incluam a implantação de infraestruturas hidráulicas devem contemplar a definição de um RCE e a necessidade de instalação de dispositivo próprio para o seu lançamento, caso se justifique (Anexo II, Utilização n.º 10).
- Os **Planos de Gestão de Região Hidrográfica** (PGRH) identificam a necessidade de definição de caudais ecológicos em diferentes cursos de água das bacias de cada Região Hidrográfica. Indicam também as Massas de Água Fortemente Modificadas (MAFM) para as quais já existem RCE definidos ou implementados.
- O **Plano Nacional da Água** (PNA), publicado pelo Decreto-Lei n.º 76/2016, de 9 de novembro, que refere a existência de temáticas que necessitam de ser corrigidas, nomeadamente a fixação e implementação dos regimes de caudais ecológicos. Este documento prevê também a elaboração de um Plano Específico de Gestão da Água, de nível nacional, para a *"...reconstituição da continuidade fluvial, restauração da vegetação ripária e revisão do regime de caudais ecológicos..."*.

- A **Lei da Pesca em Águas Interiores** (Lei n.º 7/2008, de 15 de fevereiro, alterada e republicada pelo Decreto-Lei n.º 221/2015, de 8 de outubro), que 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. A referida legislação refere ainda que a avaliação do caudal ecológico deve ser assegurada pelos proprietários ou utilizadores, permitindo a adaptação do caudal ecológico de modo a assegurar a sua eficácia.
- O **Regime Jurídico da Pesca em Águas Interiores** (Decreto-Lei n.º 112/2017, de 6 de setembro) estabelece ainda que, sempre que o conhecimento técnico ou científico o justifique, os RCE ou métodos para o seu cálculo e verificação são definidos por portaria dos membros do Governo responsáveis pelas áreas da pesca em águas interiores e do ambiente, podendo ser estabelecidos por região, por bacia hidrográfica ou por massa de água. Está ainda previsto, relativamente a infraestruturas hidráulicas para as quais esteja equacionada a instalação de passagens para peixes, que a descarga de caudal ecológico seja articulada com o funcionamento dos dispositivos de transposição piscícola.

Uma análise mais pormenorizada sobre o enquadramento dos RCE no ordenamento jurídico nacional pode ser consultada em Pinheiro (2019).

3 MÉTODOS PARA DEFINIÇÃO DE RCE

Os primeiros métodos para determinação de RCE foram desenvolvidos por especialistas norte-americanos em fauna piscícola, que avaliaram os caudais mínimos necessários para a manutenção de espécies com elevado valor pesqueiro – geralmente salmonídeos, como as trutas e os salmões – em locais situados a jusante de centrais hidroelétricas e de grandes aproveitamentos hidroagrícolas (Leathe e Nelson, 1986).

Presentemente, existem várias 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 (Tharme, 2003):



Os **MÉTODOS HIDROLÓGICOS**, também designados por métodos de caudais históricos, foram dos primeiros a surgir e continuam a ser desenvolvidos e bastante utilizados, muito graças à sua simplicidade. Nestes, os RCE são calculados a partir de dados relativos aos regimes hidrológicos naturais (isto é, prévios à alteração do regime), obtidos em estações hidrométricas ou estimados através de modelação. É frequente que a análise seja feita apenas em gabinete, sem reconhecimento *in situ* das condições existentes.

A fundamentação destes métodos passa por se assumir a existência de uma relação entre determinados valores de caudal e a resposta da comunidade biótica, sendo assim possível definir os valores de caudal necessários para assegurar a conservação dos ecossistemas em análise.

O caudal ecológico resultante da aplicação dos métodos hidrológicos pode corresponder a um único valor ou a um conjunto de valores. Mesmo quando o método hidrológico produz

um valor único, este pode e deve ser convertido num RCE, através, por exemplo, da redistribuição desse valor de forma proporcional à variação mensal do regime natural.

Os valores de RCE gerados através de métodos hidrológicos são frequentemente conservadores, para acautelar a incerteza associada à não consideração de dados relativos às características geomorfológicas e ecológicas dos troços fluviais, isto é, pelo facto das relações entre caudal e biota não serem determinadas.

Os primeiros métodos hidrológicos começaram por definir o caudal ecológico, numa base anual, como uma percentagem fixa do caudal modular, geralmente entre 3 e 5%, tendo evoluído para métodos que produzem estimativas de RCE com base sazonal ou mensal, numa tentativa de mimetizar as variações temporais do regime hidrológico natural.

Estes métodos podem produzir indicações fiáveis quanto aos RCE necessários, sobretudo se a validação aos valores de caudal obtidos integrar informação relativa ao ecossistema que se pretende beneficiar (EC, 2015). A abordagem para determinação de RCE em níveis sequenciais proposta no Documento-Guia n.º 31 da Comissão Europeia (EC, 2015) recomenda a utilização de métodos hidrológicos no primeiro nível da respetiva abordagem hierarquizada.

Neste grupo merecem destaque os seguintes métodos: i) o método hidrológico desenvolvido para o território nacional no âmbito do PNA de 2002, ii) o método de Tennant (e suas derivações) e iii) o método do Caudal Base. Enquanto o primeiro foi desenvolvido especificamente para a realidade hidrológica do território continental, os restantes já foram testados em estudos realizados a nível nacional ou ibérico.

O **método desenvolvido no âmbito do PNA de 2002** (Alves e Bernardo, 2003) é, à luz do conhecimento existente, o método hidrológico mais adequado à realidade portuguesa². O seu desenvolvimento teve em consideração aspetos ecológicos específicos do funcionamento dos sistemas fluviais portugueses, gerando RCE que mimetizam o regime hidrológico natural através da manutenção das suas principais características.

Este método é aplicado com base em curvas de duração média mensal dos caudais médios diários (CDC) em regime natural. As CDC são curvas de frequências cumulativas, que representam a percentagem de tempo durante o qual o caudal médio diário iguala ou excede um determinado valor no troço fluvial em estudo. Tipicamente, os índices hidrológicos baseados nas CDC são referidos através da notação Q_x , onde o x indica o percentil de excedência. Por exemplo, Q_{95} representa o caudal que é excedido em 95% do

² Excetuando o caso dos Grandes Rios, conforme tipologia estabelecida em INAG (2008).

tempo no mês em apreço, enquanto Q_{50} representa o caudal excedido em apenas 50% do tempo.

Os valores mensais de RCE são determinados considerando quantis diferenciados consoante o mês e o grupo a que cada local pertence (**Quadro 3.1**), considerando três regiões hidrologicamente homogêneas: Região a Norte do rio Tejo, excluindo a sub-região Terra Quente; Região a Sul do rio Tejo e Sub-região Terra Quente.

Quadro 3.1 - Critérios para a definição de RCE com base no método desenvolvido no âmbito do PNA de 2002 (Q_{25} , Q_{50} , Q_{75} , e Q_{90} - Quantis; Q_{med} - caudal médio mensal)

Região	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Norte do Rio Tejo, excluindo a sub-região Terra Quente	Q_{75}	Q_{75}	Q_{75}	Q_{75}	Q_{90}	Q_{90}	Q_{90}	Q_{90}	Q_{90}	Q_{75}	Q_{75}	Q_{75}
Sul do Rio Tejo	Q_{med}	Q_{25}	$\frac{(Q_{50} + Q_{25})}{2}$	Q_{50}	Q_{50}	Q_{50}	Q_{50}	Q_{50}	Q_{50}	Q_{med}	Q_{med}	Q_{med}
Terra Quente	Q_{50}	Q_{50}	Q_{75}	Q_{75}	Q_{75}	Q_{90}	Q_{90}	Q_{90}	Q_{75}	Q_{50}	Q_{med}	Q_{med}

Este método não é adequado para os Grandes Rios (rios Minho, Douro, Tejo e Guadiana), pelo que neste caso podem ser utilizados outros métodos hidrológicos, nomeadamente o método de **Tennant** (e suas derivações) ou o método do **Caudal Base**.

O **ANEXO 1** apresenta um sumário com os elementos técnicos necessários à correta aplicação deste método.

Os **MÉTODOS HIDRÁULICOS** utilizam a relação entre o escoamento e variáveis hidráulicas medidas em secções transversais (p.e. o perímetro molhado, a velocidade média e a altura do escoamento), que são utilizadas como indicadores de características dos habitats consideradas relevantes para a fauna aquática. Assim, neste grupo de métodos estão inseridos todos os que tomam em consideração as características hidráulicas do leito para estabelecer relações gerais entre o habitat e os caudais escoados, mas que não consideram explicitamente as preferências de habitat das espécies presentes.

Estes métodos têm associadas exigências modestas em termos de trabalho de campo, recorrendo a relações entre o caudal escoado e as características físicas do curso de água, que são determinadas, frequentemente, em secções transversais ao sentido do escoamento.

O método do Perímetro Molhado é um dos métodos hidráulicos mais utilizados a nível mundial, tendo já sido testado em estudos realizados a nível nacional.

O **método do Perímetro Molhado** é 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 ecológica do rio (Leathe e Nelson, 1986).

O valor de caudal associado ao primeiro ponto de inflexão da curva (**Figura 3.1**) é normalmente tomado como o caudal ecológico recomendado pelo método.

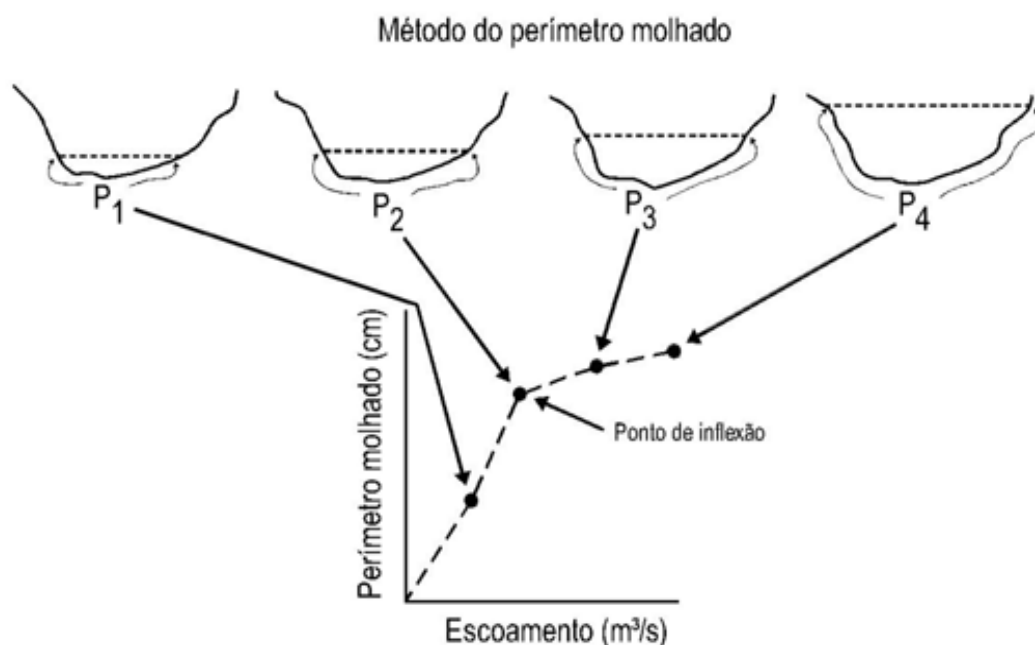


Figura 3.1 – Representação esquemática do método do perímetro molhado (adaptado de Nelson, 1980)

Em alternativa à determinação do caudal mínimo com base no ponto de inflexão, o caudal ecológico a estabelecer pode ser determinado tendo como critério a manutenção de um determinado perímetro molhado, que se considere compatível com o grau de proteção ambiental pretendido. Este critério é definido em relação ao perímetro molhado verificado para um caudal de referência, no qual se considera existirem condições favoráveis para as espécies aquáticas (p.e., o perímetro molhado correspondente ao caudal médio num determinado mês não deve sofrer uma redução superior a 20%).

Embora os cálculos efetuados não considerem a variabilidade sazonal do caudal, uma vez que pela aplicação do método apenas é obtido um valor de caudal para cada secção considerada, este último pode ser posteriormente transposto para um regime de base mensal, tal como anteriormente referido no que respeita à aplicação de métodos hidrológicos. Para esse efeito, o valor de caudal alcançado deve ser multiplicado por um fator obtido a partir da razão entre o caudal médio de cada mês e o caudal médio anual, ambos em regime natural.

O método hidráulico do perímetro molhado pode ser aplicado em Portugal, embora com limitações relevantes em algumas configurações fluviais (p.e., i) rios de montanha com quedas e poucas zonas de rápidos; ou ii) rios de planície), pela dificuldade em identificar pontos de inflexão. É recomendada a sua utilização em abordagens hierárquicas em que se necessite de informação mais específica quanto ao comportamento hidráulico do rio em determinadas secções.

O **ANEXO 1** apresenta um sumário com os elementos técnicos necessários à correta aplicação deste método, bem como para a transposição do valor obtido para um regime de base mensal.

Os **MÉTODOS ECOHIDRÁULICOS** são uma extensão dos hidráulicos, já que também se baseiam em condições hidráulicas associadas a requisitos de habitat de espécies-alvo (Bovee *et al.*, 1998). Estes métodos são baseados na relação explícita entre o habitat e o caudal, sendo mais complexos do que os métodos hidrológicos e hidráulicos. Neste caso, a partir de requisitos de habitat de uma ou mais espécies-alvo, e tendo por base as características hidráulicas do troço em análise, são realizadas simulações (com recurso a modelos matemáticos) que permitem obter estimativas das variações que o habitat utilizável pode sofrer em função do caudal escoado.

