



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Jaqueline Barros Andrade

Avaliação e Gestão de Riscos em  
Fontes de Abastecimento de Água

Jaqueline Barros Andrade  
Avaliação e Gestão de Riscos em  
Fontes de Abastecimento de Água

UMinho | 2013

outubro de 2013



Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Jaqueline Barros Andrade

Avaliação e Gestão de Riscos em  
Fontes de Abastecimento de Água

Tese de Mestrado  
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao  
Grau de Mestre em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do  
Professor Doutor José Manuel Pereira Vieira

## **Agradecimentos**

Finalizada uma etapa importante da minha vida, não poderia deixar de exprimir os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que me apoiaram nesta longa caminhada e contribuíram para a realização deste trabalho.

Agradecimentos especiais:

Ao meu orientador, Professor Doutor José Manuel Pereira Vieira, pela orientação dada ao longo da execução deste trabalho.

À Eng<sup>a</sup> Carla Morais pela ajuda dada ao longo da realização deste trabalho e disponibilidade demonstrada para esclarecimento de dúvidas.

Ao Eng.<sup>o</sup> Luís Macedo e a Eng<sup>a</sup> Ana Carvalho da Empresa CIM Cávado pelas informações e disponibilidade em ajudar.

À associação dos agricultores de Terras de Barroso e alto Tâmega.

À Câmara municipal de Braga e Barcelos.

Ao Eng.<sup>o</sup> Fernando Miranda da Administração da Região Hidrográfica do Norte (ARH Norte).

Ao meu pai, Mário Luís Andrade Ramos, pelo incentivo, força, confiança depositada em mim e ter acreditado que eu era capaz. Pelo financiamento do curso.

À minha mãe, Armanda Barros Soares, pelo apoio incondicional.

Ao Reginaldo Emanuel Ribeiro Costa, por todo o incentivo, ajuda e entusiasmo com que me estimulou na concretização deste projecto e apoio moral com palavras de alento nos momentos de desânimo.

Aos meus irmãos, primos, tios pelo carinho, amor e motivação que sempre demonstraram.

Por último, não menos importante, agradeço a todos os meus amigos, colegas e a todos os professores que comigo partilharam o seu saber.

Muito obrigado a todos.

Jaqueline Barros Andrade



## **Resumo**

A protecção da qualidade da água da bacia hidrográfica e na captação, constitui a primeira fase para garantir a qualidade da água no sistema de abastecimento. Ao contrário das outras fontes, como águas subterrâneas de profundidade e de aquíferos isentas de microrganismos patogénicos e quimicamente estáveis, as águas superficiais são mais vulneráveis de serem contaminadas, quer seja por factores naturais (vida selvagem, topografia, clima, geologia e vegetação) ou através das actividades humanas resultantes das descargas de contaminantes indesejados sob duas formas: pontuais (actividades de recreio, águas residuais industriais e municipais) e difusas (escorrências provenientes de actividades agrícolas, agro-pecuárias, drenagem urbana, etc.). Para a realização deste trabalho efectuou-se o levantamento, na bacia hidrográfica do rio Cávado, das possíveis fontes de contaminação na captação, compreendendo uma extensão de terreno desde Montalegre até Barcelos (captação de Areias de Vilar) numa distância de 5 km do leito do rio. Com base nas potenciais fontes de poluição identificadas durante a realização do trabalho de campo, procedeu-se à identificação dos prováveis riscos e eventos perigosos associados, seguindo depois a caracterizações e determinação da probabilidades de ocorrência e a severidade inerente a cada evento perigoso e/ou risco levando em consideração o impacto na saúde pública. Utilizou-se uma escala numérica de um a cinco, em que os eventos perigosos com maior probabilidade de ocorrência e maior severidade de consequências receberam a maior pontuação (cinco) e aquelas cujos impactos são menos insignificantes e com menor probabilidade de ocorrência receberam a menor pontuação, um), construindo assim uma matriz de riscos. Após a construção da matriz de riscos propôs-se as medidas de controlo para mitigar a ocorrência dos riscos ou mesmo eliminá-las.

**Palavra-chave:** Avaliação de riscos; plano de segurança da água; medidas de controlo; fontes de abastecimento.



## **Abstract**

*The protection of water quality at the watershed and catchment is the first step towards granting the safety of water supply system. Unlike others sources, such as underground water and aquifers free from pathogenic microorganisms and chemically stable, surface waters are more vulnerable to contamination, either by natural causes (wild life, topography, weather, geology, and vegetation) or by human activities regarding unwanted discharges of contaminants in two ways: point (recreation, residual industrial and municipal water) and diffuse (runoff from agricultural activities, agro-pastoral, urban drainage, etc ...). For this work, data of potential pollution sources at the catchment were gathered along the watershed of Cávado river. The extension of the river considered, goes from Montalegre to Barcelos (Areias de Vilar adstraction) a distance of 5 km. From the evented, based on fieldwork, risks and potential hazardous events associated with the identified pollution sources were established. Followed each identified hazardous events, or probability of occurrence, severity of consequence was performed under risks to assess the related risk. A numerical scale from one to five was considered, such as hazardous events/risks with higher occurrence probability and higher severity of consequences are high scored (five) and those which has lower occurrence probability and lower consequences are less scored (one). Thereby build the risk matrix. Finally some control measurements are presented as possible solution for risk mitigation or even risk elimination.*

**Keywords:** *Risk assessment system; water safety plan; control measures; raw water sources.*





# Índice de conteúdos

Agradecimentos .....	iii
Resumo .....	v
Abstract.....	vii
Índice de Figuras .....	xii
Índice de Tabelas .....	xiii
Lista de Acrónimos.....	xiv
Capítulo 1: Introdução .....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objectivos do estudo .....	2
1.3. Metodologia de investigação.....	2
1.4. Organização da dissertação .....	3
Capítulo 2: Revisão Bibliográfica .....	5
2.1 Base para a segurança da água .....	5
2.2 Evolução do Controlo da qualidade da água para consumo humano .....	5
2.3 Análise e gestão de riscos em sistemas de abastecimento de água .....	7
2.4 Plano de segurança da água.....	7
2.4.1 Como desenvolver e implementar o plano de segurança da água .....	9
2.4.1.1 Etapas a considerar para desenvolver e implementar um PSA.....	9
2.4.2 Desenvolvimento de um PSA.....	9
2.4.2.1 Constituição da equipa .....	9
2.4.3 Avaliação do sistema .....	10
2.4.3.1 Descrição do sistema de abastecimento de água.....	10
2.4.3.2 Construção e validação do diagrama de fluxo.....	12
2.4.3.3 Identificação de perigos .....	12
2.4.3.4 Caracterização de riscos .....	14
2.4.3.5 Priorização dos riscos.....	14
2.4.3.6 Identificação e avaliação de medidas de controlo .....	17
2.4.3.7 Desenvolver, implementar e manter um plano de melhoria.....	17
2.4.3.7.1 Elaborar um plano de melhoria .....	17
2.4.3.7.2 Implementar o plano de melhoria.....	18
2.4.4 Monitorização operacional .....	18
2.4.4.1 Definir monitorização das medidas de controlo.....	18
2.4.5 Verificação da eficácia do PSA .....	19
2.4.5.1 Monitorização do cumprimento do PSA implementado .....	19

2.4.5.2	Auditoria interna e externa das actividades operacionais.....	20
2.4.5.3	Satisfação do consumidor.....	20
2.4.5.4	Preparação dos procedimentos de gestão .....	20
2.4.5.5	Desenvolver programa de apoio.....	20
2.4.5.6	Planear e realizar revisões periódicas do PSA .....	21
2.4.5.6.1	Manter o PSA actualizado.....	21
2.4.5.6.2	Convocar reuniões regulares para a revisão do PSA.....	21
2.4.5.6.3	Rever o PSA depois de um incidente .....	21
2.5	Exemplos de aplicação .....	24
2.5.1	Exemplo I: Austrália.....	24
2.5.2	Exemplo 2: América Latina e Caribe (LAC).....	24
2.5.3	Exemplo 3: Reino Unido (Inglaterra e País de Gales).....	25
2.6	Análise crítica e conclusão .....	26
Capítulo 3: Caracterização da bacia hidrográfica do rio Cávado.....		27
3.1	Âmbito territorial.....	27
3.2	Hidrologia.....	30
3.3	Clima .....	34
3.4	Paisagem.....	36
3.5	Recursos Biológicos. Conservação da natureza .....	38
3.6	Caracterização socioeconómica.....	39
3.6	Ocupação do solo .....	39
3.7	Captação de água.....	41
3.8	População servida pela captação de areias de vilar .....	41
3.9	Usos e necessidades da água .....	42
3.9.1	Usos consumptíveis: .....	42
3.9.2	Usos não consumptíveis: .....	43
Capítulo 4: Identificação de perigos e eventos perigosos.....		45
4	Introdução.....	45
4.1	Área de estudo .....	45
4.2	Identificação de perigos e eventos perigosos .....	45
4.3	Eventos perigosos.....	46
4.4	Outras fontes de poluição: .....	59
4.4.1	Actividades humanas .....	59
4.4.2	Incêndios florestais .....	59
Capítulo 5: Avaliação do subsistema. Fonte – Rio Cávado .....		63
5.1	Identificação de perigos.....	63

5.2	Caracterização de riscos .....	63
5.2.1	Priorização dos riscos .....	63
5.2.1.1	Probabilidade de ocorrência de riscos .....	64
5.2.1.2	Escala severidade de consequências.....	64
5.2.1.3	Matriz de classificação de riscos .....	65
5.3	Medidas de controlo associados as fontes de poluição.....	68
Capítulo 6: Conclusão e trabalhos futuros.....		71
6.1	Conclusão .....	71
6.2	Trabalhos futuros.....	73
Capítulo 7: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		75