Embora desenvolvidos para as populações piscícolas, estes métodos já foram aplicados a outros grupos biológicos, como os macroinvertebrados bentónicos e a vegetação ribeirinha (p.e., Li *et al.*, 2009; Rivaes *et al.*, 2011; Caletková *et al.*, 2012, Rivaes *et al.*, 2017).

A abordagem para determinação de RCE em níveis sequenciais proposta no Documento-Guia n.º 31 da Comissão Europeia (EC, 2015) recomenda a utilização de métodos ecohidráulicos no último nível de avaliação, em conjugação com um método holístico.

A Metodologia Incremental (*Instream Flow Incremental Methodology*, IFIM) encontra-se entre os métodos ecohidráulicos mais utilizados a nível mundial, tendo já sido testada em estudos realizados a nível nacional.

A **metodologia IFIM** é baseada no princípio de que a distribuição dos elementos biológicos de um determinado sistema fluvial é determinada, entre outros fatores, pelas características hidráulicas, estruturais e morfológicas dos cursos de água (Stalnaker e Milhous, 1983). Cada organismo tende a selecionar, no curso de água, as condições que lhe são mais adequadas, sendo possível atribuir um grau de preferência a cada variável ambiental, que é proporcional à aptidão do valor dessa variável para a espécie (Gore *et al.*, 1989).

A aplicação da metodologia IFIM recorre a critérios de aptidão ou preferência de habitat de uma ou mais espécies, para simular a variação do habitat disponível em função dos

vários regimes de caudal (Gan e McMahon, 1990). Estes critérios são determinados para uma fase do ciclo de vida (p.e., juvenil ou adulto) e/ou para um processo biológico em particular (p.e., reprodução, alimentação, refúgio).

A disponibilidade de habitat para cada caudal simulado é medida por um índice designado Superfície Ponderada Útil (SPU), que corresponde à área molhada gerada por esse caudal no troço fluvial em estudo, ponderada pela sua adequação para utilização por um determinado organismo. A SPU é utilizada como variável decisória na determinação de cada RCE. No **ANEXO 1** é apresentada informação adicional para definição de valores de caudal em função dos critérios de aptidão ou preferência identificados.

Diferentes programas de simulação permitem modelar as relações entre o caudal e a superfície ponderada útil, incluindo o PHABSIM (sistema de simulação de habitat físico desenvolvido no âmbito do IFIM, **Figura 3.2**) e o RIVER2D.

Esta metodologia tem uma aceitação bastante generalizada, por ser baseada na biota efetivamente presente no troço fluvial em avaliação e por ser mais flexível e detalhada do que a generalidade dos métodos alternativos, sendo aplicável na generalidade das massas de água lóticas existentes em Portugal continental. A sua utilização é recomendada em abordagens hierárquicas, e mais especificamente quando seja importante obter informação relativamente à variação do habitat de espécies selecionadas em função de diferentes valores de caudal.

No **ANEXO 1** é apresentado um sumário com os elementos técnicos necessários à correta aplicação do IFIM.

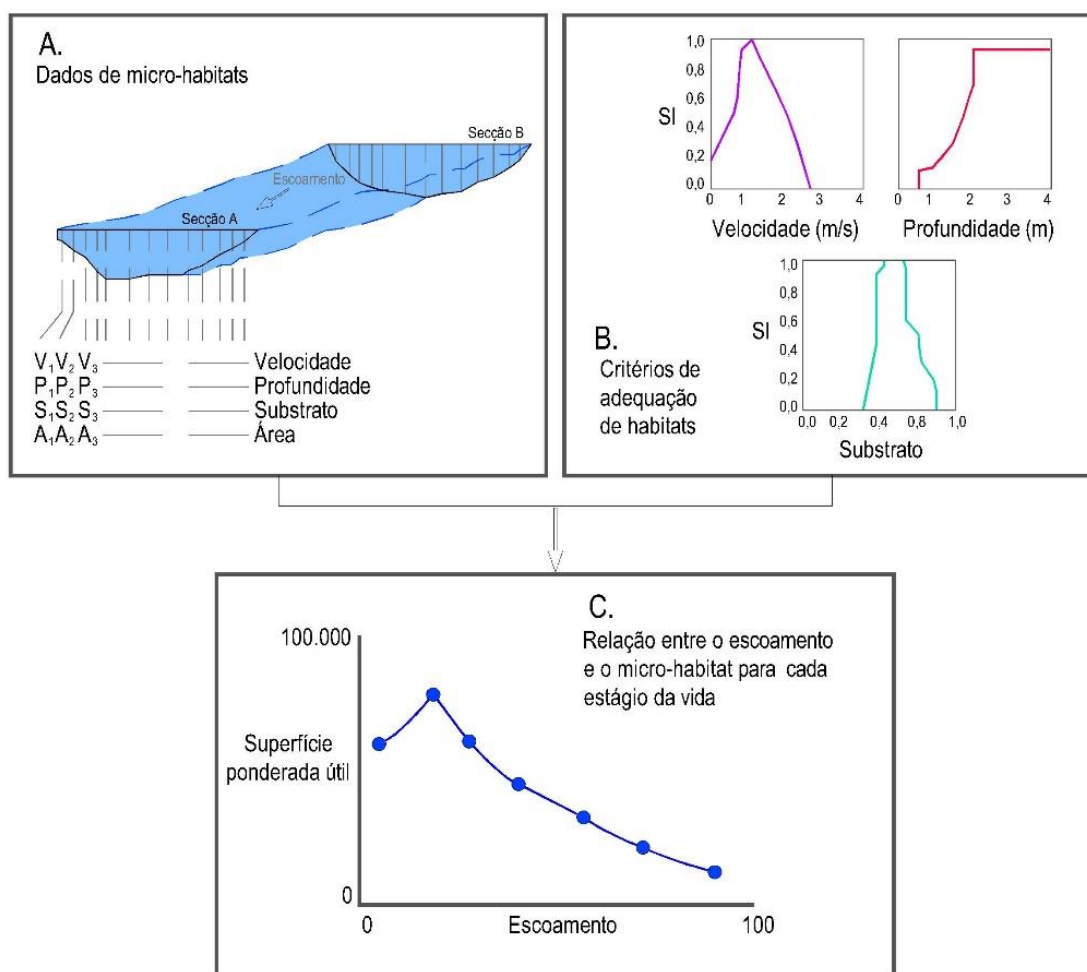


Figura 3.2 - Esquema geral de como o modelo PHABSIM calcula a superfície ponderada útil em função do caudal (adaptado de Gopal, 2013)

Os **MÉTODOS HOLÍSTICOS** foram desenvolvidos inicialmente na Austrália e na África do Sul e ganharam reconhecimento por terem como pressuposto a possibilidade de determinar caudais ecológicos integrando todas as componentes bióticas e abióticas dos sistemas aquáticos, bem como as valências sociais dos ecossistemas. O termo "holístico" pretende representar este conceito, referindo-se a uma visão integral ou um entendimento geral dos fenômenos verificados num determinado contexto. Estes métodos tendem a incluir fóruns de discussão, nos quais podem participar diferentes grupos, tais como peritos, legisladores, utilizadores e outras partes interessadas.

Este grupo de métodos tem como premissa que os RCE devem mimetizar todas as componentes dos regimes hidrológicos naturais (paradigma do regime natural de caudais, **Figura 3.3**), sendo estas indispensáveis para sustentar a morfologia dos cursos de água, os habitats, as componentes bióticas existentes e suas interações, além de assegurar a integridade ecológica do sistema fluvial (King *et al.*, 2003).

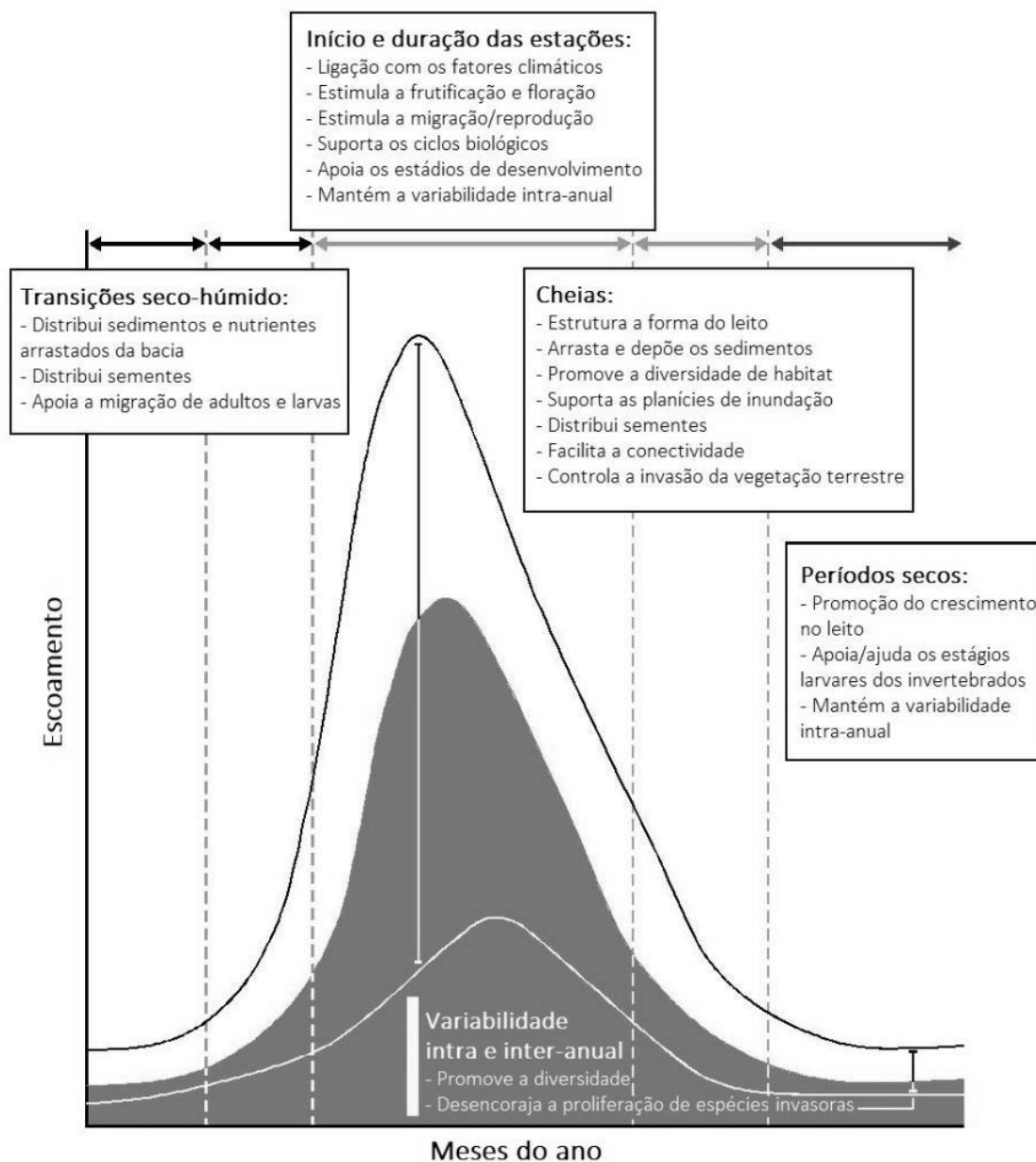


Figura 3.3 - Representação esquemática do paradigma do regime natural de caudais (adaptado de Bunn e Arthington, 2002)

A aplicação de métodos holísticos requer a constituição de equipas multidisciplinares, envolvendo adicionalmente a participação das partes interessadas: entidades licenciadoras, utilizadores dos recursos hídricos e outros [p.e., entidades da administração, municípios, representantes dos setores, Organizações Não-Governamentais de Ambiente (ONGA)].

Ao incorporar componentes de natureza biológica, hidromorfológica, social e económica, os métodos holísticos permitem robustecer os resultados, graças à integração de aspetos que outros métodos de determinação de RCE não permitem por si só considerar.

Os métodos holísticos propõem a construção sistemática de um RCE através de um processo *bottom-up* ou *top-down*. O processo *bottom-up* gera um RCE que, numa base mensal, adiciona componentes de caudal destinados a atingir determinados objetivos ecológicos no sistema modificado (p.e., caudal para inundação de leitos de desova), geomorfológicos (p.e., caudal para controle de vegetação), de qualidade da água (p.e., caudal mínimo em estiagem), sociais (acesso a cais de embarque), ou outros (Tharme, 2003). O processo *top-down* define o RCE a partir do regime hidrológico natural, relativamente ao qual são estabelecidos graus de desvio aceitáveis, geralmente numa base mensal, face a diferentes cenários de utilização dos recursos hídricos que são avaliados.

O ponto de partida para a determinação de RCE através de abordagens holísticas é, com frequência, baseado nos resultados obtidos através da aplicação de um ou mais métodos hidrológicos, hidráulicos e ecohidráulicos, que são posteriormente utilizados na construção, *bottom-up* ou *top-down*, do RCE.

Os métodos holísticos são geralmente mais robustos, mas consequentemente mais dispendiosos e demorados. Apresentam ainda como limitação o facto de serem muito dependentes de análises periciais, o que os torna passíveis de alguma subjetividade.

Como referido atrás, na abordagem hierárquica proposta no Documento-Guia n.º 31 da Comissão Europeia (EC, 2015), é sugerida a utilização de uma metodologia holística no último nível de avaliação, nomeadamente nas situações que necessitem de maior precisão (p.e., quando a alteração do regime hidrológico implique um forte impacto nos usos ou quando está em causa a salvaguarda de sistemas com elevado valor conservacionista).

Alguns dos exemplos de abordagens holísticas de mais ampla utilização são a *Building Block Methodology* e a *Downstream Response to Imposed Flow Transformation Methodology* (DRIFT), tendo mais recentemente sido proposta a metodologia ELOHA, *Ecological Limits of Hydrologic Alteration* (Poff et al., 2010).

A nível nacional, foi desenvolvida uma metodologia holística do tipo *bottom-up* que gera um RCE de base mensal a partir da concertação dos resultados obtidos por diferentes métodos (Godinho et al., 2014).

O aspeto central da **metodologia desenvolvida para Portugal** (Godinho et al., 2014) é a ponderação *in situ*, dos diferentes RCE possíveis por equipas multidisciplinares, podendo incluir peritos em temáticas como a hidrologia, a geomorfologia, a flora aquática, os macroinvertebrados bentónicos e a fauna piscícola.

Em termos práticos, os diferentes RCE são avaliados em pormenor, durante visitas de campo, em cada secção transversal, e ao longo do troço fluvial em apreço, sendo

observadas as zonas inundadas e os níveis originados com os caudais obtidos através dos diferentes métodos de determinação de RCE (**Figura 3.4**).



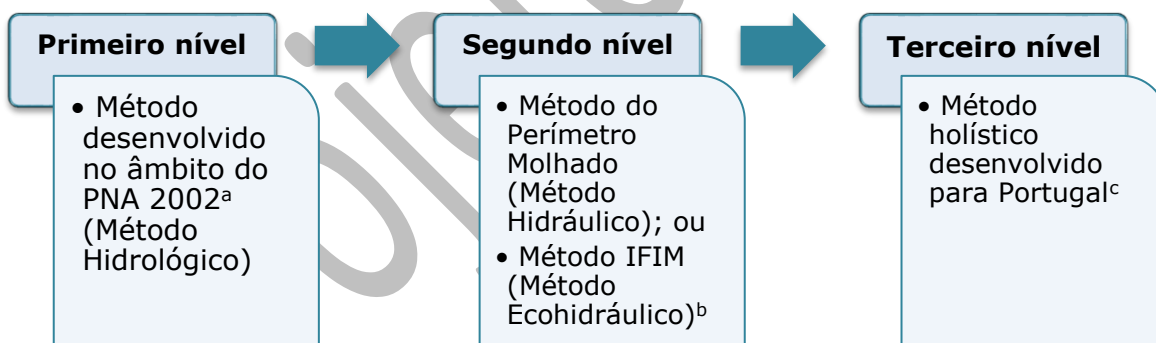
Figura 3.4 - Exemplo da visualização *in situ* dos níveis de escoamento para os RCE determinados por diferentes métodos no âmbito da metodologia holística desenvolvida em Portugal

O **ANEXO 1** apresenta um sumário com os elementos técnicos necessários à correta aplicação do método holístico desenvolvido para Portugal, incluindo a forma de ponderar os RCE propostos por cada perito.

4 ESTABELECIMENTO DE RCE EM RIOS PORTUGUESES

4.1 ABORDAGEM HIERÁRQUICA

Sustentada numa análise crítica dos métodos disponíveis para determinação de RCE, é apresentada de seguida a abordagem hierárquica a utilizar na determinação de RCE em rios portugueses. As abordagens hierárquicas são recomendadas no Documento-Guia n.º 31 da Comissão Europeia (EC, 2015) e têm vindo a ser implementadas em diversos países europeus. Em síntese, a abordagem contempla **três níveis sequenciais**, integrando cada um os métodos de determinação de RCE indicados na **Figura 4.1**.



a) Excluindo os Grandes Rios (INAG, 2008), em que poderão, por exemplo, ser aplicadas variações do método de Tennant ou o método do caudal base. A determinação de RCE nos Grandes Rios deve, sempre que possível, incorporar ainda métodos hidráulicos ou ecohidráulicos.

b) A escolha do método a aplicar é feita com base na complexidade de cada situação, de acordo com os critérios definidos neste Guia.

c) É sugerida a consideração deste método no 3.º nível, atendendo a que foi conceptualizado para a realidade nacional. Contudo, poderão ser adotados métodos alternativos que se considerem adequados à situação em análise.

Figura 4.1 - Representação esquemática da abordagem hierárquica

Esta abordagem apresenta como objetivo central a definição de um RCE de base mensal, estabelecendo caudais ecológicos para cada mês do ano em condições médias de escoamento.

O RCE pode ainda incluir caudais de limpeza (**alínea 4.5**), que permitam inundar o leito maior com uma periodicidade a definir, em função das características hidromorfológicas do leito e dos caudais de cheia descarregados nos períodos em apreço, bem como fatores de redução a aplicar em condições de seca (**alínea 4.4**).

4.2 CRITÉRIOS DE DECISÃO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE RCE

4.2.1 Considerações gerais

No processo de definição e implementação de RCE é necessário ter em consideração o tipo de AH em causa, bem como o enquadramento em que este se insere (quer seja a sua antiguidade, quer a própria posição dentro da bacia hidrográfica, entre outros aspetos), uma vez que estes vão determinar o tipo de abordagens que podem e devem ser adotadas durante o processo.

As **diretrizes aplicáveis** em cada situação são apresentadas ao longo dos pontos seguintes.

Adicionalmente, apresentam-se algumas considerações relevantes relativas à definição e implementação de RCE:

- Não obstante o presente Guia sistematizar diretrizes para a escolha do nível da abordagem a utilizar, os agentes ou entidades responsáveis podem aplicar níveis superiores da abordagem hierárquica a uma fase inicial de um projeto (p.e., o método IFIM num projeto em fase de estudo prévio).
- A aplicação do segundo nível da abordagem proposta (utilização dos métodos IFIM ou do Perímetro Molhado) pressupõe a aplicação do nível antecedente, que corresponde ao método desenvolvido no PNA 2002.
- Nas situações em que for aplicado mais do que um método (segundo e terceiro nível da abordagem hierárquica), podem ser considerados como referência os resultados obtidos pela metodologia mais complexa, após validação dos resultados numa base caso-a-caso. Estas considerações não invalidam que o RCE a implementar seja aquele que venha a ser validado e aprovado pela Entidade Licenciadora.
- Sempre que, da aplicação dos métodos de cálculo de RCE, resultarem valores médios anuais inferiores aos limiares mínimos estabelecidos para o tipo de caso em questão (**subcapítulos 4.2.2 e 4.2.3**), estes devem ser ajustados até atingirem esse valor, de forma proporcional.

- Os Dispositivos de Libertação de Caudal Ecológico (DLCE) a construir deverão ser dimensionados para o valor máximo de RCE a descarregar, determinado através da aplicação do método hidrológico desenvolvido no PNA 2002.
- A construção de dispositivos específicos para libertação de RCE tem sido descrita em bibliografia técnica (p.e., Dyson *et al.*, 2003, Ferreira, 2010, Baril *et al.*, 2014, SEPA, 2018), incluindo soluções alternativas que podem completar e/ou substituir os DLCE em algumas situações específicas. Algumas dessas soluções alternativas correspondem a tomadas de água a partir de descargas de fundo, turbinas ou dispositivos específicos para transposição de peixes.

A adequação e eficácia dos RCE implementados serão posteriormente determinadas através de programas de monitorização específicos (PMRCE; ver pormenorização no **Capítulo 5**).

4.2.2 Novos Aproveitamentos Hidráulicos

A determinação de RCE em novos AH deve, numa fase inicial dos estudos, recorrer ao método hidrológico desenvolvido no âmbito do PNA 2002. O RCE obtido por este método será utilizado na avaliação da respetiva viabilidade técnico-económica e ambiental (p.e., Estudo de Incidências Ambientais, Estudo de Impacte Ambiental) e na definição dos valores limite para o dimensionamento do DLCE a instalar no AH.

Na sequência de avaliações ambientais favoráveis, podem então ser aplicados os níveis seguintes da abordagem hierárquica para determinação de RCE. Esta estratégia é justificada, nomeadamente:

- i.) por ser possível obter um RCE que integre explicitamente os requisitos de espécies-alvo;
- ii.) pelo facto dos valores obtidos através do método do PNA 2002 poderem ser conservativos (Portela, 2006).

Nestes casos, os RCE gerados através da aplicação de qualquer dos métodos integrantes da abordagem hierárquica (ou outros) não poderão ser inferiores a **10% do caudal médio anual**, com distribuição mensal proporcional à variação natural. O valor de 10% é considerado por diferentes metodologias (p.e., método de Tennant, metodologia constante da legislação francesa) como limiar mínimo de RCE a implementar para evitar a degradação severa das condições ecológicas nos sistemas fluviais.

4.2.3 Aproveitamentos Hidráulicos existentes

Dentre os AH já construídos e em exploração, existem situações diversas relativamente ao nível e condições de implementação de RCE. A título de exemplo: nalguns AH são implementados RCE de valor fixo, muito reduzido; noutros são implementados RCE com variação mensal; e noutros casos não é assegurado qualquer RCE, embora os respetivos

Títulos de Utilização de Recursos Hídricos (TURH) o prevejam. Existem ainda AH nos quais não é descarregado RCE por terem sido construídos anteriormente à identificação deste tipo de medida, por existirem atrasos na implementação da medida ou por esta medida não ser aplicável.

Para operacionalizar a libertação de RCE nos AH em que esta medida deve ser aplicada, é necessário identificar a situação existente e adaptar a abordagem em função de eventuais condicionantes.

De forma transversal aos AH existentes, deve ser tido por referência que os RCE gerados através da aplicação de qualquer dos métodos integrantes da abordagem hierárquica (ou outros) não poderão ser inferiores a **7% do caudal médio anual**, com distribuição mensal proporcional à variação natural.

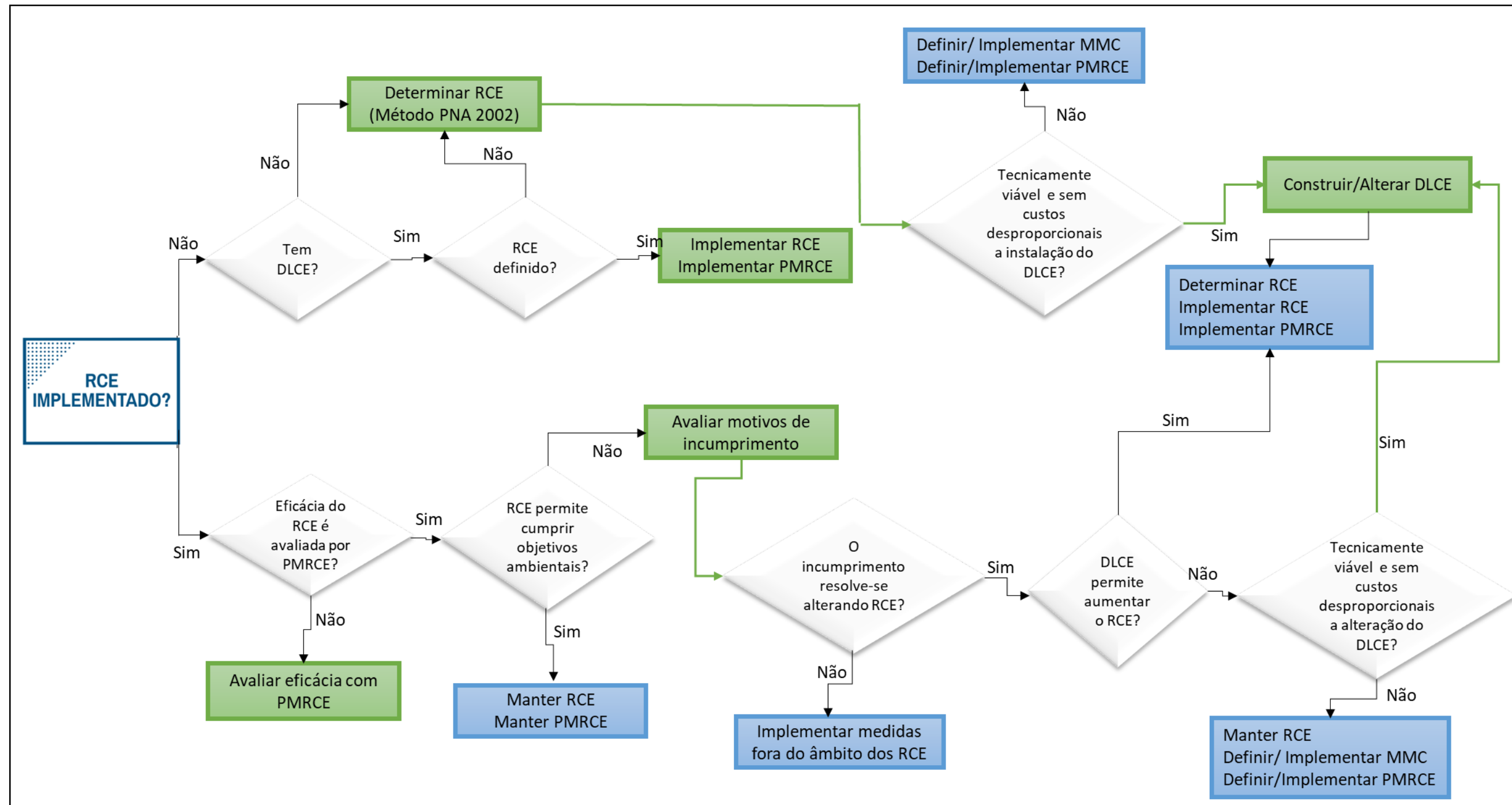
Para os AH existentes em que estão já implementados RCE de valor inferior a 7% do caudal médio anual, estes apenas podem ser mantidos se os resultados obtidos através de PMRCE específicos demonstrarem que os objetivos ambientais são alcançados e mantidos com o RCE implementado, eventualmente complementado com medidas de mitigação complementares. Esta análise deve ser realizada em articulação com a Entidade Licenciadora, à qual caberá a decisão final quanto à viabilidade de manutenção dos valores de RCE em causa.