## Índice de Figuras

Figura 1: Aspectos a considerar na gestão de riscos em sistemas de abastecimento de água (adaptado de: Vieira & Morais, 2005).....	8
Figura 2: Fases de elaboração e implementação de um PSA (adaptado de: WHO, 2010).....	23
Figura 3: Localização do rio Cávado (adaptado de: PBH do rio Cávado, 2000) .....	28
Figura 4: Delimitação da Bacia Hidrográfica do rio Cávado (adaptado de: PBH do rio Cávado, 2000).....	29
Figura 5: Bacia Hidrográfica do rio Cávado (adaptado de atlas do ambiente, 2013).....	30
Figura 6: Escoamento Médio Anual da Bacia Hidrográfica do rio Cávado (adaptado de Atlas da Água, 2013) .....	32
Figura 7: Afluentes do rio Cávado (adaptado de: PBH do rio Cávado, 2000).....	33
Figura 8: Temperaturas Médias Anuais na Bacia Hidrográfica do rio Cávado (adaptado de: Atlas da Água, 2013).....	35
Figura 9: Rio Homem perto da nascente (adaptado de: skyscrapercity).....	37
Figura 10: Albufeira da Caniçada (adaptado de: skyscrapercity).....	37
Figura 11: População Residente na Região do Cávado de 2001 e 2012 (adaptado de: INE, 2013).....	39
Figura 12: Uso do solo na área da Bacia Hidrográfica do rio Cávado (adaptado de: Atlas da Água, 2013) .....	40
Figura 13: Captações de água na Bacia do rio Cávado (adaptado de: PGRH, 2012).....	41
Figura 14: ETA de Areias de Vilar (adaptado de: ADP, 2012).....	42
Figura 15: Usos recreativos (adaptado de: PGRH do norte, 2012) .....	44

## Índice de Tabelas

Tabela 1: Exemplos de informações a considerar na caracterização do sistema de abastecimento de água (adaptado de: Vieira & Morais, 2005).....	11
Tabela 2: Exemplos de tipos de perigo (adaptado de: Vieira, 2009).....	13
Tabela 3: Exemplos de matriz de classificação de risco (adaptado de: Vieira, 2009) .....	15
Tabela 4: Matriz de classificação de riscos (adaptado de: BMA, 2009) .....	15
Tabela 5: Exemplos de consequências no impacto ambiental (adaptado de: BMA, 2009).....	16
Tabela 6: Exemplos de descrição e a frequência com que ocorrem (adaptado de: BMA, 2009) .....	16
Tabela 7: Exemplos de matriz de priorização qualitativa de riscos (adaptado de: WHO, 2006) .....	16
Tabela 8: Necessidade hídrica para usos consumptíveis (adaptado de: PGRH, 2012) .....	43
Tabela 9: Exemplos de actividades industriais no Rio Cávado.....	48
Tabela 10: Produtos fitofármacos aplicados na Bacia Hidrográfica do rio Cávado.....	51
Tabela 11: Fertilizantes agrícolas aplicadas na Bacia Hidrográfica do rio Cávado .....	53
Tabela 12: Actividades agro-pecuário na Bacia Hidrográfica do rio Cávado.....	55
Tabela 13: Exemplos de actividades agro-industrial do rio Cávado .....	58
Tabela 14: Exemplos de eventos perigosos .....	60
Tabela 15: Exemplos de probabilidade de ocorrência.....	64
Tabela 16: Exemplos de escala de severidade de ocorrência .....	65
Tabela 17: Exemplo de classificação da fonte de água superficial. Bacia hidrográfica do rio Cávado.....	66
Tabela 18: Exemplo de matriz classificação de riscos .....	66
Tabela 19: Fontes de poluição .....	67
Tabela 19: Fontes de poluição (Continuação) .....	68

## **Lista de Acrónimos**

<b>ADP</b>	- <i>Águas de Portugal</i>
<b>CBO</b>	- <i>Carência Bioquímica de Oxigénio</i>
<b>CIM</b>	- <i>Comunidade Intermunicipal</i>
<b>GDWQ</b>	- <i>Guidelines for Drinking Water Quality</i>
<b>INE</b>	- <i>Instituto Nacional de Estatística</i>
<b>LAC</b>	- <i>Latin America Caribbean</i>
<b>LC</b>	- <i>Limites Críticos</i>
<b>OMS</b>	- <i>Organização Mundial de Saúde</i>
<b>PC</b>	- <i>Pontos de Controlo</i>
<b>PBH</b>	- <i>Plano da Bacia Hidrográfica</i>
<b>PSA</b>	- <i>Plano de Segurança da Água</i>
<b>RAN</b>	- <i>Rede Agrícola Nacional</i>
<b>REN</b>	- <i>Rede Ecológica Nacional</i>
<b>WHO</b>	- <i>World Health Organizations</i>
<b>WSP</b>	- <i>Water Safety Plan</i>
<b>ZPE</b>	- <i>Zona de Protecção Especial</i>

## Capítulo 1: Introdução

No capítulo introdutório deste documento é apresentado o enquadramento do tema proposto, os objectivos, as motivações do trabalho e a organização do presente documento com a descrição dos assuntos abordados em cada um dos capítulos que constituem a dissertação.

### 1.1. Enquadramento

Até finais do século XIX, a avaliação e o controlo de riscos para a saúde humana por transmissão de doenças provocadas por consumo de água eram realizadas confiando-se, primordialmente, na aparência física da água. Investigações feitas demonstraram a ligação da água contaminada, a partir da infecção da rede de abastecimento de água pelo sistema de saneamento, com surto de doenças e a descoberta da existência de microrganismos e métodos de detenção dos mesmos constituíram as bases científicas para a associação do consumo de água com a saúde pública, servindo de bases para o ponto de partida para o controlo da sua qualidade. A partir do século XX, após ocorrência de diversos surtos de doenças de transmissão hídrica no mundo, que ao longo do tempo, tomaram proporções catastróficas, tornou-se necessário o desenvolvimento de recursos técnicos e legais, que, de forma objectiva, traduzissem as características a que a água deveria obedecer para ser considerada adequada ao consumo humano (Vieira & Morais, 2005).

Em meados do século XX, a qualidade da água para consumo humano era avaliada principalmente através das suas características organolépticas, tendo como base as características que estas apresentavam, relacionadas com o cheiro e com a cor. No entanto, este tipo de avaliação revelou falhas em termos de protecção de saúde pública contra microrganismos patogénicos e substâncias químicas perigosas existentes na água (Vieira & Morais, 2005). Assim, a qualidade da água para consumo humano passou a ser estabelecida com base em valores máximos permitidos para diversos contaminantes, ou indicadores da qualidade da água, reunidos em normas e critérios de qualidade da água ou padrões de potabilidade (Bastos et al., 2011).

A qualidade da água pode ser degradada no trajecto entre a unidade de tratamento e a torneira do consumidor devido às reacções químicas e biológicas entre a água e os materiais constituintes do sistema de distribuição e por contaminação externa que pode ocorrer devido a

rotura de condutas, vazamento ligadas a transientes hidráulicos, inadequada manutenção de reservatório entre outros (Moreno, 2009).

Por outro lado, deve-se realçar a importância determinante do controlo da qualidade da água nas origens, como factor condicionador das exigências de desinfecção, reforçando a necessidade de assegurar uma gestão integrada e sustentável dos meios hídricos, contribuindo, assim, para a minimização de perigos para a saúde pública.

O conhecimento de mecanismos e estratégias de minimização dos riscos e perigos a que está exposta a água destinada ao consumo humano assume, assim, aspecto determinante na garantia da qualidade da água potável (Vieira, 2009).

## **1.2. Objectivos do estudo**

O objectivo principal da presente dissertação consiste em recolher as possíveis fontes poluidoras na bacia hidrográfica do Cávado a montante de captação de água para consumo humano e proceder a avaliação dos riscos.

O referido objectivo principal concretiza-se nos seguintes objectivos específicos:

1. Realizar um estudo sobre o estado da arte e a avaliação dos riscos nos sistemas de abastecimento de água;
2. Fazer levantamento das fontes poluidoras na bacia hidrográfica do rio Cávado;
3. Analisar os perigos associados às fontes poluidoras identificadas;
4. Propor metodologias para a avaliação dos riscos identificados nas fontes de captação;
5. Avaliar riscos e propor medidas de controlo.

## **1.3. Metodologia de investigação**

Este capítulo é desenvolvido a partir de uma leitura comparativa entre os documentos da organização mundial de saúde (OMS) que tratam dos planos de segurança da água (PSA) (WHO, 2004; WHO, 2006; WSPM, 2009; WHO, 2010) e os diversos artigos e documentos relacionados publicados, procurando destacar os princípios teóricos-metodológicos do PSA.



Para a realização dos objectivos traçados foram adoptados dois métodos: ‘Revisão Bibliográfica’, e ‘Estudo de Caso’.

Para a execução do primeiro e segundo objectivos específicos foi utilizada a análise da literatura com o propósito de estudar o plano de segurança da água (elaboração, implementação, estudos de caso, conceitos relacionados com riscos e suas classificações).

O terceiro objectivo específico foi concretizado através da análise da literatura.

Relativamente ao quarto objectivo específico, o levantamento das fontes poluidoras foi feito com base na visita ao rio, inquérito feito a associação dos agricultores, agricultores em particulares e recolha de dados junto de instituições.

O último objectivo específico foi alcançado através da análise da literatura, centralizada apenas na avaliação dos riscos, seguindo as fases do PSA para a fonte de água e posteriormente adaptada ao caso em estudo.

#### **1.4. Organização da dissertação**

Tendo em conta o objectivo principal da dissertação e os objectivos específicos apresentados, foi feito um estudo sobre o tema em questão e organizou-se a presente dissertação em seis capítulos. No primeiro capítulo, introdutório, é apresentado o enquadramento do tema e os objectivos do estudo. O capítulo 2 apresenta a revisão da literatura realizada com o propósito de conhecer os principais assuntos relacionados com os Planos de segurança da água. O capítulo 3 apresenta a caracterização da bacia hidrográfica do rio Cávado. O capítulo 4 apresenta a identificação dos perigos e eventos perigosos associado à qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Cávado. O capítulo 5 apresenta a caracterização dos riscos e as medidas de controlo propostos. Por último, no capítulo 6 são apresentadas a conclusão do trabalho realizado e as sugestões de trabalhos futuros.



## Capítulo 2: Revisão Bibliográfica

O objectivo do presente capítulo consiste em apresentar os conceitos analisados durante a revisão bibliográfica sobre os riscos que ocorrem nos sistemas de abastecimentos de água, métodos utilizados para avaliar e gerir os riscos nos sistemas de abastecimento de água.

### 2.1 Base para a segurança da água

O meio mais eficaz de proteger e garantir um fornecimento de água em segurança é aplicar qualquer forma de gestão baseando no risco e em dados científicos sólidos apoiados por um acompanhamento adequado, conhecendo a sua fonte e a qualidade da mesma e controlar o tratamento, protegendo a sua distribuição, garantindo o consumo de água em segurança. É importante que a gestão de riscos seja inclusiva e, portanto, precise abranger todo o sistema desde a captação ao consumidor (WHO, 2006).