4.2.3.1 Aproveitamentos Hidráulicos sem RCE estabelecido ou implementado

Os AH sem RCE estabelecido ou implementado correspondem, genericamente, aos aproveitamentos anteriores a 1990, ou a casos mais recentes para os quais, embora exista referência a caudais ecológicos no TURH, o RCE nunca chegou a ser implementado ou mesmo determinado.

Os AH englobados neste grupo podem, ou não, estar equipados com DLCE. Para os AH sem DLCE, será calculado o RCE através do método do **PNA 2002** e os caudais resultantes serão utilizados para **dimensionamento deste dispositivo (Figura 4.2)**. Numa fase subsequente será avaliada a viabilidade técnica de implementar o DLCE assim dimensionado. Se for tecnicamente viável e comprovadamente sem custos desproporcionais, o RCE será estabelecido e o dispositivo instalado, após aprovação pela Entidade Licenciadora. A eficácia do RCE será avaliada através de um PMRCE.

Nas situações em que a instalação de um DLCE se revele tecnicamente inviável, será necessário acompanhar a Qualidade Ecológica da MA(s) afetada(s) através de um Programa de Monitorização (similar ao PMRCE) e, face aos resultados, ponderar a implementação de outras medidas de mitigação.



DLCE – Dispositivo de Libertação de Caudal Ecológico

PMRCE – Programa de monitorização para avaliar a eficácia dos RCE

RCE – Regime de Caudais Ecológicos

PNA 2002 – Método hidrológico desenvolvido no âmbito do Plano Nacional da Água

MMC – Medidas de mitigação complementares

Figura 4.2 - Fluxograma decisório relativamente às ações a desenvolver para implementação de RCE em AH existentes

Nos AH que tiverem um RCE definido e um DLCE instalado, mas em que o RCE ainda não começou a ser descarregado, deverá ser imediatamente dado início à sua implementação, sendo também operacionalizado o respetivo PMRCE. Não obstante, caso o RCE definido seja inferior ao limite mínimo de 7% do caudal médio anual ou esteja definido como um valor fixo (sem variação mensal), deverá ser prontamente dado início ao processo de definição de um novo RCE, a aplicar assim que a Entidade Licenciadora o aprovar.

Neste ponto, terá ainda de ser avaliada a capacidade do DLCE existente para descarregar o novo RCE, procedendo-se, se necessário, à definição de uma nova solução, ou de uma solução alternativa, e à respetiva instalação. Os critérios de decisão a considerar passam então a ser os descritos para os AH com RCE implementado.

4.2.3.2 Aproveitamentos Hidráulicos com RCE implementado

Este conjunto de AH integra todos aqueles em que é descarregado um RCE, existindo casos em que os valores descarregados refletem o RCE aprovado pela Entidade Licenciadora, bem como outros em que o RCE não corresponde integralmente aos valores determinados, existindo ainda situações em que o RCE não foi determinado através dos métodos propostos na abordagem hierárquica (tendo sido nalguns casos estabelecido com base numa proporção fixa do caudal médio; frequentemente 3 a 5%).

Também no que diz respeito aos DLCE, existem situações díspares: em AH construídos mais recentemente, o DLCE foi dimensionado de acordo com os pressupostos atualmente estabelecidos, permitindo a descarga dos valores de RCE estabelecidos pela Entidade Licenciadora; em alguns AH mais antigos, já foi concretizada a reformulação da solução original, sendo agora possível descarregar RCE validados pela Entidade Licenciadora; outros AH estão ainda equipados com DLCE que não foram dimensionados para os valores máximos resultantes do método do PNA 2002, existindo também AH em que os RCE são descarregados (p.e., através de passagens para peixes) apesar do AH não estar equipado com dispositivos específicos para esse efeito. Nestes últimos dois casos, pode ser necessário avaliar a necessidade e viabilidade de reformulação da solução existente ou de instalação de um novo DLCE.

O DLCE existente pode condicionar a capacidade de regulação dos valores de RCE a descarregar, uma vez que dispositivos que não sejam específicos para este fim podem não ser reguláveis para toda a gama de caudais prevista no RCE. Pode ainda não estar equipado com caudalímetro para registo dos caudais descarregados. Neste caso, será necessário estimar os valores descarregados, tendo em conta a capacidade de vazão do equipamento.

Existem também diferentes situações quanto ao acompanhamento dos resultados da descarga dos RCE através de PMRCE, incluindo AH em que nunca foram implementados programas de monitorização para avaliação da eficácia dos RCE descarregados e outros em que os programas de monitorização estão em curso.

Assim, numa primeira fase deve ser avaliada a **eficácia do RCE descarregado** através do DLCE existente com base na implementação de um **PMRCE**. Se o RCE permitir atingir os objetivos ambientais estabelecidos e, sendo esse o entendimento da Entidade Licenciadora, este poderá ser mantido. O programa de monitorização manter-se-á também, ajustando-se o seu conteúdo e periodicidade (ver **Capítulo 5**).

Se o RCE não permitir alcançar os objetivos ambientais, será necessário avaliar se o incumprimento pode ser ultrapassado com a alteração do RCE. Concluindo-se, através dos resultados da monitorização, que o incumprimento resulta da insuficiência do RCE e se o DLCE existente permitir alterá-lo, o RCE será ajustado até valores que sejam validados pela Entidade Licenciadora. Se ainda não estiver definido um RCE alternativo, este deverá ser determinado com recurso à abordagem hierárquica, sendo posteriormente sujeito a validação pela Entidade Licenciadora e, subsequentemente, descarregado e monitorizado quanto à sua eficácia.

Se for identificada a necessidade de alterar o RCE, mas o DLCE não for capaz de acomodar esta alteração, será avaliada a viabilidade técnica de alterar o dispositivo, através da sua modificação, da instalação de um novo DLCE ou de um dispositivo complementar ao existente. Neste processo, deverão ser tidos como referência para a capacidade de vazão do DLCE os valores que resultem da aplicação do método do PNA 2002. Garantida a viabilidade técnica e desde que comprovadamente não existam custos desproporcionais, o DLCE será construído/alterado e o novo RCE descarregado, sendo depois monitorizada a sua eficácia.

Se o incumprimento dos objetivos não estiver relacionado com o RCE descarregado, o(s) fator(es) limitante(s) deverão ser identificados e corrigidos pelas entidades por eles responsáveis, podendo ser, ou não, da responsabilidade do titular do TURH (por exemplo, existência de barreiras transversais, como açudes, no troço a jusante do AH; existência de pressões pontuais ou difusas) ou outras alterações hidromorfológicas que resultem da existência da barragem.

Nas situações em que a instalação de um DLCE se revele tecnicamente inviável será necessário implementar uma adaptação do PMRCE, para a MA(s) interferida(s) e, face aos resultados a obter, ponderar a implementação de medidas de mitigação complementares ao RCE.

4.3 OUTROS ASPETOS A TER EM CONSIDERAÇÃO NA DETERMINAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE RCE

Além das situações identificadas anteriormente, a determinação e implementação de RCE considera os seguintes aspetos específicos:

a. Dimensão dos aproveitamentos hidráulicos

A aplicação dos métodos de determinação de RCE no âmbito do segundo nível da abordagem hierárquica deve ser diferenciada em função da dimensão das infraestruturas. Para o efeito, foi tida em consideração a dicotomia de dimensões da infraestrutura transversal, em conformidade com o Decreto-lei n.º 21/2018, de 28 de março, que alterou o Regulamento de Segurança de Barragens e aprovou o Regulamento de Pequenas Barragens:

- Pequenos AH, aqueles que integram infraestrutura transversal com altura inferior a 10 m, ou até 15 m desde que a capacidade de armazenamento total seja igual ou inferior a 1 hm³.
- Grandes AH, aqueles que integram infraestrutura transversal com altura superior a 15 m ou com altura superior a 10 m e capacidade de armazenamento total superior a 1 hm³.

No caso dos pequenos AH, o segundo nível de complexidade da abordagem hierárquica pode envolver o método do perímetro molhado em alternativa à metodologia IFIM, que deverá ser sempre aplicada nos grandes AH.

b. Aproveitamentos hidroelétricos com *hydropeaking*

Nas infraestruturas com aproveitamento hidroelétrico podem verificar-se situações de *hydropeaking* a jusante do local de descarga dos caudais turbinados.

Embora os métodos de determinação de RCE propostos não tenham como objetivo a mitigação dos impactos deste fenómeno, caso o *hydropeaking* tenha consequências ambientais relevantes, deverão ser implementadas medidas de mitigação adicionais, de natureza hidromorfológica e/ou operacionais (p.e., limitação da taxa de aumento do valor do caudal turbinado, redução dos caudais máximos turbinados em períodos ecologicamente sensíveis), a definir em cada caso específico e, sempre que possível, articuladas com o RCE.

c. Aproveitamentos hidroelétricos com centrais de pé-de-barragem

Nos aproveitamentos hidroelétricos com centrais de pé-de-barragem, não será necessário descarregar o RCE durante os períodos em que o AH estiver a turbinar, caso o caudal turbinado seja igual ou superior ao estabelecido no RCE.

d. Aproveitamentos hidráulicos com passagens para peixes

Sempre que o AH esteja equipado com estruturas específicas para a transposição da fauna piscícola, o RCE a descarregar deve ser articulado com os caudais desta estrutura, devendo contribuir para o caudal de atração dos peixes até à passagem. Reveste-se de particular importância a localização e/ou orientação do DLCE nestes casos, uma vez que a descarga

do RCE de forma independente do dispositivo de transposição pode gerar caudais concorrentes, que atraem a fauna piscícola para longe da entrada da passagem para peixes, reduzindo a sua eficácia.

e. Aproveitamentos hidráulicos com estratificação térmica

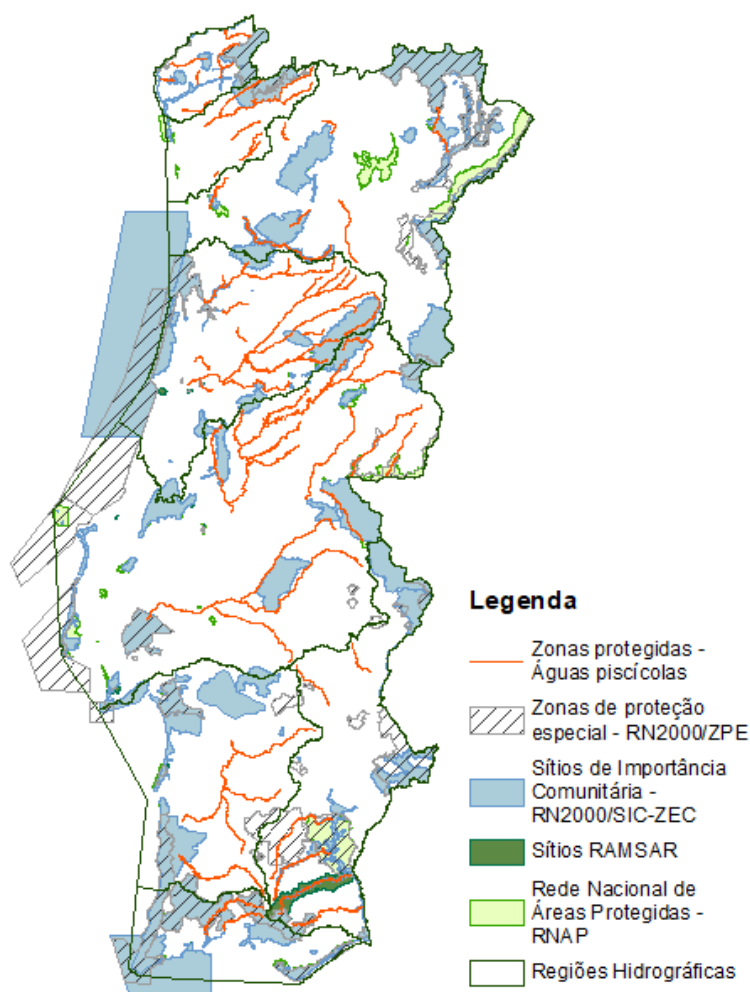
Muitas das albufeiras existentes em território nacional apresentam um comportamento sazonal no que respeita à variação da temperatura da água com a profundidade, designado por estratificação térmica. Este fenómeno ocorre sobretudo em albufeiras de maiores dimensões e, maioritariamente, durante o período de verão. Esta estratificação traduz-se numa ausência de mistura entre os diferentes estratos da massa de água, ocorrendo com frequência fenómenos de depleção ou ausência total de oxigénio nas camadas mais profundas (*hipolimnion*), que aumentam gradualmente, sobretudo no período de maio a outubro. As alterações das condições físico-químicas nas camadas mais profundas da albufeira estendem-se a outros parâmetros físico-químicos, como a temperatura, podendo ainda registar-se a mobilização de componentes depositadas nos sedimentos, tais como metais e nutrientes.