### 2.2 Evolução do Controlo da qualidade da água para consumo humano

Até meados do século XX, a avaliação da qualidade da água para consumo humano era feita essencialmente através das suas características organolépticas. Entretanto, este tipo de avaliação apresentava falhas em termos de protecção de saúde pública contra microrganismos patogénicos e contra substâncias perigosas presentes na água. Tornou-se, assim, imperativo estabelecer normas paramétricas que traduzissem as características a que a água deveria obedecer para o consumo humano (Vieira & Morais, 2005).

A primeira publicação da OMS dedicada à qualidade da água para consumo humano surge em 1958 sob o título *Internacional Standards for Drinking-Water*, designando metodologias de verificação da conformidade das características da água abastecida com valores paramétricos pré-estabelecidos (normas) através de amostragens do produto-final consumido (Vieira & Morais, 2005).

Mais tarde, nomeadamente em 1984-85, seguiu-se a publicação dos três volumes da primeira edição das *Guidelines for Drinking Water Quality (GDWQ): Vol. Recommendations; Vol. 2 – Health criteria and other supporting information; Vol. 3 – Surveillance and control of community supplies*. A segunda edição dos três volumes das *GDWQ* foi publicada em 1993, 1996 e 1997, respectivamente (WHO, 1993; WHO, 1996; WHO, 1997). Esta

abordagem constituiu um grande avanço na protecção da saúde pública em todo o mundo, proporcionando uma avaliação de riscos para a saúde com origem em microrganismos, produtos químicos e radionuclídeos. Esta metodologia, também, serviu de base a procedimentos legislativos em muitos países, constituindo base de todo o processo de controlo de qualidade da água para consumo humano. Em 1980 surge, na União Europeia, a primeira directiva (directiva 80/778/EC) sobre o controlo da qualidade da água revogada mais tarde pela directiva 98/83/EC (EC, 1998), actualmente, em vigor que inclui avanços técnicos e científicos na qual concentra a obrigatoriedade de conformidade dos parâmetros essenciais (Vieira & Morais, 2005).

Em Portugal, o Decreto-Lei 243/2001 de 5 de Setembro de 2001, transpõe para a legislação nacional a directiva 98/83/EC, estabelece que a água para consumo humano deve ser caracterizada por não conter microrganismos, parasitas, nem quaisquer tipos de substâncias em quantidades ou concentrações que constituam um perigo potencial para a saúde humana e preencher requisitos mínimos estabelecidos (respeitar valores dos parâmetros, submeter à aprovação da autoridade competente um programa de controlo de qualidade, efectuar verificação da qualidade da água, demonstrando conformidade com norma de qualidade da água, efectuar amostragens correspondentes à avaliação de conformidade) (Vieira & Morais, 2005).

A garantia da qualidade da água para abastecimento público tem sido baseada na deteção de indesejáveis constituintes microbiológicos, físicos, químicos e radiológicos, perigosos para a saúde humana, através da comparação dos resultados de conformidade obtidos na monitorização da qualidade da água fornecida aos consumidores com valores paramétricos estipulado nas normas (Vieira & Morais, 2005).

Entretanto, esta metodologia de controlo da qualidade da água, lenta, complexa e dispendiosa, apresenta um conjunto de limitações (Vieira & Morais, 2005):

- Limitada correlação entre microrganismos patogénicos eventualmente presentes na água e os organismos indicadores adoptados nas normas em que se baseia a metodologia do controlo da qualidade do produto final.
- Os métodos analíticos utilizados na monitorização dos parâmetros microbiológicos são, na maioria, demorados, para servir de elemento de prevenção de situações acidentais.

- A significância estatística do produto final para monitorização do produto final é limitada. Os volumes de água submetidos a monitorização de conformidades com as normas são insignificantes, comparando com volumes de água distribuída; as frequências de amostragem adoptadas em sistemas de distribuição pública de água raramente garantem adequada representatividade a nível temporal e espacial.

Com estas limitações da monitorização de conformidade de fim de linha não se garante ao consumidor necessária confiança na água que lhe é fornecida, justificando, assim, uma evolução para metodologias de gestão técnica baseadas em análise e controlo de riscos em pontos críticos do sistema de abastecimento de água. O fornecimento de água para consumo humano, em segurança, pressupõe uma acção de controlo planeada e organizada ao longo de todo o sistema de abastecimento, desde a origem da água bruta até à torneira do consumidor (Vieira & Morais, 2005).

### **2.3 Análise e gestão de riscos em sistemas de abastecimento de água**

A melhor forma de cumprir os objectivos de segurança de um sistema de abastecimento de água é através do uso de uma abordagem abrangente de avaliação e gestão de riscos que envolva todas as fases desde a captação até ao consumidor (WHO, 2009). A OMS, através das GDWQ (WHO, 2004 & WHO, 2009), recomenda que as entidades gestoras de sistemas de abastecimento público de água desenvolvam planos de segurança que assegurem a qualidade da água integrando essas metodologias de avaliação e gestão de riscos, assim como a boa prática de operação dos sistemas. A avaliação de riscos constitui o ponto de partida para o estabelecimento de procedimentos que intensifica o papel fundamental (WHO, 2004).

### **2.4 Plano de segurança da água**

O plano de segurança da água é um documento que identifica e prioriza riscos que podem verificar-se num sistema de abastecimento de água, desde a origem até ao consumidor, fornecendo informações sobre as melhores estratégias para reduzi-los ou eliminá-los, estabelecendo processos para verificação da eficiência dos sistemas na produção e fornecimento em segurança de água para consumo humano (WHO, 2006).

Esta avaliação pode ser garantida através de boas práticas de abastecimento de água, ou seja, evitar contaminação da água na fonte, tratar a água para reduzir ou eliminar a

contaminação que possa estar presente, na medida do necessário para cumprir as metas de qualidade da água, evitar re-contaminação durante o armazenamento, distribuição e manipulação da água para beber (Vieira & Morais, 2005).

O PSA desenvolve e implementa o plano de segurança para ser utilizado pelo fornecedor da água. Este documento fornece estratégia de natureza sistemática, que não pode ser perdida ou esquecida durante a implementação, sobre como o PSA pode ser desenvolvido. A grande vantagem do PSA é que é aplicável a assegurar a segurança da água em todos os tipos e tamanhos dos sistemas de abastecimento de água, quer sejam simples ou complexos (WHO, 2009).

Um plano de segurança da água, portanto, compreende a avaliação do sistema e design, monitorização operacional e planos de gestão (incluindo documentação e comunicação) (WHO, 2006).

Na Figura 1, indicam-se aspectos a ter em consideração no controlo da qualidade da água de um sistema de abastecimento de água.

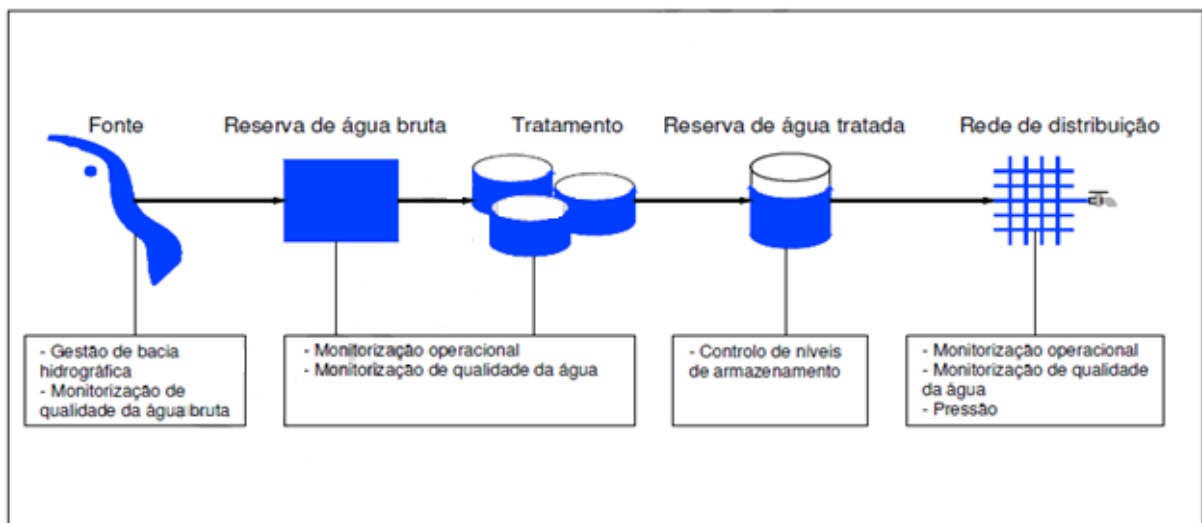


Figura 1: Aspectos a considerar na gestão de riscos em sistemas de abastecimento de água (adaptado de: Vieira & Morais, 2005)

Em WHO (2009) encontra-se a forma como se desenvolve e implementa o plano de segurança da água.

## **2.4.1 Como desenvolver e implementar o plano de segurança da água**

### **2.4.1.1 Etapas a considerar para desenvolver e implementar um PSA**

Desenvolver e implementar o PSA para o abastecimento de água requer a consideração de alguns pontos, que são os seguintes (WHO, 2009):

- Montar uma equipa e decidir uma metodologia a seguir no desenvolvimento do PSA;
- Identificar todos os perigos e eventos perigosos que podem afectar a segurança da água, na captação, do tratamento, e distribuição até ao consumidor;
- Avaliar os riscos presentes em cada perigo e fontes de perigo identificados;
- Considerar a existência de controlos ou barreiras para cada risco de elevado grau e se são efectivos;
- Validar a eficácia dos controlos e barreiras;
- Implementar planos de melhoria onde for necessário;
- Demonstrar que o sistema é consistentemente seguro;
- Rever, regularmente, os perigos, riscos e controlos;
- Manter dados preciosos para garantir a transparência e justificar os resultados.

## **2.4.2 Desenvolvimento de um PSA**

### **2.4.2.1 Constituição da equipa**

Para que a implementação do PSA seja bem-sucedida é necessário constituir uma equipa multidisciplinar de modo a estabelecer uma política activa na organização e promoção de recursos para a segurança da água. A equipa deve (WHO, 2009):

- Ter um líder responsável pela condução dos trabalhos;
- Definir e estabelecer o papel e as responsabilidades de cada elemento da equipa;
- Estabelecer um período temporal para o desenvolvimento do projecto, dando oportunidade aos elementos de conhecer melhor o sistema, identificar os riscos e tratá-los.

### 2.4.3 Avaliação do sistema

#### 2.4.3.1 Descrição do sistema de abastecimento de água

A primeira tarefa da equipa do PSA é descrever, de uma forma detalhada, o sistema de abastecimento de água, necessário para uma avaliação de riscos. Deve ser fornecida informação suficiente para identificar os locais onde o sistema é vulnerável a eventos perigosos, tipo e relevância do perigo e medidas de controlo. Na descrição do sistema de abastecimento, deve ser incluída (WHO, 2009):

- Padrão ou nível de qualidade da água;
- A fonte de captação da água (superficial /subterrâneas);
- Informação sobre o esquema de tratamento e produtos químicos adicionados à água;
- Identificação dos utilizadores e usos da água;
- Detalhes sobre distribuição (armazenamento, condutas, acessórios, etc.).

Além da documentação referida anteriormente, poderá ainda ser recolhida informações sobre as origens de água do sistema e o ambiente que o rodeia, nomeadamente (Vieira & Morais, 2005):

- Zonas protegidas;
- Uso de solo da bacia hidrográfica;
- Fontes poluidoras pontuais e difusas, etc.

Quando se pretende a construção de um novo sistema de abastecimento de água, deve-se proceder a um conjunto de estudos para garantir segurança global do sistema e determinar as potenciais fontes de contaminação das respectivas origens de água, que podem incluir análises químicas e biológicas da água, avaliações hidrogeologias e inventariação de usos e ocupação de solos. Assim, devem ser consideradas todos os factores que podem afectar a qualidade da água aquando da selecção de tecnologias de captação de água e do processo de tratamento (Vieira & Morais, 2005).

A Tabela 1 descreve os elementos a considerar na caracterização do sistema de abastecimento de água (Vieira & Morais, 2005).



Tabela 1: Exemplos de informações a considerar na caracterização do sistema de abastecimento de água (adaptado de: Vieira & Morais, 2005).

<b>Componente do sistema</b>	<b>Informação a considerar</b>
<b>Bacia hidrográfica</b>	Geologia e hidrologia
	Meteorologia e condições de tempo
	Estado de "saúde" da bacia hidrográfica e do rio
	Vida selvagem
	Usos da água
	Usos de solo
	Outras actividades desenvolvidas na bacia hidrográfica com potencial de contaminação da fonte de água
	Actividades futuras programadas
<b>Águas superficiais</b>	Descrição do tipo de massa hídrica (rio, lago, albufeira, etc.)
	Características físicas (ex: dimensões, profundidade, altitude, estratificação térmica)
	Caudal e fiabilidade da origem de água
	Tempos de retenção
	Constituintes da água (físicos, químicos e microbiológicas)
	Protecções (ex: acessos, vedações)
	Actividades recreativas e outras actividades humanas
	Transporte de água
<b>Águas subterrâneas</b>	Aquífero confinado ou não confinado
	Hidrogeologia do aquífero
	Caudal e direcção de escoamento
	Características de diluição
	Área de recarga
	Protecção do poço
	Profundidade do poço
	Transporte de água
<b>Sistema de tratamento</b>	Processo de tratamento (incluindo processos opcionais)
	Características de projecto de equipamento
	Automação e equipamentos de monitorização
	Produtos químicos utilizados no processo de tratamento
	Eficiência do tratamento
	Taxa de remoção de patogénicos através da desinfecção
	Residual da desinfecção versus tempo de contacto
<b>Reservatórios de serviço e sistemas de distribuição</b>	Características de projecto dos reservatórios
	Tempos de retenção
	Variações sazonais
	Protecções (ex.: coberturas, vedações, acessos)
	Características de projecto do sistema de distribuição
	Parâmetros de funcionamento hidráulico (pressões caudais)
	Protecção contra retorno de água domiciliária
	Residual de desinfectante
	Subprodutos da desinfecção

### **2.4.3.2 Construção e validação do diagrama de fluxo**

A construção do diagrama de fluxo do sistema de abastecimento de água tem como objectivo fornecer informações detalhadas de todas as etapas envolvidas desde a fonte de água bruta até à torneira do consumidor. O diagrama de fluxo deverá ser validado, fazendo estudos de campo e, depois, usado no processo de avaliação de risco. Esta informação deverá ser cruzada com outros documentos, tais como mapas, limites de propriedades, planos da criação de gado, fossas sépticas, indústria e outras possíveis fontes de risco. O mapa das áreas fornecidas deve ser verificado (WHO, 2009).

A validação do diagrama de fluxo é realizada através de:

- Verificação da abrangência das etapas consideradas;
- Correção dos elementos constantes no diagrama;
- Confirmação do diagrama através de visita ao sistema.

É fundamental que a representação do sistema seja o mais fiel possível de modo a evitar que alguns perigos significativos não sejam identificados e, conseqüentemente, sem medidas e pontos de controlo apropriados (Vieira & Morais, 2005).

### **2.4.3.3 Identificação de perigos**

O conhecimento de perigos a que está exposto o sistema de abastecimento de água permite realizar comparações entre diferentes ameaças à saúde pública com vista à elaboração de medidas preventivas de controlo nos sistemas de abastecimento (Moreno, 2009).

A identificação de perigos envolve visitar/estudar o terreno assim como fazer estudos internos sobre perigos que não são possíveis identificar a partir de estudos de terreno e, posteriormente, associar medidas de controlo a cada perigo. A identificação de perigos também requer avaliação de informações de eventos passados e previsões futuras (WHO, 2009).

Para a identificação dos perigos, os primeiros passos devem ser:

- Identificar todos os potenciais perigos biológicos, físicos e químicos associados a cada fase do sistema de abastecimento de água que possam afectar a segurança da água;

- Identificar todos os perigos e eventos perigosos que possam contaminar, comprometer ou interromper, de alguma forma, o abastecimento de água;
- Avaliar os riscos identificados em cada ponto do diagrama de fluxo previamente definido.

A identificação de perigos nos sistemas de abastecimento de água deve ser feita desde a fonte de água bruta até aos pontos de consumos, identificando as possíveis causas e factores que possam influenciar a ocorrência de perigos associando medidas de controlo (Vieira, 2009).

A Tabela 2 apresenta exemplos de perigos que podem ocorrer num sistema de abastecimento público.

Tabela 2: Exemplos de tipos de perigo (adaptado de: Vieira, 2009)

<b>Tipo de perigo</b>			
<b>Microbiológico</b>	<b>Físico</b>	<b>Químico</b>	<b>Radiológico</b>
Bactérias	Sedimentos	Nitratos	Radioactividade natural
Vírus	Matéria particulada	Arsénio	Contaminação indústria mineira
Protozoários	Materiais das condutas	Pesticidas	
	Biofilmes	Cianotoxinas	
		Floculantes	
		Trihalometanos	
		Metais pesados	

Devido a constante presença de perigos, é importante considerar os eventos perigosos que levam a entrada dos perigos no sistema de abastecimento de água. Os eventos perigosos que provocam contaminação, directa e indirectamente, por combinação de factores, que pode tornar a água insegura, deveriam ser consideradas como factores que contribuem ou conduzem para a presença de perigos (WHO, 2006). Os factores que influenciam a ocorrência de perigos são: variação de circunstâncias devidas ao tempo, contaminação accidental, tratamento de águas residuais a montante da captação, higienização de elementos do sistema (Vieira & Morais, 2005). A ocorrência de precipitação em grande quantidade também pode promover a introdução de microrganismos patogénicos na fonte de água (WHO, 2009).

#### **2.4.3.4 Caracterização de riscos**

A determinação de medidas de controlo deve basear-se na priorização de riscos associados a um perigo ou evento perigoso (Vieira & Morais, 2005). Existem várias formas de definir risco, entre elas encontra-se a definição de risco como a possibilidade de acontecimento, perigo ou risco como o produto da probabilidade de ocorrência de um acontecimento indesejado pelo respectivo efeito causado numa determinada população. Os eventos perigosos com maior severidade de consequências e maior probabilidade de ocorrência devem merecer maior atenção e prioridade em relação aos perigos, cujos impactos não são significativos ou cuja ocorrência é muito improvável (Vieira & Morais, 2005).

O risco associado a cada perigo pode ser descrito, identificando a probabilidade de ocorrência (exemplo: quase certa, muito provável, provável, pouco provável e raro) e avaliando as consequências da ocorrência do evento perigoso (exemplo: insignificante, pequena, moderado, grande e catastrófico). O potencial impacto na saúde pública é o factor mais importante a levar em consideração, mas outros factores tais como efeitos estéticos, adequado fornecimento e rejeição também devem ser levados em consideração (WHO, 2009).

#### **2.4.3.5 Priorização dos riscos.**

Identificados os perigos procede-se à priorização dos mesmos, usando metodologias que se baseiam no bom senso e no conhecimento das características do sistema em avaliação podendo ou não definir uma matriz de classificação de riscos ‘semi-quantitativo’ (Vieira & Morais, 2005).

Embora existam numerosos contaminantes que podem comprometer a qualidade da água para consumo humano, nem todos os perigos têm o mesmo grau de consequências (Vieira, 2009). Existem várias formas de classificar a probabilidade de ocorrência e a severidade de consequências.

A melhor forma de avaliar os riscos é construir uma tabela de modo sistemático com todos os potenciais eventos de perigo e perigos associados, juntando uma estimativa da magnitude do risco. Os riscos devem ser priorizados em termos dos seus prováveis impactos na capacidade do sistema continuar a fornecer água potável. Riscos com prioridade alta podem implicar mudanças no sistema ou melhoramentos de forma a alcançar metas da

qualidade da água. Riscos com prioridade baixa podem ser minimizados com boas práticas rotineiras. No início do processo de avaliação de riscos, o (s) elemento (s) da equipa deve (m) definir o que é que consideram: insignificante, pequena, moderado, grande e catastrófica. A definição de uma matriz de risco tem uma importância crucial na identificação do risco catastrófico. Quando os dados são insuficientes para classificar um risco como sendo baixo ou alto, estes riscos devem ser consideradas significantes até que as investigações provem o contrário. A avaliação de risco deve ser específica para cada sistema uma vez que cada sistema de abastecimento de água é único (WHO, 2009).