Assim, nos AH em que este fenómeno ocorre, é importante que o local de captação do caudal ecológico esteja localizado acima da zona de influência do *hipolimnion*, por forma a evitar a libertação, no troço a jusante, de caudais cuja qualidade da água é penalizadora para os ecossistemas.

f. Zonas importantes para a conservação da natureza

Em zonas definidas no contexto da DQA (especificamente para as águas superficiais) como Zonas Protegidas, de conservação de habitats aquáticos e de espécies (p.e., Anexo II da Diretiva Habitats e Anexo I da Diretiva Aves) (**Figura 4.3**), que sejam diretamente dependentes dos ecossistemas aquáticos dulçaquícolas e onde os RCE sejam considerados relevantes para a sua manutenção/melhoria, o IFIM deve ser utilizado sempre que se recorrer ao segundo nível da abordagem hierárquica, independentemente da dimensão da infraestrutura.

Acresce que as simulações de habitat realizadas podem ter como objetivo a manutenção de proporções da SPU superiores às consideradas para a generalidade das massas de água, podendo atingir os 100%. Por outro lado, na aplicação da metodologia holística (terceiro nível do sistema hierárquico) pode ser interessante a integração de especialistas nos elementos/grupos biológicos e habitat relevantes na situação em causa.



**Figura 4.3 – Zonas com valores de conservação da natureza
(adaptado do Portal de Cartografia do ICNF³ e SNIAmb)**

g. Situações potencialmente complexas

No caso de um AH em que a determinação e implementação do RCE se revele mais complexa – por exemplo quando estão identificados diversos usos da água que se podem sobrepor ou concorrer entre si –, o recurso ao terceiro nível do sistema hierárquico proposto pode facilitar a articulação entre as diferentes necessidades e expectativas dos vários utilizadores, uma vez que no grupo de interessados (que deve ser formalmente constituído no âmbito da aplicação da metodologia holística) podem ser integradas diversas entidades, tais como Entidade Licenciadora, titular do TURH, outras entidades da administração, municípios, associações de utilizadores e ONGA.

³ Disponível no Portal de SIG do Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas (<http://geocatalogo.icnf.pt/>).

h. Localização do aproveitamento hidráulico

A localização de um AH ao longo da rede hidrográfica pode ocasionar impactes ambientais diferenciados, de magnitude crescente para jusante (p.e., em relação à migração de espécies piscícolas anádromas). Embora esta característica não deva influir na escolha dos métodos de determinação do RCE no âmbito da abordagem hierárquica proposta, deve ser incorporada no processo de decisão.

No caso de AH em cascata, ou seja, em que a curva de regolfo da albufeira de jusante atinge a barragem do AH de montante (i.e., albufeiras sucessivas, **Figura 4.4**), apenas o AH localizado mais a jusante necessitará de libertar RCE. No entanto, para efeitos de determinação do RCE e de análise da sua viabilidade, devem ser consideradas as disponibilidades associadas com a capacidade de regularização dos vários AH que integram o sistema.

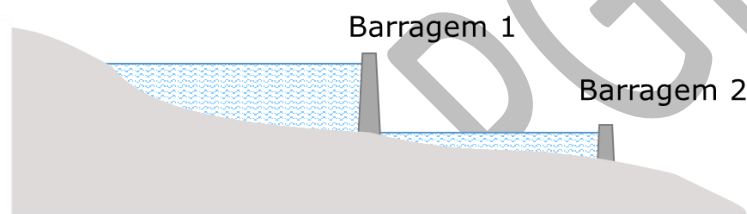


Figura 4.4 – Esquema representativo de corte longitudinal em troço com AH em cascata

Noutras situações, por exemplo quando o segmento fluvial entre o AH de montante e o regolfo da albufeira a jusante é pouco extenso (p.e., inferior a 2 km de comprimento), deve ser analisado o custo-benefício de garantir um RCE gerado com base nos métodos propostos e com os objetivos considerados neste documento. A avaliação desta necessidade e a decisão sobre os termos de implementação desta ou outras medidas será efetuada caso-a-caso, pela Entidade Licenciadora.

4.4 DETERMINAÇÃO DO REGIME DE CAUDAIS PARA ANOS SECOS

Em anos secos, os caudais do RCE para situações normais poderão ser corrigidos por fatores de redução. Para que um ano possa ser considerado como seco, para efeitos de aplicação dos referidos fatores de redução, deverá ser verificado se a precipitação acumulada num ou mais postos hidrográficos de referência, situados na bacia hidrográfica do AH (ou na sua proximidade), é inferior a 20% do respetivo valor médio anual acumulado para os 6 meses antecedentes ou se, comprovadamente, as reservas existentes na albufeira do AH não permitem satisfazer simultaneamente os usos prioritários (p.e., abastecimento público) e o caudal ecológico previstos. A redução do RCE estabelecido para

ano médio deverá ser sempre objeto de validação por parte da Autoridade Nacional da Água, após entrega de relatório justificativo pelo titular do TURH.

Os fatores de redução, de base mensal, deverão ser justificados no estudo de determinação do RCE, em função da precipitação acumulada nos postos de referência nos 6 meses antecedentes e do volume armazenado na albufeira, não podendo ser inferiores a 0,25.

4.5 DETERMINAÇÃO DE CAUDAIS DE LIMPEZA

4.5.1 Enquadramento

Os caudais de limpeza permitem promover o **arrastamento de substratos mais finos** e o **controle da progressão da vegetação** no curso de água a jusante da infraestrutura hidráulica, devendo ser descarregados: i) em AH em que os caudais resultantes da sua operação não tenham magnitude ou frequência suficientes para assegurar essa função; ou ii) ou na ausência de cheias naturais.

Os caudais de limpeza deverão ter em consideração a capacidade de vazão dos equipamentos de descarga instalados e ser descarregados, na ausência de cheias naturais, com intervalos compreendidos entre 4 e 6 anos, a decidir em função das condições do leito a jusante. Esta descarga deverá ocorrer preferencialmente no período do ano em que se registam caudais naturais mais elevados.

Os caudais de limpeza podem ser determinados com recurso a diferentes abordagens (Alves e Bernardo, 2003), descrevendo-se em seguida os procedimentos a empregar segundo duas abordagens alternativas:

- Determinação do caudal de limpeza com base em métodos hidrológicos, considerando um determinado período de retorno;
- Determinação do caudal de limpeza com recurso a equações de transporte sólido.

4.5.2 Abordagem hidrológica

De acordo com o estabelecido em Alves e Bernardo (2003), no mês de mais elevado escoamento médio em regime natural, deve ser descarregado um caudal com período de retorno de 2 anos. Este caudal será determinado com base em registos históricos, a partir de CDC ou, caso estes não estejam disponíveis, com base em modelação. O caudal a descarregar deverá sofrer um aumento gradual durante cerca de 3 horas, seguido por um decréscimo gradual também ao longo de 3 horas na fase final do período de cheia.

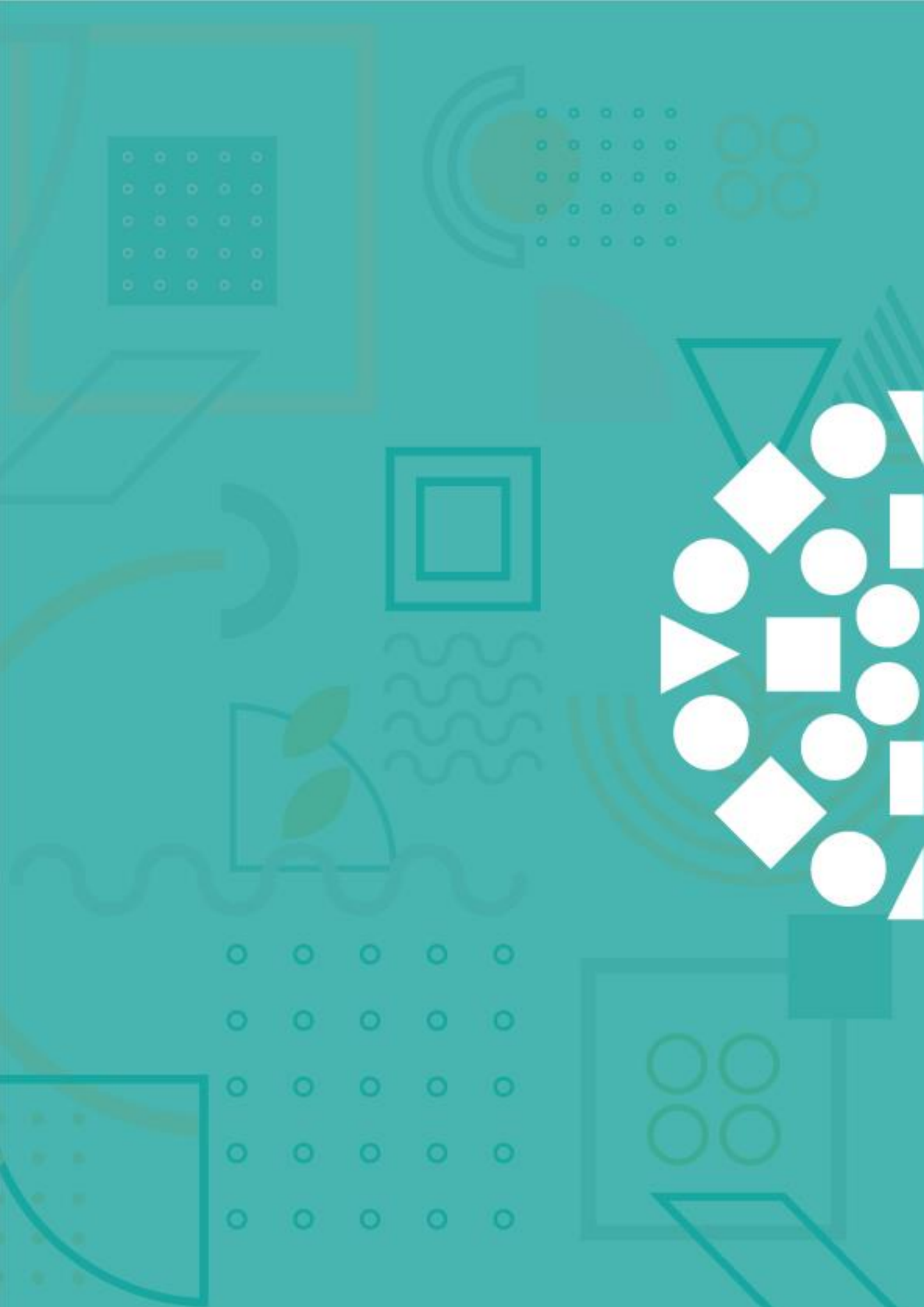
A aplicação deste método, ao implicar caudais máximos relativamente elevados, só deverá ser possível em AH com descarregadores de cheias equipados com comportas, e quando o nível na albufeira exceder significativamente a cota correspondente ao bordo inferior das comportas.

4.5.3 Equações de transporte sólido

Para determinação dos caudais de limpeza com recurso a equações de transporte sólido deverá ser seguido o seguinte procedimento:

- Efetua-se uma inspeção ao troço de leito a jusante do AH, existente ou a construir, identificando as zonas em que é, ou se prevê ser, necessário remover sedimentos em excesso.
- Com base na amostragem de sedimentos das zonas selecionadas, ou na dimensão dos sedimentos que se estima ser necessário remover, e em considerações de ordem morfológica e ecológica, será definida a dimensão máxima dos sedimentos a remover.
- Determina-se a tensão crítica de arrastamento relativa à dimensão máxima dos sedimentos a remover.
- Determina-se o caudal que cria uma tensão de arrastamento média 20% superior à referida tensão crítica.
- Através de simulações hidrodinâmicas no troço, determina-se o hidrograma dos caudais de limpeza que é necessário libertar no AH para obter caudais aproximadamente iguais ao referido no ponto anterior durante um intervalo de tempo, devidamente justificado, a propor pelo titular do TURH à Entidade Licenciadora.

As abordagens metodológicas propostas nos pontos anteriores podem ser adaptadas, com a apresentação à Entidade Licenciadora da fundamentação técnico-científica, baseada nas condições do AH e/ou dos setores fluviais em causa.



5 PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO PARA AVALIAR A EFICÁCIA DO RCE

5.1 ENQUADRAMENTO

Os RCE são descarregados para a prossecução de determinados objetivos, sendo consequentemente, necessário avaliar a respetiva eficácia.

No contexto da DQA, os RCE devem assegurar um regime hidrológico consistente com a manutenção dos objetivos ambientais estabelecidos para as MA superficiais, conforme estipulado no artigo 4.º (1) daquela Diretiva.

No âmbito do presente Guia, esses objetivos integram aspetos adicionais, sendo formulados da seguinte forma:

- Para as **massas de água naturais**: não deterioração e proteção ou recuperação da qualidade dos ecossistemas aquáticos e ribeirinhos de forma a atingir o Bom Estado, cumprindo ainda os objetivos estabelecidos para as Zonas Protegidas. Assegurar também a produção de espécies com interesse desportivo ou comercial, bem como a conservação e manutenção de outros valores que lhes estão associados.
- Para as **massas de água fortemente modificadas**: proteção e melhoria do Estado, de forma a alcançar níveis de qualidade dos ecossistemas aquáticos e ribeirinhos compatíveis com o Bom Potencial Ecológico, cumprindo ainda os objetivos estabelecidos para as Zonas Protegidas. Deverá também assegurar, na medida do possível, a produção de espécies com interesse desportivo ou comercial, bem como a conservação e manutenção de outros valores que lhes estão associados.