Vieira (2009) apresentou matriz de classificação de riscos através de uma escala de probabilidade de ocorrência de um perigo e as suas consequências para a saúde da população numa escala de pontuação de 1 a 5, descrito na Tabela 3:

Tabela 3: Exemplos de matriz de classificação de risco (adaptado de: Vieira, 2009)

Probabilidade de ocorrência	Severidade das consequências				
	Insignificante	Pequena	Moderada	Grande	Catastrófica
Quase certa	5	10	15	20	25
Muito provável	4	8	12	16	20
Provável	3	6	9	12	15
Pouco provável	2	4	6	8	10
Raro	1	2	3	4	5

Outra forma de construção de matriz de risco foi apresentada por BMA (2009), Tabela 4, baseando numa matriz de priorização qualitativa de riscos classificando os riscos em cinco níveis de acordo com o impacto e a frequência com que ocorrem.

Tabela 4: Matriz de classificação de riscos (adaptado de: BMA, 2009)

Severidade e consequência						
Factor de probabilidade		Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
	Acontece	Alto	Alto	Extremo	Extremo	Extremo
	Poderá acontecer com facilidade	Moderado	Alto	Alto	Extremo	Extremo
	Poderá acontecer ou já aconteceu	Baixo	Moderado	Alto	Extremo	Extremo
	Não aconteceu ainda mas poderá acontecer	Baixo	Baixo	Moderado	Alto	Extremo
	Concebível mas só em circunstâncias extremas	Baixo	Baixo	Moderado	Alto	Alto

Tabela 5: Exemplos de consequências no impacto ambiental (adaptado de: BMA, 2009)

<b>Consequência</b>	<b>Impacto Ambiental</b>
Nível 1	Dano limitado para áreas mínimas de baixa significância
Nível 2	Efeito menor sobre o meio ambiente biológico ou físico
Nível 3	Efeitos moderado a curto prazo
Nível 4	Efeitos ambientais médios a médio prazo
Nível 5	Muito grave comprometendo o ecossistema a longo prazo

Tabela 6: Exemplos de descrição e a frequência com que ocorrem (adaptado de: BMA, 2009)

<b>Descrição</b>	<b>Exemplos de frequência</b>
Acontece com frequência	Mais do que 1 evento por mês
Pode ocorrer com facilidade	Mais do que uma vez por ano
Pode acontecer aqui ou algures	1 Evento por 1 a 10 anos
Não aconteceu ainda mas pode acontecer	1 Evento por 10 a 100 anos
Circunstâncias concebíveis, mas somente em casos extremos	Menos que 1 evento por 100 anos

Na Tabela 7 apresenta-se a matriz de classificação qualitativa de riscos apresentada em (WHO, 2006).

Tabela 7: Exemplos de matriz de priorização qualitativa de riscos (adaptado de: WHO, 2006)

<b>Severidade das consequências</b>					
<b>Probabilidade de ocorrência</b>	<b>Insignificante</b>	<b>Pequena</b>	<b>Moderado</b>	<b>Grande</b>	<b>Catastrófico</b>
<b>Quase certa</b>					
<b>Muito provável</b>					
<b>Provável</b>					
<b>Pouco provável</b>					
<b>Raro</b>					

### **2.4.3.6 Identificação e avaliação de medidas de controlo**

As medidas de controlo devem ser determinadas para cada um dos riscos e eventos perigosos identificados.

O risco deve ser recalculado em termos de probabilidades e consequências levando em consideração a actividade de cada controlo. As medidas de controlo têm que ser consideradas não apenas pela sua actividade a médio e longo prazo, mas também à luz da potencialidade de falhar ou de serem ineficientes a curto prazo. É importante que riscos que não tenham controlo sejam destacados como restantes riscos significativos no sistema de abastecimento da água (WHO, 2009).

A validação é o processo que consiste em obter provas do desempenho das medidas de controlo. Para a validação de controlos será necessário um programa intensivo de monitorização de modo a demonstrar o desempenho do controlo sob circunstâncias normais e excepcionais. A eficácia de cada medida de controlo deve ser determinada de forma isolada porque o desempenho de um controlo pode influenciar o desempenho do outro. Se um controlo estiver a ser aplicado durante algum tempo, o pessoal da equipa pode possuir dados operacionais suficientes e confiáveis. Dados técnicos em livros científicos ou dados de estudos pilotos sobre planos de tratamento de água potável podem ser úteis no processo de validação, tendo o cuidado de verificar que as circunstâncias do estudo são iguais ou muito semelhantes aos riscos que foram identificados, assim como os controlos. A validação envolve uma variedade de metodologias. Por exemplo, a validação de distâncias e barreiras pode ser realizada através da pesquisa de protecções sanitárias de forma a minimizar riscos e impedir a entrada de micróbios patogénicos na água; ou fonte energética alternativa em caso de emergência, deve ser validada demonstrando que é ligada quando é perdida a ligação e que armazena energia suficiente para manter o funcionamento em pleno processo (WHO, 2009).

### **2.4.3.7 Desenvolver, implementar e manter um plano de melhoria**

#### **2.4.3.7.1 Elaborar um plano de melhoria**

Identificar, no plano, melhoria a curto e médio prazo ou atenuar riscos de longo prazo e medidas de controlos para cada risco considerado significativo, identificando outros riscos

menos significantes que podem ser controlados também por essas medidas de controlo (WHO, 2009).

#### **2.4.3.7.2 Implementar o plano de melhoria**

Actualizar o PSA, incluindo a reavaliação dos riscos levando em conta o (s) novo (s) controlo (s) considerado (s).

**Exemplos de questões a serem consideradas no desenvolvimento de um plano de melhoria** (WHO, 2009):

- Opção para minimizar os riscos;
- Responsabilidade do programa de melhoramento (líder do processo);
- Financiamento;
- Trabalhos fundamentais;
- Formação;
- Reforço de procedimentos operacionais;
- Programas de consultas à comunidade;
- Pesquisa e desenvolvimento;
- Desenvolvimento de protocolos de incidentes;
- Comunicação e informação.

### **2.4.4 Monitorização operacional**

#### **2.4.4.1 Definir monitorização das medidas de controlo**

A monitorização operacional inclui a definição e validação de monitorizações de medidas de controlo e estabelece procedimentos para demonstrar que os controlos continuam a funcionar. Estas acções devem ser documentadas nos procedimentos de gestão (WHO, 2009).

O número e tipos de medidas de controlo variam para cada sistema de abastecimento e serão determinados pelo tipo e frequência dos perigos e eventos perigosos associados ao sistema. A monitorização de pontos de controlo é essencial para apoiar a gestão do risco demonstrando que as medidas de controlo são permanentes e, no caso de ser detectado um



desvio, são levadas a cabo acções em tempo hábil, impedindo os níveis de qualidade da água de serem comprometidos (WHO, 2009).

Uma monitorização efectiva estabelece (WHO, 2009):

- O que vai ser monitorizado;
- Como vai ser feita a monitorização;
- Com que frequência será feita a monitorização;
- Onde será monitorizado;
- Quem realiza a monitorização;
- Quem fará as análises;
- Quem recebe os resultados das acções.

#### **2.4.5 Verificação da eficácia do PSA**

A existência de um processo formal de verificação e auditoria do PSA assegura que está funcionando bem. A verificação envolve três actividades que são levadas a cabo em simultâneo de modo a fornecer provas que o PSA está a funcionar bem, que são (WHO, 2009):

- Monitorização do cumprimento do PSA implementado;
- Auditoria interna e externa das actividades operacionais;
- Satisfação do consumidor.

##### **2.4.5.1 Monitorização do cumprimento do PSA implementado**

Todas as medidas de controlo devem ter um regime de monitorização claramente definidos, validando a sua eficácia e monitorizando o desempenho para os limites estabelecidos. Planos para acções e correcções precisam ser desenvolvidos de modo a responderem e perceber as razões de qualquer resultado inesperado.

#### **2.4.5.2 Auditoria interna e externa das actividades operacionais**

Auditorias rigorosas ajudam a manter a implementação prática do PSA, garantindo o controlo da qualidade da água e dos riscos. Auditorias podem envolver análises internas e externas de autoridades regulamentares ou por auditores independentes qualificados (WHO, 2009).

#### **2.4.5.3 Satisfação do consumidor**

Verificação inclui verificar se os consumidores estão satisfeitos com a água fornecida. Se não estiverem, existe um risco de optarem por alternativas menos seguras (WHO, 2009).

#### **2.4.5.4 Preparação dos procedimentos de gestão**

Possuir documentação de todos os aspectos do PSA é essencial. Procedimentos de gestão são as acções a serem tomadas em condições operacionais normais com detalhes de todos os passos a seguir em caso de incidentes específicos de ocorrência de perda de controlo no sistema. Se a monitorização detectar que o sistema está a operar fora dos limites críticos (LC) da especificação, então existe a necessidade de agir de forma a restaurar a operação, corrigindo o desvio. Deverá existir um plano genérico que deve ser seguido em caso de imprevistos, incidentes ou desvios para os quais não existem planos correctivos. Para isto, terá que existir um protocolo para avaliar a situação e identificar as situações que requerem a activação do plano de resposta a emergências (WHO, 2009).

#### **2.4.5.5 Desenvolver programa de apoio**

Programas de apoio são actividades que apoiam o desenvolvimento das competências, conhecimentos, compromisso das pessoas com a abordagem do PSA e capacidade de gerir o sistema de abastecimento de água de modo a fornecer água em segurança. As acções chave a considerar no programa de apoio são as seguintes (WHO, 2009):

- Identificar os programas de apoio a serem implementados de modo a promover a implementação da abordagem do PSA;
- Analisar e, havendo necessidade, rever programas de apoio existentes;

- Desenvolver programas de apoio adicionais para identificar lacunas nos conhecimentos ou competências do pessoal que possam impedir a execução atempada do PSA.

#### **2.4.5.6 Planear e realizar revisões periódicas do PSA**

##### **2.4.5.6.1 Manter o PSA actualizado**

A revisão regular do PSA garante a identificação e avaliação de novas ameaças para a produção e distribuição da água em segurança. O PSA pode facilmente ficar desactualizado devido a (WHO, 2009):

- Mudança no programa de melhoramento na captação, tratamento e distribuição, a quais podem ter impactos no processamento do diagrama e na avaliação do risco;
- Correção de procedimentos;
- Mudança de pessoal (equipa);
- Mudança do contacto dos interessados.

##### **2.4.5.6.2 Convocar reuniões regulares para a revisão do PSA**

A equipa do PSA deve concordar em ter reuniões periódicas de modo a reverem todos os aspectos do PSA de forma a garantir que continuem operacionais. Resultados de monitorizações operacionais devem ser analisados. Para além das análises periódicas planeadas, o PSA deve ser também revisto quando, por exemplo, uma nova fonte de água é desenvolvida, quando os principais processos de tratamentos são melhorados, planeados e colocados em prática ou depois de um grande incidente na qualidade da água (WHO, 2009).