Assim, com o enquadramento legal vigente, os RCE a libertar devem genericamente garantir os objetivos ambientais estabelecidos na DQA (transpostos para o regime jurídico nacional através da Lei da Água e do Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março, nas suas redações atuais), com particular consideração pelos *taxa* com relevância desportiva e/ou comercial (se pertinentes no caso em análise) e a preservação dos serviços e funções dos ecossistemas.

Neste contexto, é necessário levar a cabo **programas de monitorização padronizados**, que permitam aferir as consequências das alterações hidrológicas, incluindo a libertação do RCE sobre os ecossistemas aquáticos e comunidades biológicas associadas e concluir sobre a adequação dos caudais ecológicos.

Com esse propósito, os referidos programas devem considerar elementos sensíveis a alterações de curto prazo (p.e., relacionados com elementos biológicos, como os macroinvertebrados bentónicos, e algumas variáveis hidromorfológicas, como o número de secções críticas e a presença de habitats do tipo *riffle*) e de longo prazo (nomeadamente ao nível do elemento de qualidade da fauna piscícola e de variáveis hidromorfológicas como a configuração da forma do leito ou o grau de invasão do leito por vegetação ribeirinha lenhosa).

A estrutura dos PMRCE, que a seguir se apresenta, foi desenvolvida tendo por base o conhecimento obtido no âmbito da implementação e avaliação de RCE em Portugal.

No que respeita aos métodos de amostragem e avaliação da qualidade, foram considerados os protocolos de amostragem e indicadores normativos para determinação do Estado Ecológico em rios, bem como as suas métricas parciais e indicadores complementares, que são úteis no apoio à análise pericial dos dados de monitorização.

A monitorização terá início com o reconhecimento no terreno do troço fluvial afetado pela alteração hidrológica, com base no qual será aferido o número de estações de amostragem a considerar, bem como a respetiva localização.

5.2 CARACTERIZAÇÃO HIDROMORFOLÓGICA A JUSANTE DE APROVEITAMENTOS HIDRÁULICOS

A avaliação da eficácia de um determinado RCE requer a caracterização hidromorfológica da extensão fluvial existente a jusante do AH. Numa primeira fase, esta caracterização permite a identificação de troços relativamente homogéneos do ponto de vista hidromorfológico, aos quais são alocadas estações de monitorização; adicionalmente, a caracterização hidromorfológica visa contribuir para avaliar a adequação do RCE e, eventualmente, como suporte à decisão relativamente à necessidade de adotar medidas mitigadoras adicionais.

A recolha de dados deve ser efetuada em gabinete e no terreno e deve permitir caracterizar as características hidromorfológicas relevantes em termos ecológicos e que apresentem respostas mais notórias à alteração de caudais. A metodologia de caracterização hidromorfológica a jusante dos AH é apresentada no **ANEXO 2**.

O enquadramento desta caracterização no âmbito da avaliação da eficácia do RCE, bem como as diferenças existentes no que respeita à avaliação da qualidade ecológica com recurso aos elementos de qualidade hidromorfológicos, são sintetizados em seguida.

Importa notar a diferença entre a caracterização hidromorfológica a jusante do AH, preconizada neste caso para efeitos de análise da eficácia do RCE, e a avaliação da qualidade ecológica com base em elementos de qualidade hidromorfológicos:

- A avaliação da eficácia de um determinado RCE requer a caracterização hidromorfológica da extensão fluvial existente a jusante do AH para a qual são definidos os caudais ecológicos, i.e., da totalidade da MAFM ou MA afetada por alteração hidrológica. A recolha de dados deve ser concretizada em gabinete e no terreno e deve permitir caracterizar os aspetos hidromorfológicos relevantes em termos ecológicos e que apresentem respostas mais notórias à alteração de caudais, servindo para avaliar a adequação do RCE e, eventualmente, como suporte à decisão relativamente à necessidade de adotar medidas mitigadoras adicionais.
- No âmbito da DQA, os elementos de qualidade hidromorfológicos são uma das componentes de monitorização obrigatória, sendo considerados como elementos de suporte aos elementos de qualidade biológicos. No caso dos rios de pequena a média-grande dimensão, esta avaliação é realizada com recurso à aplicação de metodologia *River Habitat Survey* (RHS), enquanto nos Grandes Rios é aplicada uma metodologia específica, conforme consta do respetivo protocolo de amostragem disponível em www.apambiente.pt/dqa/index.html.
A caracterização dos elementos de qualidade hidromorfológicos no âmbito da DQA é realizada tendo por referência estações de amostragem e a extensão caracterizada no terreno varia deste os 500 m nos rios de pequena a média-grande dimensão aos 2000 m no caso dos Grandes Rios. Os resultados da avaliação dos elementos de qualidade hidromorfológica são integrados na classificação do estado/potencial ecológico das massas de água.

5.3 ESTAÇÕES DE MONITORIZAÇÃO

As estações de monitorização na massa de água influenciada pela alteração de caudais devem ser, regra geral, selecionadas após a caracterização hidromorfológica da MA, a realizar de acordo com a metodologia identificada no **ANEXO 2**. Neste contexto, a MA é

dividida em troços homogéneos (do ponto de vista hidromorfológico) devendo ser alocada pelo menos uma estação de monitorização a cada um destes troços.

O número de estações de monitorização a definir deverá assim variar em função da extensão e da heterogeneidade da MA, sendo desejável definir um mínimo de duas estações por MA. Independentemente das bases consideradas para decidir a localização e número de estações a integrar no PMRCE, a decisão final relativamente ao que é integrado nas obrigações associadas ao TURH é decidido pela Entidade Licenciadora.

A **localização de estações** de monitorização deve ser decidida considerando que:

- uma das estações deverá estar localizada o mais próximo possível do AH e a montante de afluentes importantes. Desta forma será possível recolher informação num setor em que a alteração de caudais é a principal pressão antrópica e onde, consequentemente, a qualidade ecológica depende sobretudo do RCE implementado.
- as estações de monitorização devem apresentar garantia de acesso (pessoas e equipamentos) e condições de segurança adequadas para aplicação das metodologias padronizadas de amostragem, aspeto relevante durante todo o ano no caso das amostragens trimestrais dos elementos físico-químicos de suporte.
- as estações de monitorização devem estar localizadas fora da área de confluência com afluentes e sempre que possível afastadas de zonas com perturbação antrópica evidente (p.e. pontes, estradas, habitações, locais de rejeição de efluentes).

O PMRCE deve ainda considerar o estabelecimento de uma ou duas estações de controlo em MA superficiais naturais – preferencialmente localizadas em MA com pressões idênticas (excluindo alteração hidrológica), em regra com estado Bom –, respeitando as condicionantes operacionais acima identificadas. Estas estações devem idealmente pertencer à mesma tipologia abiótica (INAG, 2008) e agrupamento piscícola (de acordo com o índice normativo F-IBIP⁴, ver INAG e AFN, 2012) das estações situadas no AH influenciado pelo RCE descarregado.

5.4 ELEMENTOS A AVALIAR E FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM

No âmbito dos PMRCE, a monitorização 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.

⁴ Índice Piscícola de Integridade Biótica para Rios Vadeáveis de Portugal Continental

No **Quadro 5.1** são apresentados, de forma sumária, os constituintes dos PMRCE a implementar.

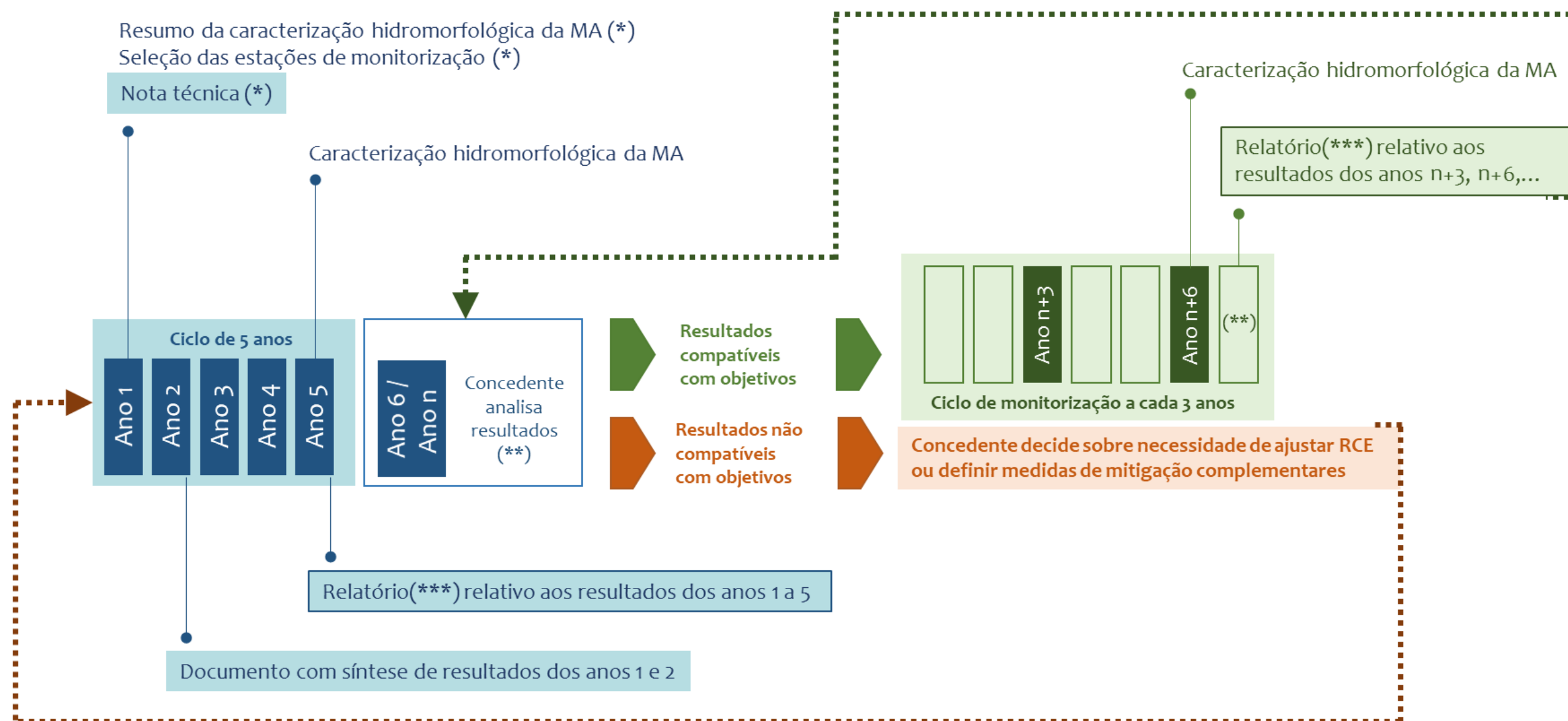
Quadro 5.1 – Elementos e parâmetros e grupos de indicadores a avaliar nos programas de monitorização

Elementos de qualidade		Grupos de indicadores
Biológicos	Fauna piscícola	Composição, abundância e estrutura dimensional
	Macroinvertebrados	Composição e abundância
Hidromorfológicos	Metodologias RHS ou MAQH _{GR} *	Condições de escoamento e condições morfológicas Estrutura da zona ripícola
	Medição contínua do RCE e dos restantes caudais descarregados	Variáveis hidrológicas
Físico-químicos	Elementos físico-químicos gerais	Condições térmicas
		Condições de oxigenação
		Salinidade
		Estado de acidificação
		Condições relativas aos nutrientes

* A metodologia MAQH_{GR} é aplicada exclusivamente em Grandes Rios.

Adicionalmente, o PMRCE deve ainda integrar a **caracterização hidromorfológica da totalidade do troço sob estudo**, incluindo a caracterização das galerias ribeirinhas e o levantamento de outras informações pertinentes no que respeita à avaliação da eficácia do RCE (**Anexo 2**).

Os PMRCE a implementar devem ser estruturados tendo por base a **Figura 5.1**, devendo cada ciclo anual ser iniciado, sempre que possível, no verão e terminar na primavera do ano civil seguinte, de forma a integrar variações de qualidade e quantidade com os respetivos efeitos ao nível dos elementos de qualidade biológica.



Nos ciclos anuais de monitorização inclui-se sempre a monitorização dos elementos de qualidade biológicos e dos elementos físico-químicos de suporte; os elementos hidromorfológicos são realizados nos mesmos anos em que é feita a caracterização hidromorfológica da MA.

(*) Apenas no primeiro ciclo de 5 anos se realiza a caracterização hidromorfológica no Ano 1; nos ciclos de 5 anos seguintes realiza-se apenas no Ano 5.

(**) Após o término de qualquer ciclo de monitorização e caso o concedente não emita parecer atempado quanto ao atingir dos objetivos, a monitorização deve prosseguir com frequência anual.

(***) Os relatórios devem ser disponibilizados ao concedente até três meses após a última campanha de amostragem.

Figura 5.1 – Representação esquemática do PMRCE

O primeiro ciclo de monitorização a realizar após a implementação de um RCE terá a duração de **5 anos**, sendo a periodicidade de amostragem dos diferentes elementos ajustada de acordo com o **Quadro 5.2**.

Quadro 5.2 – Periodicidade de amostragem (Est. RCE – estações no troço a jusante do AH; Est. Controlo - estações de controlo)

Ano	Estações	Elementos de qualidade DQA			Outros parâmetros	
		Biológicos	Físico-químicos	Metodologias RHS ou MAQH _{GR} *	Registo de caudais	Caracterização hidromorfológica**
1	Est. RCE	Primavera	Trimestral	Primavera	Contínuo	Primavera ou verão
	Est. Controlo	Primavera	Trimestral	-	-	-
2	Est. RCE	Primavera	Trimestral	-	Contínuo	-
	Est. Controlo	-	-	-	-	-
3	Est. RCE	Primavera	Trimestral	-	Contínuo	-
	Est. Controlo	Primavera	Trimestral	-	-	-
4	Est. RCE	Primavera	Trimestral	-	Contínuo	-
	Est. Controlo	-	-	-	-	-
5	Est. RCE	Primavera	Trimestral	Primavera	Contínuo	Primavera ou verão
	Est. Controlo	Primavera	Trimestral	-	-	-

* A metodologia MAQH_{GR} é aplicada exclusivamente em Grandes Rios

**Conforme Anexo 2

Com a conclusão do primeiro ciclo de monitorização, e caso não tenham sido alcançados os objetivos estabelecidos para a MA, será necessário reavaliar o RCE e eventualmente adequá-lo. A implementação de um novo RCE ou o ajustamento dos valores descarregados implicam a repetição de um ciclo de monitorização completo (cinco anos), embora a caracterização e avaliação hidromorfológicas sejam neste caso efetuadas somente no final do período agregado (*i.e.*, no 10.º ano).

Nas situações em que os objetivos ambientais forem alcançados e caso não exista alteração no RCE implementado, o PMRCE é simplificado, passando a ser monitorizadas apenas as estações diretamente influenciadas pelo RCE. Neste caso, a monitorização a implementar deve ter a periodicidade mínima indicada na DQA, com a amostragem de elementos biológicos e físico-químicos de suporte de três em três anos, enquanto os elementos hidromorfológicos serão repetidos a cada seis anos. No ano em que são avaliados os

elementos hidromorfológicos, deve também ser efetuada a caracterização hidromorfológica da totalidade da MA, de acordo com a metodologia apresentada no **Anexo 2**.

5.5 METODOLOGIAS DE AMOSTRAGEM

Para a amostragem dos elementos de qualidade são seguidas as especificações técnicas dos Protocolos de Amostragem e Análise em vigor, disponíveis em www.apambiente.pt/dqa/index.html. Para a recolha dos elementos físico-químicos de suporte devem ser tidas por base as normas de qualidade aplicáveis, conforme Decreto-Lei n.º 42/2016, de 1 de agosto, na sua redação atual, bem como manuais existentes (exemplo: guia RELACRE n.º 28, de 2017).

5.6 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

A avaliação da qualidade ecológica é efetuada com recurso aos **critérios normativos definidos pela Autoridade Nacional da Água** para as MA da categoria Rios, conforme constam nos PGRH em vigor.

Nos PMRCE abrangidos pelo âmbito deste Guia, devem assim ser considerados os índices e parâmetros de qualidade identificados no **Quadro 5.3**.

Quadro 5.3 – Índices e parâmetros a considerar no âmbito dos programas de monitorização

Elementos de qualidade		Índices e parâmetros a determinar
Biológicos	Fauna Piscícola	- Índice Piscícola de Integridade Biótica para Rios Vadeáveis de Portugal Continental (F-IBIP) - Índice Piscícola de Integridade Biótica para Grandes Rios (F-IBIP_{GR})*
	Macroinvertebrados	- Índice Português de Invertebrados do Norte (IPtIN) - Índice Português de Invertebrados do Sul (IPtIS)
Hidromorfológicos	Avaliação da hidromorfologia	<i>Habitat Quality Assessment</i> (HQA) e <i>Habitat Modification Score</i> (HMS) - Índice de Qualidade Hidromorfológica em Grandes Rios (IQH_{GR})*

Elementos de qualidade		Índices e parâmetros a determinar
Hidromorfológicos (cont.)	Registo contínuo dos RCE descarregados	Caudais instantâneos Valor médio diário Valor mínimo diário Valor médio mensal Valor mínimo mensal Volume mensal
Físico-químicos gerais	Condições relativas a nutrientes	Amoníaco (mg/l NH_3) Azoto amoniacal (mg/l NH_4) Azoto total (mg/l N) Fosfato (mg/l PO_4) Fósforo total (mg/l P) Nitrato (mg/l NO_3) Nitrito (mg/l NO_2) Sólidos Suspensos Totais (mg/l)
	Condições de oxigenação	Oxigénio dissolvido (% sat) Oxigénio dissolvido (mg/l O_2) Carência Bioquímica em Oxigénio a 5 dias (CBO_5) (mg/l O_2)
	Condições térmicas	Temperatura da amostra ($^{\circ}\text{C}$)
	Estado de acidificação	pH (Escala de Sorensen)
	Salinidade	Condutividade a 20°C ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
	Outros parâmetros	Carbono Orgânico Total (COT) (mg/l C) Alcalinidade (mg/l CaCO_3) Dureza total (mg/l CaCO_3)

* Aplicável apenas em Grandes Rios

Sem prejuízo do indicado, podem ser identificados e adicionados ao programa de monitorização outros parâmetros cuja determinação seja pertinente no caso em análise, como sejam, por exemplo, parâmetros microbiológicos ou metais.

A aferição das respostas dos elementos de qualidade biológica às alterações hidrológicas pode ainda ser complementada pela determinação e análise de outros indicadores, métricas intermédias ou índices adicionais, a avaliar de forma pericial, nomeadamente:

- Fauna piscícola - Índices EFI (*European Fish Index*) e respetivas métricas; estrutura dimensional/etária.
- Macroinvertebrados bentónicos – Métricas intermédias dos índices IPT_{IN} e IPT_{IS}; índice IBMWP (*Iberian Biological Monitoring Working Party*); grupos funcionais (estrutura trófica).

Caso sejam, entretanto, identificados novos indicadores que se revelem pertinentes no que respeita à análise da relação entre as alterações hidrológicas e as comunidades dulçaquícolas, estes devem ser integrados nos PMRCE após indicação nesse sentido por parte da Autoridade Nacional da Água.

5.7 APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

A comunicação formal dos resultados é realizada através de um conjunto de relatórios e outros documentos, de acordo com o **Quadro 5.4**.

Quadro 5.4 – Documentos a entregar: tipo de informação a considerar e prazo para entrega

Produto	Tipo de informação	Prazos
Nota Técnica	Síntese da caracterização hidromorfológica; Proposta de localização das estações de monitorização.	A proposta das estações de monitorização a selecionar deverá ser apresentada até um mês após a conclusão dos trabalhos de campo, sendo acompanhada de um resumo dos resultados de caracterização hidromorfológica ⁵ .
Documento com síntese de resultados dos anos 1 e 2	Caracterização hidromorfológica; Síntese dos resultados do primeiro e segundo anos.	Até quatro meses após a última campanha de amostragem (ver Figura 5.1).

⁵ Na nota técnica deve apenas ser apresentada uma síntese geral dos resultados associados à caracterização hidromorfológica, que servirá para suportar a adequação das estações propostas; as metodologias e resultados detalhados relativamente a esta componente deverão integrar o Relatório a apresentar no final do Ano 2 (relativo aos resultados do ano 1 e ano 2; primeira caracterização) e o Relatório Final (segunda caracterização, com comparação com dados hidromorfológicos anteriores).

Produto	Tipo de informação	Prazos
Relatório final do ciclo de monitorização	Apresentação e discussão pormenorizada dos resultados do ciclo de monitorização.	Até seis meses após a última campanha de amostragem (ver Figura 5.1).
Informação de base	Matrizes editáveis (<i>Microsoft Excel™</i> ou outro formato a definir)	Anualmente, até ao final do 1.º trimestre do ano seguinte àquele a que os dados dizem respeito.

Para facilitar a sistematização e uniformização da informação a integrar nos relatórios finais é apresentada no **Quadro 5.5** a estrutura que deve ser considerada, bem como os respetivos conteúdos mínimos por capítulo. Este relatório deve integrar a informação recolhida no decurso de um ciclo de monitorização de cinco anos ou dos ciclos de monitorização de 6 anos (que se aplicam quando os objetivos de qualidade são alcançados, conforme **Figura 5.1**).

Quadro 5.5 – Estrutura do Relatório Final de ciclo de monitorização

Capítulo	Conteúdo mínimo
Introdução (1 a 3 páginas)	Enquadramento e objetivos; descrição do AH e área de estudo; âmbito espacial e temporal; equipa técnica.
Antecedentes (1 a 3 páginas)	Condições e obrigações associadas ao contrato de concessão/TURH; histórico de libertação de RCE (com apresentação de gráficos/tabelas relativos aos caudais) e de monitorização.
Caracterização hidromorfológica	Metodologia e apresentação de resultados da caracterização hidromorfológica (p.e. setores fluviais, mesohabitats, subtroços, condicionantes) e da galeria ribeirinha.
Descrição do PM	Estações de monitorização; período e frequência; métodos de amostragem, parâmetros considerados e critérios de avaliação.
Situações excecionais	Identificação, devidamente fundamentada, de situações anómalas verificados ao longo do PMRCE (p.e. impossibilidade de operacionalização de alguma componente do PMRCE).

Capítulo	Conteúdo mínimo
Resultados do PM e discussão	Resultados obtidos (dados sintetizados e índices de qualidade); discussão de resultados (por elemento e análise conjunta), comparando com resultados anteriores.
Avaliação da qualidade ecológica	Avaliação da qualidade ecológica com recurso aos limiares de Estado/Potencial Ecológico para cada um dos ciclos anuais, e caso existam, de ciclos anteriores.
Conclusões e recomendações	Síntese global dos resultados obtidos ao longo do ciclo e considerações sobre avaliação da eficácia do RCE. Quando justificável, identificação de medidas de mitigação complementares (p.e. ações de recuperação habitacional) a implementar no ciclo seguinte, incluindo descrição e cronograma de execução.
Proposta de alterações ao PM	Propostas de revisão e/ou alterações ao PMRCE.
Bibliografia	Listagem das referências bibliográficas incluídas no texto.
Anexos	Matrizes de resultados (dados brutos), registos fotográficos e informações adicionais que possam ser pertinentes para a interpretação dos resultados.

Importa referir que, caso a monitorização do RCE esteja enquadrada num procedimento formal de Avaliação de Impacte Ambiental (Decreto-Lei n.º 151-B/2013, de 31 de outubro, alterado e republicado pelo Decreto-lei n.º 152-B/2017, de 11 de dezembro) – mais concretamente na fase de Pós-Avaliação –, o Relatório Final terá de ser compatível com o estabelecido na Portaria n.º 395/2015, de 4 de novembro, que regulamenta a estrutura dos relatórios de monitorização, com as devidas adaptações ao caso em apreço.

Os restantes documentos⁶ requeridos de acordo com o **Quadro 5.4** deverão apresentar uma estrutura similar à identificada para o Relatório Final de Ciclo de Monitorização, embora os respetivos conteúdos devam ser mais sintéticos.

Sempre que os titulares do TURH identifiquem situações que necessitem uma resposta atempada por parte da Entidade Licenciadora, estas devem ser comunicadas no menor

⁶ Excluindo o item relativo à informação de base, que corresponde ao preenchimento das matrizes em formato Microsoft Excel, ou outro formato editável, a estruturar de acordo com o indicado pela Entidade Licenciadora.

prazo possível e independentemente das datas previstas para a entrega de documentos. Por exemplo, a necessidade de alterar a localização de uma estação de monitorização no decurso do trabalho de campo deverá ser transmitida (p.e., na forma de Nota Técnica) à Entidade Licenciadora no espaço de um mês após a conclusão da campanha de amostragem.

Projeto PGRH

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, M.H. e J.M. Bernardo (2003). *Caudais Ecológicos em Portugal*. INAG, Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, Lisboa, Portugal.

Baril, D., Courret, D. e B. Faure (2014). *Note technique sur la conception des dispositifs de restitution du debit minimal*. ONEMA DCUAT, ONEMA - Pôle Ecohydraulique e OIEAU. Janvier, 2014.

Bovee, K.D., Lamb, B.L., Bartholow, J.M., Stalnaker, C.M., Taylor, J. e J. Henriksen (1998). *Stream Habitat Analysis Using the Instream Flow Incremental Methodolgy*. USGS Biological Resources Division, Fort Collins

Bunn, S.E. e A.H. Arthington (2002). Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management* **30**: 492-507.

Caletková, J., Klimanova, M. e D. Komínková (2012). Determination of Ecological Flow for Macroinvertebrate Communities in Streams Affected by Urban Drainage - Case Study of Prague. *The Open Environmental & Biological Monitoring Journal* **5**(Suppl 1: M6): 56-64.

Dyson, M., Bergkamp, G. e J. Scanlon (2003). *The Essentials of Environmental Flows*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

EC (2015). *Ecological flows in the implementation of the Water Framework Directive*. Guidance Document No. 31 European Commission.