##### **2.4.5.6.3 Rever o PSA depois de um incidente**

Conforme já foi dito anteriormente, de forma a garantir que o PSA abranja perigos e problemas emergentes, deve ser revisto periodicamente pela equipa do PSA.

Um dos principais benefícios da implementação de um PSA é a provável redução do número de incidentes graves. Contudo, estes eventos podem voltar a acontecer. As acções-chave a considerar são as seguintes (WHO, 2009):

- Rever o PSA depois de um incidente ou emergência;
- Determinar a causa do incidente e o efeito da resposta emergente;
- Rever o PSA conforme o necessário, incluindo actualizações ao programa de apoio.

No *site* da *WSP* (*water safety plan*, 2010) encontra-se a forma de como desenvolver e implementar um PSA baseando em cinco etapas subdivididos em onze módulos:

A Figura 2 reproduz a sucessão de etapas propostas pela OMS para o desenvolvimento de um PSA.

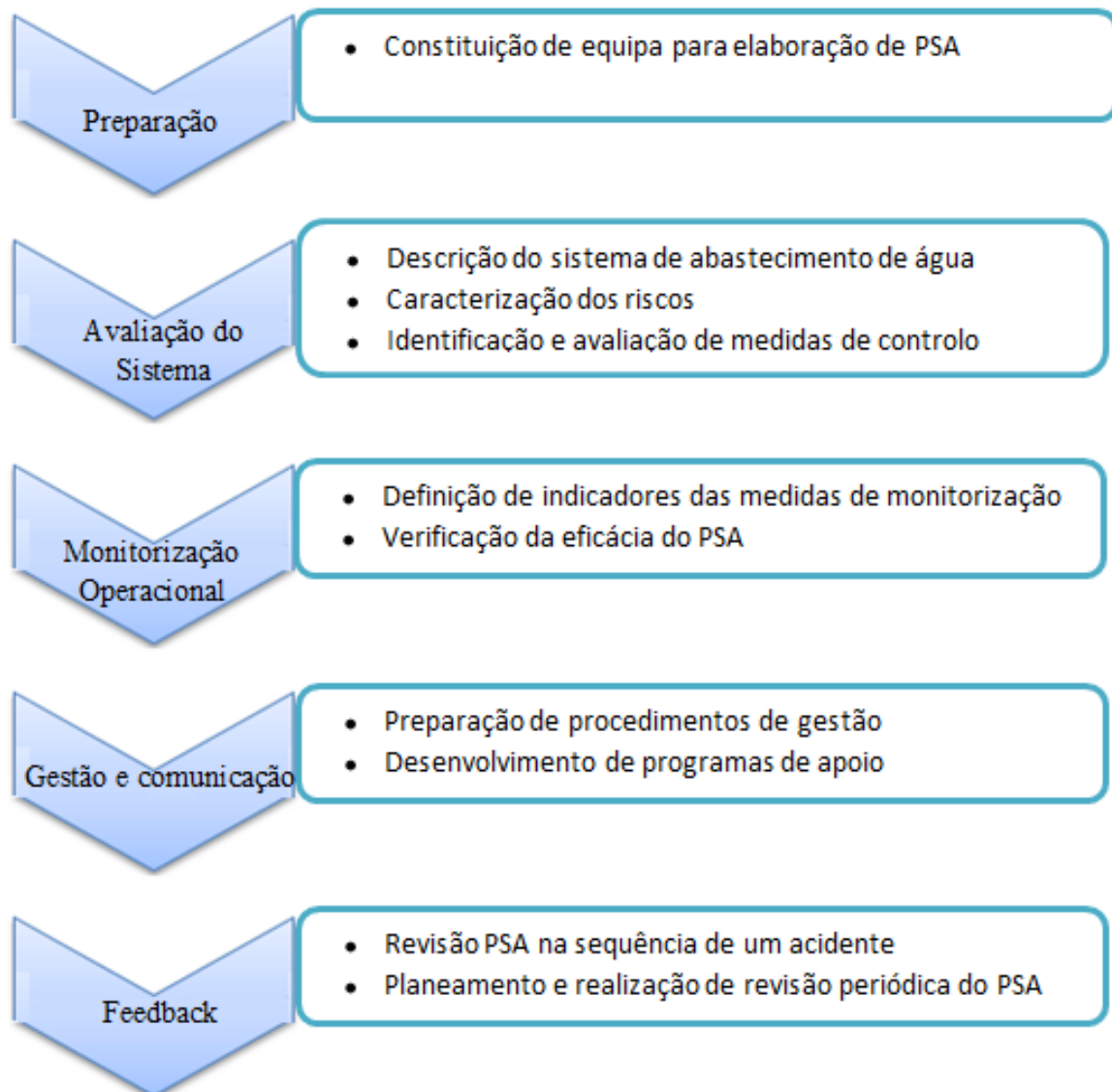


Figura 2: Fases de elaboração e implementação de um PSA (adaptado de: WHO, 2010)

## 2.5 Exemplos de aplicação

### 2.5.1 Exemplo I: Austrália

A maioria dos elementos da equipa tinha experiências com o uso da avaliação e gestão dos riscos e com o sistema de gestão de um modo geral. A água era fornecida de uma combinação de água subterrâneas e superficial e o processo de tratamento funcionava bem.

Os consumidores recebiam a água através do sistema de canalização. As cidades eram, na sua maioria, ligadas ao sistema municipal de abastecimento de água. O sistema era confiante.

As normas de qualidade da água eram estabelecidas pelas directrizes da qualidade da água australianas, semelhante ao guia da WHO para o consumo de água de qualidade (*Drinking-Water Quality*).

O serviço da água nas torneiras era constante e os padrões de qualidade da água eram sempre atingidos. Não havia registos de doenças devido ao consumo de água nem incidentes durante o desenvolvimento e implementação do PSA. Não era necessário tratamento secundário, contudo era, de vez enquanto, utilizado por razões estéticas de modo a retirar cheiros e sabores. O sistema descrito estava bem conservado e com uma baixa taxa de perda de água (WHO, 2009).

### 2.5.2 Exemplo 2: América Latina e Caribe (LAC)

No exemplo LAC alguns elementos da equipa não tinham experiências na elaboração do PSA, não tinham processo formal de prevenir e gerir riscos e nem conhecimentos e recursos para implementarem o plano. A fonte de água era superficial e subterrânea e o processo de tratamento não funcionava bem devido a deficiência económica e aplicação por operadores com pouca experiência. A rede de distribuição de água era constituída por canos organizados operando sob limitações de recursos da América latina e nas Caraíbas. A maioria das casas era abastecida directamente. Havia partes das cidades que não estavam ligadas ao sistema municipal de abastecimento de água, ou tinham ligações não autorizadas e clandestinas.

As normas de qualidade de água eram constantemente definidas de forma deficiente ou eram inconsistentes, alguns focavam em razões ambientais e outros focavam em razões sanitárias para o mesmo sistema. Em alguns casos, os padrões da OMS baseado na saúde eram adoptados sem levar em consideração os condicionamentos e limitações do lugar, tornando as normas irrealistas e de pouco valor. Em todos os casos, não existiam programas de execução ou cumprimento activo.

O serviço da água para a torneira era intermitente. A qualidade da água estava constantemente fora da conformidade com normas reguladoras e os tratamentos secundários, eram uma prática comum.

Os sistemas não operavam e não podiam suportar um fornecimento constante, não havia equipamentos adequados de manutenção e tinham que pagar uma alta quantia para bombear água 24 horas por dia.

Os sistemas descritos eram caracterizados por infra-estruturas de tratamento antigas, tubos que causavam uma perda de 70% da produção e tanques para armazenamento degradado. Em todos os casos, os capitais para melhoramentos tinham de ser feitas de forma a atingir níveis satisfatórios da qualidade da água e consistência do serviço (WHO, 2009).

### **2.5.3 Exemplo 3: Reino Unido (Inglaterra e País de Gales)**

Este exemplo, escrito por um regulador de qualidade da água potável, descreve alguns dos benefícios e desafios enfrentados pelos fornecedores privados de água na implementação do WSPs em Inglaterra e no País de Gales. O regulador das empresas de água foi encorajado a implementar o PSA após a publicação da terceira edição das Directrizes da OMS para Drinking-Water Quality em 2004.

As fontes de água eram aproximadamente 70% de águas superficiais, 30% a partir de águas subterrâneas. O tratamento de água era feito de acordo com as características da água, incluindo linha de tratamentos para lidar com perigos emergentes. As famílias recebiam água directamente em casa, o sistema das empresas de água tinha pressurização contínua e fiável.

As normas de qualidade da água para a Inglaterra e País de Gales, foram definidas em linha com a directiva da água para consumo humano da União Europeia que, por sua vez, reflectem as directrizes da OMS para a qualidade da água potável. A qualidade da água

tratada era muito boa, no geral com 99,9% de conformidade com as normas europeias (drinking-water quality) e nacional. A indústria de água na Inglaterra e País de Gales foi privatizada em 1989, o que resultou em investimento melhorado pelos fornecedores de água. É uma indústria tecnicamente sofisticada e avançada. Os sistemas descritos eram bem cuidados mas as taxas de perdas e fuga a partir da rede são ainda um problema em algumas áreas com o envelhecimento corrente (WHO, 2009).

## **2.6 Análise crítica e conclusão**

No presente capítulo, realizou-se a revisão bibliográfica sobre a avaliação e gestão de riscos nos sistemas de abastecimento, focando essencialmente no conceito de plano de segurança da água e as metodologias utilizadas na sua elaboração e implementação.

A OMS, através das suas directrizes, recomenda que as entidades gestoras de sistemas de abastecimento público de água desenvolvam planos de segurança que assegurem a qualidade da água, integrando essas metodologias de avaliação e gestão de riscos assim como boa prática de operação dos sistemas.

Casos de estudos demonstram que a metodologia do plano de segurança da água não é única para todas as empresas, mas sim cada empresa deve desenvolver o PSA de uma forma própria para cada equipa operar, sendo uma consideração importante, devido a diversidade das empresas de águas e nos termos de regulamentação das mesmas.

Em alguns casos, os padrões da OMS baseados na saúde eram adoptados sem levar em consideração os condicionamentos e limitações do lugar, tornando as normas irrealistas e de pouco valor.