Ferreira, A. C. (2010). *Análise hidráulica de potenciais soluções para a descarga controlada de caudais ecológicos em aproveitamentos hidroeléctricos*. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil - Especialização em Hidráulica. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Gan, K. e T. McMahon (1990). Variability of results from the use of PHABSIM in estimating habitat area. *Regulated Rivers: Research & Management* **5**: 233-239.

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.

Gopal, B. (2013). *Environmental flows: An introduction for water resource managers*. National Institute of Ecology, New Delhi.

Gore, J.A., Nestler, J.M. e J.B. Layzer (1989). Instream flow predictions and management options for biota affected by peaking-power hydroelectric operations. *Regulated Rivers: Research & Management* **3**: 35-48.

INAG, I.P. (2008). *Tipologia de Rios em Portugal Continental no âmbito da implementação da Directiva Quadro da Água. I - Caracterização abiótica*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Instituto da Água, I.P.

INAG, I.P. e AFN (2012). *Desenvolvimento de um Índice de Qualidade para a Fauna Piscícola*. Ministério da Agricultura, Mar, Ambiente e Ordenamento do Território. King, J. M., Brown, C. A. e H. Sabet (2003). A scenario-based holistic approach for environmental flow assessments. *River Research and Applications* **19**: 619-639.

Leathe, S.A. e F.A. Nelson (1986). *A literature evaluation of Montana's wetted perimeter inflection point method for deriving instream flow recommendations*. Helena, MT, Department of Fish, Wildlife, and Parks, 70 p.

Li, F, Cai, Q., Fu, X. e J. Liu (2009). Construction of habitat suitability models (HSMS) for benthic macroinvertebrate and their applications to instream environmental flows: a case study in Xiangxi river of Three Gorges Reservoir region, China. *Progress in Natural Science* **19**(3): 359-367.

Moyle, P. B., Williams, J. G. e J. D. Kiernan (2011). *Improving environmental flow methods used in California Federal Energy Regulatory Commission Relicensing*. California Energy Commission, PIER. CEC-500-2011-037.

Nelson, F.A. (1980). Evaluation of selected instream flow methods in Montana. *In Proceedings of the Annual Conference of the Western Association of Fish and Wildlife Agencies*. pp 412-432.

Pinheiro, P. (2019). Enquadramento jurídico dos regimes de caudais ecológicos em Portugal. *In Temas de Direito da Água - Volume 2*, J. Miranda, R. C. Marques e A. L. Guimarães, (Edts.). Instituto de Ciências Jurídico-Políticas, Centro de Investigação de Direito Público. Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa, pp 181-222.

Poff, N. L., Richter, B., Arthington, A. H., Bunn, S. E., Naiman, R. J., Kendy, E., Acreman, M., Apse, C., Bledsoe, B. P., Freeman, M., Henriksen, J., Jacobson, R. B., Kennen, J., Merritt, D. M., O'Keefe, J., Olden, J., Rogers, K., Tharme, R. E. e A. Warner (2010). The Ecological Limits of Hydrologic Alteration (ELOHA): A new framework for developing regional environmental flow standards. *Freshwater Biology* **55**(1): 147-170.

Portela, M.M. (2006). *Definition of environmental flows in rivers of the south of Portugal*. 8º Congresso da Água - Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos. Figueira da Foz, 14 pp.

Rivaes, R., Rodríguez-González, P.M., Albuquerque, A., Ferreira, M.T. e A. Pinheiro (2011). Uma nova ferramenta de restauro: aplicação de um modelo preditivo da evolução da vegetação ripícola em função das alterações hidrológicas. *Recursos Hídricos* **32**: 29-41

Rivaes, R., Boavida, I., Santos, J.M., Pinheiro, A.N. e M.T. Ferreira (2017). Importance of considering riparian vegetation requirements for the long-term efficiency of environmental flows in aquatic microhabitats. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* **21**: 5763-5780.

SEPA (2018). Supporting Guidance (WAT-SG-74). *Sector-specific Guidance: Hydropower*. Scottish Environment Protection Agency (SEPA). Version 3.0, Oct 2018.

Stalnaker C. B. e R. T. Milhous (1983). *Responses to general questions compiled by the conventors of the Instream Flow Technology Section of the 1983 Hydropower Conference*. Northwest Small Hydroelectric Association. November 29-December 1.

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.

7 GLOSSÁRIO

Águas interiores: conjunto das águas superficiais (lênticas ou lóticas) e das águas subterrâneas que se encontram do lado terrestre da linha de base, a partir da qual são marcadas as águas territoriais.

Águas superficiais: as águas interiores (com exceção das águas subterrâneas), as águas de transição e as águas costeiras, incluindo, no que se refere ao estado químico, as águas territoriais.

Autoridade Nacional da Água: o órgão da Administração Pública que compete garantir a prossecução da política nacional das águas e assegurar a nível nacional a gestão sustentável dos recursos hídricos assente no princípio da Região Hidrográfica como unidade principal de planeamento e gestão, de forma articulada com outras políticas sectoriais e em colaboração com entidades públicas e privadas que concorram para o mesmo fim, tendo em vista um elevado nível de proteção e preservação do recurso água.

Bacia hidrográfica: a área terrestre – estabelecida pelas suas características topográficas e geológicas – a partir da qual todas as águas fluem para o mar, através de uma sequência de rios, ribeiros ou eventualmente lagos, desaguando numa única foz, estuário ou delta.

Bom estado das massas de águas superficiais: o estado global em que se encontra uma massa de águas quando o seu estado ecológico e seu estado químico são considerados, pelo menos, bons.

Captação de água: estrutura que permite a extração de volumes de água, superficiais ou subterrâneas, ao meio hídrico, independentemente da finalidade a que se destina.

Dispositivo de Libertação de Caudal Ecológico: mecanismo que é instalado para o lançamento exclusivo do RCE definido, devendo permitir descarregar a gama de valores mínimos e máximos definidos.

Ecossistema: complexos dinâmicos constituídos por comunidades vegetais, animais e de microrganismos, relacionados entre si e com o meio envolvente, considerados como uma unidade funcional.

Elemento de qualidade ecológica: no contexto da DQA são os elementos usados para avaliar o estado ecológico das massas de água, sendo diferenciados em elementos biológicos, hidromorfológicos, químicos e físico-químicos.

Entidade Licenciadora: o órgão da Administração Pública a que compete aplicar o regime jurídico das utilizações dos recursos hídricos, nos termos previstos na Lei da Água e no Decreto-lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio, na sua redação atual.

Estação de monitorização: local/troço onde se processa, de forma sistemática, a recolha de informação sobre os vários elementos de qualidade para a classificação do estado das massas de água e as componentes do ciclo hidrológico, visando acompanhar os resultados obtidos numa massa de água face aos objetivos definidos.

Estado ecológico: a expressão da qualidade estrutural e funcional dos ecossistemas aquáticos associados às águas superficiais, classificada nos termos do Anexo V do Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março.

Estratificação térmica: fenómeno que ocorre em massas de água como lagos e albufeiras, resultante das variações de temperatura entre as camadas superficiais da massa de água e as camadas mais profundas. Em Portugal continental este fenómeno ocorre nos meses mais quentes, sendo despoletado pelo aumento de energia solar recebida à superfície da água. Com o aumento da temperatura nos meses de verão, a estratificação vai-se acentuando dando origem a três camadas distintas, o epilímnio (estrato mais superficial), o metalímnio (ou termoclina, zona de transição entre estratos) e o hipolímnio (estrato mais profundo). No outono, com a descida das temperaturas, a estratificação dá lugar à homogeneização, voltando a haver circulação ao longo da coluna de água.

Fauna piscícola: é o conjunto das espécies de peixes existentes numa determinada região biogeográfica.

Hidropeaking: alterações bruscas do caudal decorrentes do funcionamento de uma central hidroelétrica, que provocam regimes transitórios no troço a jusante, gerando flutuações pronunciadas do nível do curso de água.

Hipolimnion (ou hipolímnio): estrato inferior da coluna de água, num lago ou albufeira termicamente estratificado. No período de estratificação esta camada é constituída por água mais fria. Pela menor circulação da água, o oxigénio existente nesta camada vai sendo consumido, podendo registar-se valores muito baixos (anóxia) ou mesmo nulos durante a estratificação estival. As alterações das características físico-químicas da água estendem-se a outros parâmetros químicos e físico-químicos.

Índices de integridade biótica: índices calculados com base na constituição taxonómica da comunidade biótica, que traduzem a influência da atividade humana sobre a mesma comunidade.

Infraestruturas hidráulicas: quaisquer obras ou conjuntos de obras, instalações ou equipamentos instalados com carácter fixo nos leitos ou margens destinadas a permitir a utilização das águas para fins de interesse geral.

Macroinvertebrados bentónicos: organismos invertebrados com dimensões superiores a 1 mm, e que vivem, pelo menos uma parte do seu ciclo de vida, preferencialmente nas massas de água superficiais.

Massa de água: um elemento discreto e homogéneo de águas superficiais ou subterrâneas, como por exemplo um lago, uma albufeira, um ribeiro, rio ou canal, um troço de ribeiro, rio ou canal, águas de transição ou uma faixa de águas costeiras.

Massa de água fortemente modificada: 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.

Métricas biológicas: um valor calculado, representativo de um aspeto da estrutura, da função, da diversidade ou de outras características da população e/ou comunidade biológica que muda de maneira previsível em função das pressões antrópicas.

Monitorização: o processo de recolha e processamento de informação sobre elementos de qualidade para a classificação do estado das águas e das várias componentes do ciclo hidrológico, visando, de forma sistemática, acompanhar o comportamento do sistema ou um objetivo específico.

Objetivos ambientais: os objetivos definidos nos artigos 45.º a 48.º da Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro.

Passagem para peixes: estrutura ou mecanismo, construído ou instalado, com a finalidade de possibilitar a transposição de um determinado obstáculo pelos peixes, apenas num sentido ou em ambos os sentidos migratórios, permitindo reduzir o efeito barreira causado pela existência das estruturas transversais (açudes e barragens).

Potencial ecológico: o estado alcançado por uma massa de água artificial ou fortemente modificada, classificado nos termos do Anexo V do Decreto-Lei n.º 77/2006, de 30 de março.

Pressão antrópica: toda a ação ou atividade humana que origina alteração do regime hidráulico e hidrológico das massas de água (pressão quantitativa) ou da constituição química (pressão qualitativa) das massas de águas.

Pressão hidromorfológica: alteração física nas áreas de drenagem, nos leitos e nas margens das massas de água, de origem antrópica, que tem como resultado alterações nos regimes hidráulico e hidrológico dessas massas de água.

Qualidade da água: conjunto de valores de parâmetros físicos, químicos, biológicos e microbiológicos da água que permite avaliar a sua adequação para determinados usos, diretos ou potenciais.

Rede de Monitorização: conjunto de estações de amostragem onde é efetuada monitorização de diversos parâmetros (p.e., biológicos, hidromorfológicos, físico-químicos), possibilitando o acompanhamento da evolução espaço-temporal do recurso,

em termos quantitativos e qualitativos, com vista à sua adequada gestão e a verificação do cumprimento dos normativos nacionais e comunitários.

Região hidrográfica: a área de terra e de mar constituída por uma ou mais bacias hidrográficas contíguas e pelas águas subterrâneas e costeiras que lhes estão associadas, constituindo-se como a principal unidade para a gestão das bacias hidrográficas.

Regime de Caudais Ecológicos (RCE): regimes de caudais a manter no curso de água, variáveis ao longo do ano, tendo por objetivo contribuir para que sejam atingidos os objetivos ambientais das massas de água, assegurando a conservação e a manutenção dos ecossistemas aquáticos, a produção de espécies com interesse desportivo ou comercial, a conservação e manutenção dos ecossistemas ripícolas e outros valores que lhes estão associados, designadamente de carácter socioeconómico.

Regolho: no caso de uma barragem, regolho corresponde ao troço do escoamento afetado pela presença dessa infraestrutura hidráulica, ou seja em que as alturas de escoamento diferem das que se verificariam em condições naturais.

Rio: a massa de água interior que corre, na maior parte da sua extensão, à superfície, mas que pode também escoar no subsolo em parte do seu curso.

Sistemas lênticos: sistemas de água parada ou com pouco movimento, sem caudal superficial em zonas remansadas de cursos de água ou com interrupção de caudal superficial em rios temporários. Inclui tipicamente os lagos.

Sistemas lóticos: sistemas de água corrente com caudal superficial, tal como rios e ribeiras.

Superfície Ponderada Útil: área molhada gerada por determinado caudal, ponderada pela sua adequação para utilização por um determinado organismo/comunidade.

Título de Utilização de Recursos Hídricos (TURH): título atribuído mediante autorização, licença ou concessão, que confere ao seu titular o direito à utilização de recursos hídricos para captação de água ou rejeição de águas residuais (entre outras utilizações) de acordo com o Decreto-Lei n.º 226A/2007, de 31 de maio, na sua redação atual.

Usos/Utilizações: designação genérica onde se incorporam a utilização de superfícies e ou de volumes de água para fins específicos e a alteração das características das águas e dos regimes naturais dos seus fluxos.

8 ANEXOS

ANEXO 1 - Elementos necessários à definição de regimes de caudais ecológicos no âmbito do Guia.

ANEXO 2 - Metodologia de caracterização hidromorfológica no âmbito do Guia.



Rua da Murgueira, 9
Zambujal - Alfragide
2610-124 Amadora

geral@apambiente.pt
T. (+351) 21 472 82 00

apambiente.pt