O sucesso da implementação do plano de segurança da água requer que esta seja implementada com todos os recursos necessários, levando em consideração o ambiente, as condições e as necessidades de cada sistema de abastecimento de água.



## Capítulo 3: Caracterização da bacia hidrográfica do rio Cávado

### 3.1 Âmbito territorial

A bacia hidrográfica do rio Cávado localiza-se a norte de Portugal e estende-se por uma área de 1699 km<sup>2</sup>. Do total da área, destacam-se duas sub-bacias. O rio Homem, na margem direita com 256 km<sup>2</sup> que nasce na Serra do Gerês e o rio Rabagão com 248 km<sup>2</sup> na margem da esquerda, que nasce entre a serra do Barroso e a serra do Larouco. De referir que estas duas sub-bacias são as mais afluentes e as mais importantes (PBH do rio Cávado, 2000).

O plano da bacia do rio Cávado, para além de incluir a própria bacia do rio Cávado, também inclui ribeiras e parte da bacia do rio Lima que drena para Espanha. O conjunto é delimitado a Norte pela bacia hidrográficas do rio Neiva e Lima, faz fronteira com Espanha a Este com bacia hidrográfica do rio Douro e a sul com a bacia hidrográfica do rio Ave (PBH do rio Cávado, 2000).

A região do plano da bacia hidrográfica do Cávado inclui, na sua totalidade, os concelhos de Amares e Esposende, atravessando os concelhos de Barcelos, Botica, Braga, Póvoa de Lanhoso, Cabeceira de Basto, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Póvoa de Varzim, Terras de Bouro, Vieira do Minho e Vila Verde (PBH do rio Cávado, 2000).

As Figuras 3 e 4 apresentam a localização do rio Cávado e a delimitação da área da bacia hidrográfica do rio Cávado respectivamente.



Figura 3: Localização do rio Cávado (adaptado de: PBH do rio Cávado, 2000)

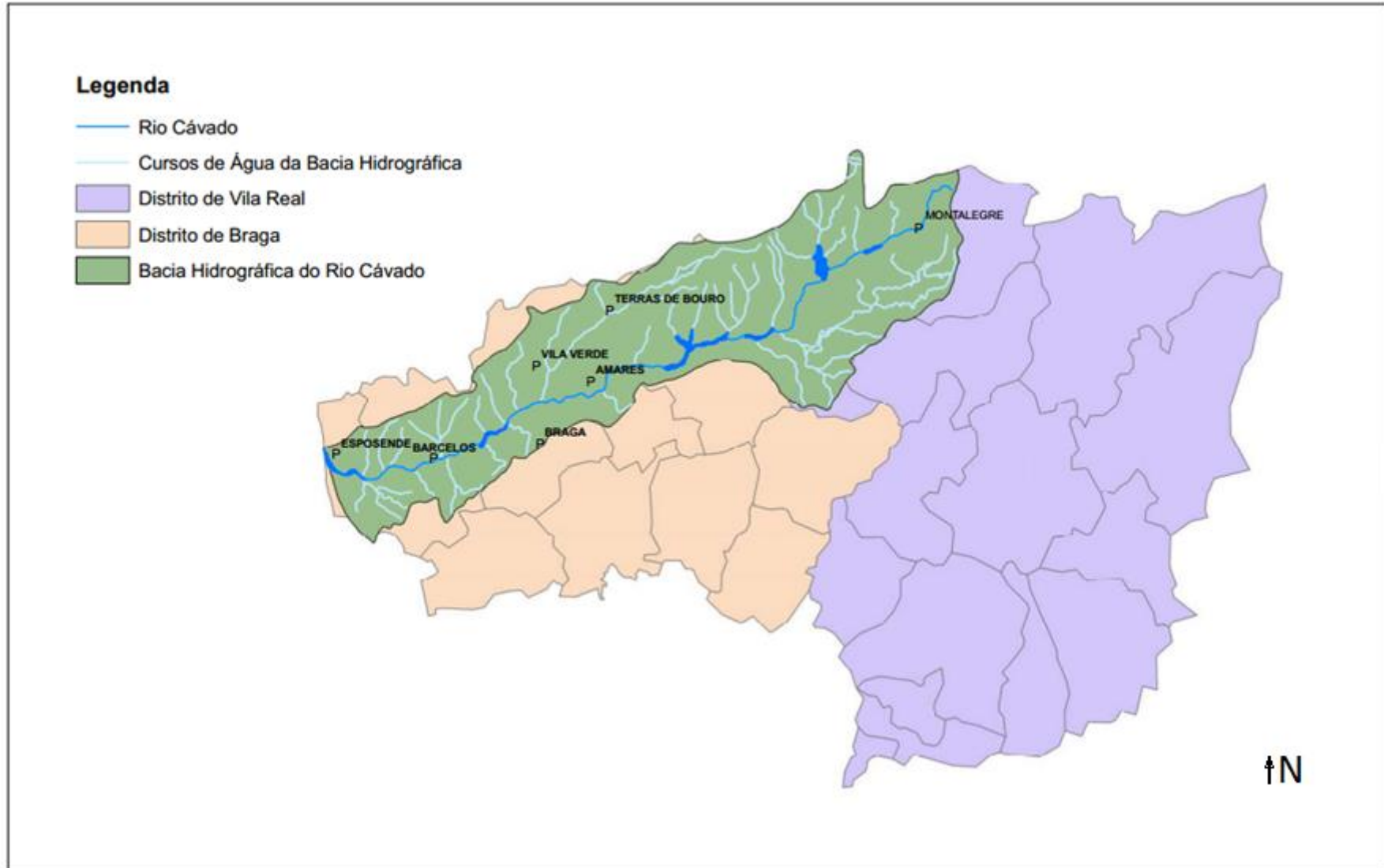


Figura 4: Delimitação da Bacia Hidrográfica do rio Cávado (adaptado de: PBH do rio Cávado, 2000)

### 3.2 Hidrologia

O rio Cávado nasce na Serra do Larouco, no distrito de Vila Real, a uma altitude de cerca de 1520 metros e desagua no oceano atlântico, em Esposende, no distrito de Braga (Figura 1) após um percurso de 129 quilómetros. Percorre uma orientação este-oeste (PBH do rio Cávado, 2000).

Da sua rede hidrográfica há a destacar dois afluentes: na margem direita, o rio Homem, que nasce na Serra do Gerês, com um comprimento de 45 km e drena uma área de 256 km<sup>2</sup>, na margem esquerda, o rio Rabagão, que nasce entre as Serras de Barroso e Larouco, com um comprimento de 37 km e drena uma área de 248 km<sup>2</sup>.

Na Figura 5 está representada a bacia hidrográfica do rio Cávado e os seus afluentes principais.

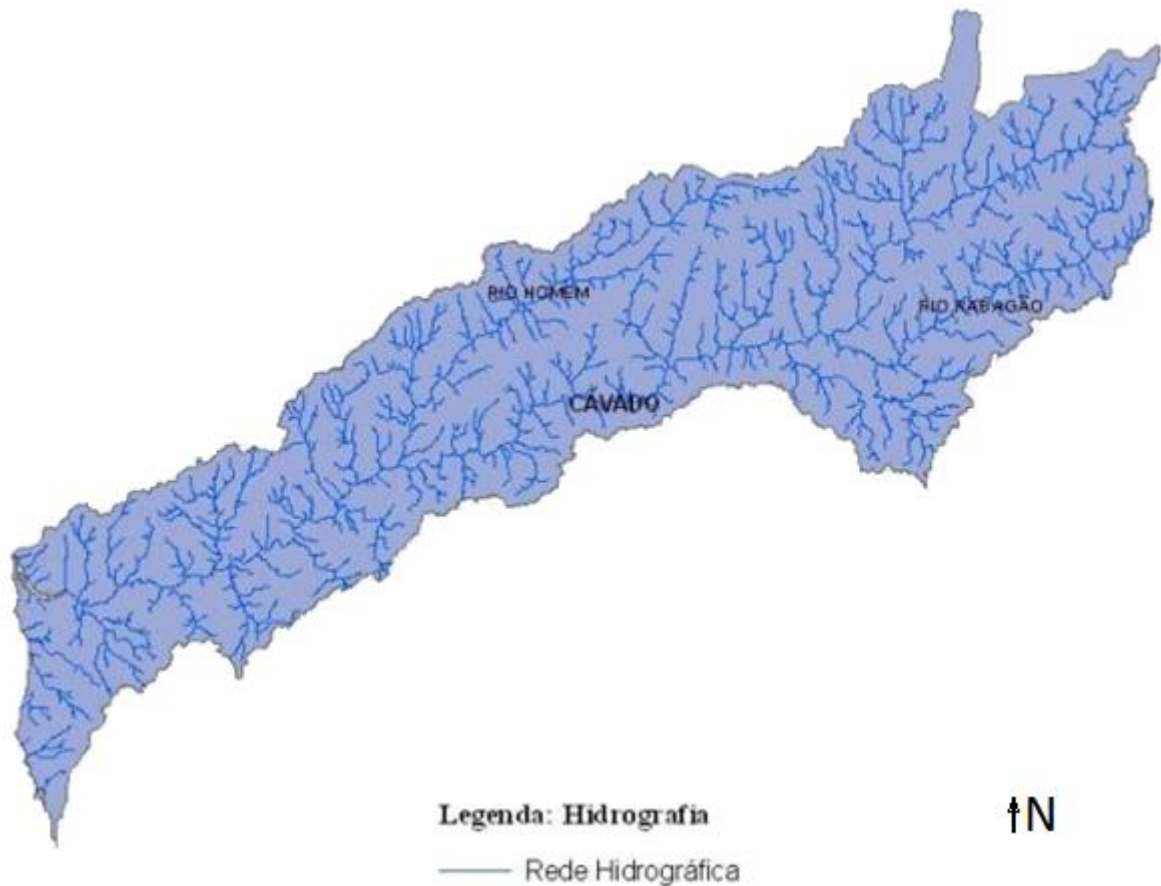


Figura 5: Bacia Hidrográfica do rio Cávado (adaptado de Atlas do Ambiente, 2013)

As disponibilidades hídricas na Bacia hidrográfica do rio Cávado, em regime natural, estão essencialmente dependentes da forma como a precipitação se distribui espacial e temporalmente.

Isto deve-se essencialmente ao facto de os aquíferos terem uma reduzida capacidade de armazenamento, o que implica uma resposta relativamente rápida do escoamento à ocorrência de precipitação e, praticamente, a não realização de regularização interanual subterrânea. Assim o ciclo hidrológico de precipitação reflecte-se directamente no escoamento.

A precipitação média anual da região abrangida pelo PBH do rio Cávado apresenta valores médias anuais de precipitação que variam entre 900 e 4200 mm. Observa-se uma tendência para a precipitação diminuir progressivamente de montante para jusante, registando-se valores inferiores a 1 500 mm anuais junto à costa da bacia (PBH do rio Cávado).

Estima-se uma precipitação média anual na bacia de 2 169 mm correspondente a 3 500 hm<sup>3</sup>. Desta quantidade 1 375 hm<sup>3</sup> perdem-se por evaporação e 1 755 hm<sup>3</sup> infiltram-se, recarregando os aquíferos, resultando, portanto, um escoamento superficial imediato de 370 hm<sup>3</sup>. Os 1 755 que se infiltram, surgem à superfície, perfazendo um escoamento superficial total de 2125 hm<sup>3</sup> (PBH do rio Cávado, 2000).

Estima-se que a bacia hidrográfica do rio Cávado apresente uma capacidade total de armazenamento de recursos hídricos na ordem dos 1180 hm<sup>3</sup>, em regime regularizado, valor que corresponde a quase 30% do total existente em Portugal.

A Figura 6 e 7 apresentam o escoamento médio anual ao longo da Bacia Hidrográfica do rio Cávado e os afluentes do rio Cávado respectivamente.

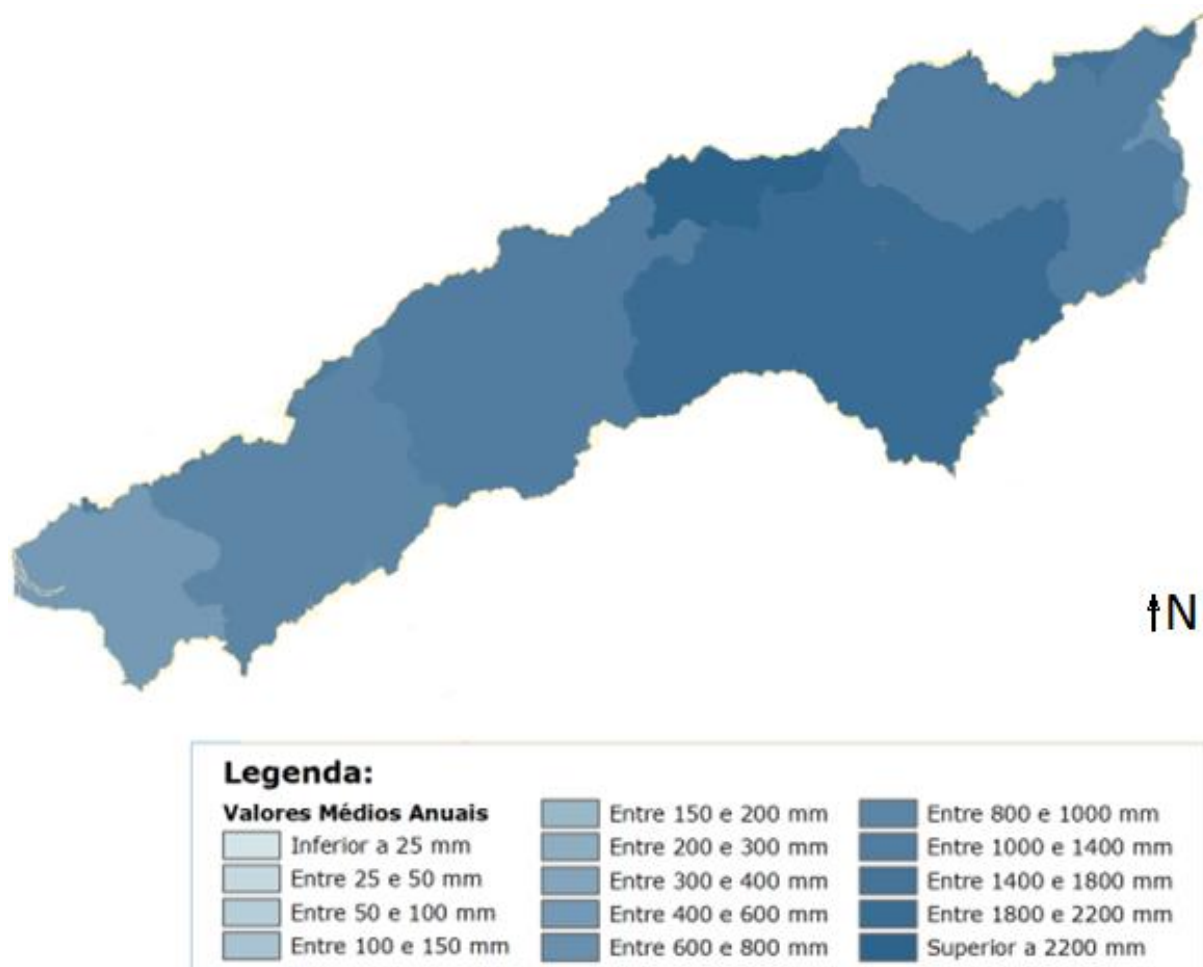


Figura 6: Escoamento Médio Anual da Bacia Hidrográfica do rio Cávado (adaptado de Atlas da Água, 2013)

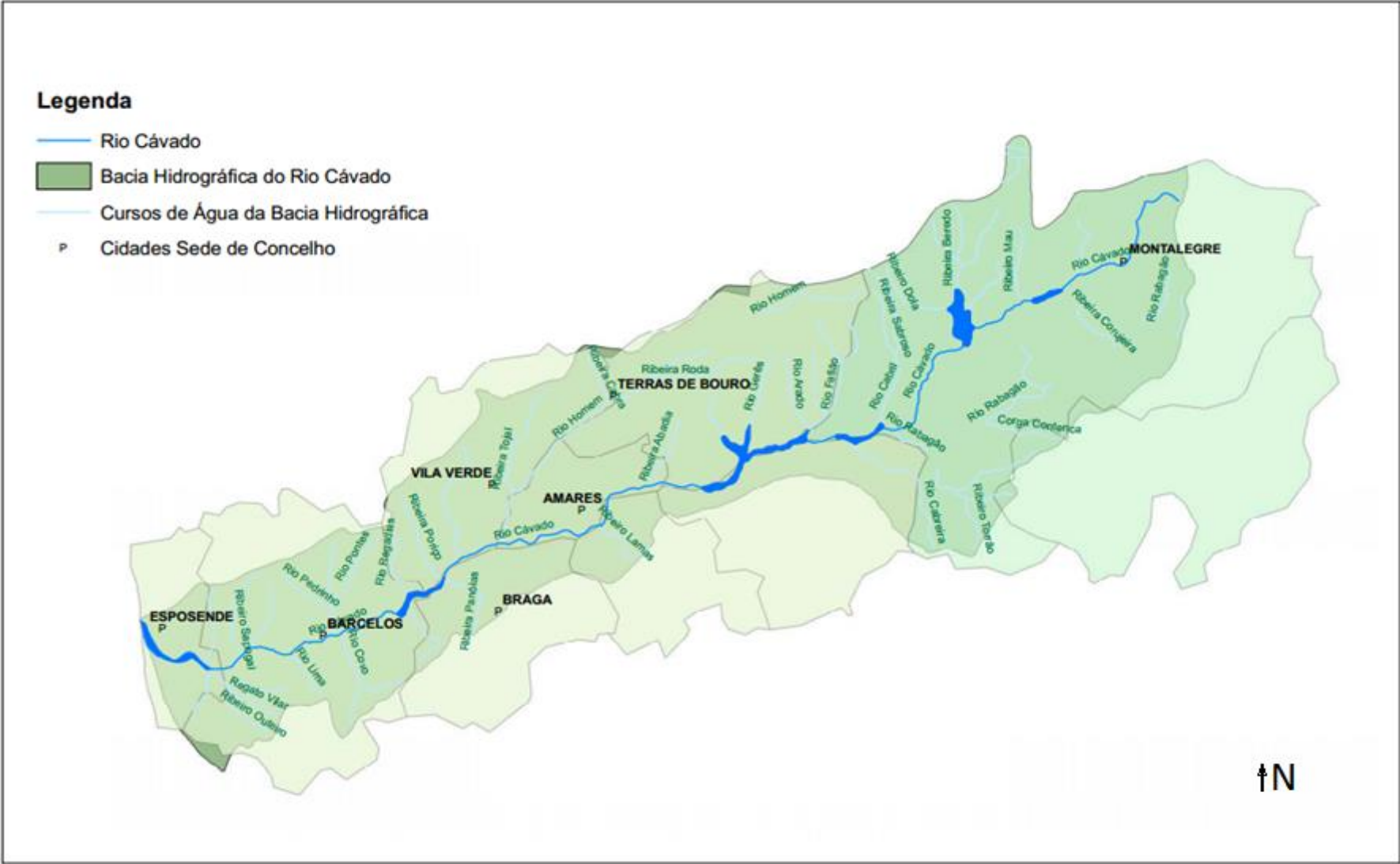


Figura 7: Afluentes do rio Cávado (adaptado de: PBH do rio Cávado, 2000)

### 3.3 Clima

A posição geográfica e a proximidade do Atlântico, bem como a forma e disposição dos principais conjuntos montanhosos do noroeste de Portugal, determinam o clima da região do plano da bacia hidrográfica do rio Cávado. Estes factores fazem com que a região seja a mais pluviosa de Portugal, onde, nos sectores montanhosos da bacia, ocorre precipitação anual superior a 3 500 mm, em média, repartida em cerca de 160 dias.

Segundo os critérios simples de classificação, o clima da área do plano da bacia varia entre fresco, húmido e muito chuvoso nos sectores de montante abrangidos pelas serras do Gerês, Larouco, Amarela e Barroso e temperado, húmido e chuvoso na faixa litoral.

Pela classificação climática de Thornthwaite, o clima da maior parte da área do plano da bacia hidrográfica é muito húmido, mesotérmico, com moderada falta de água no verão e com pequena eficiência térmica no verão; nos sectores de jusante e intermédios o clima é do tipo semelhante com pequena falta de água no ano. No limite sul da faixa litoral, o clima é do tipo sub-húmido, atendendo a que os quantitativos de precipitação são substancialmente inferiores aos verificados noutras regiões da área do PBH (PBH do rio Cávado, 2000).

Na Figura 8 estão representadas as temperaturas médias anuais na Bacia Hidrográfica do Rio Cávado.



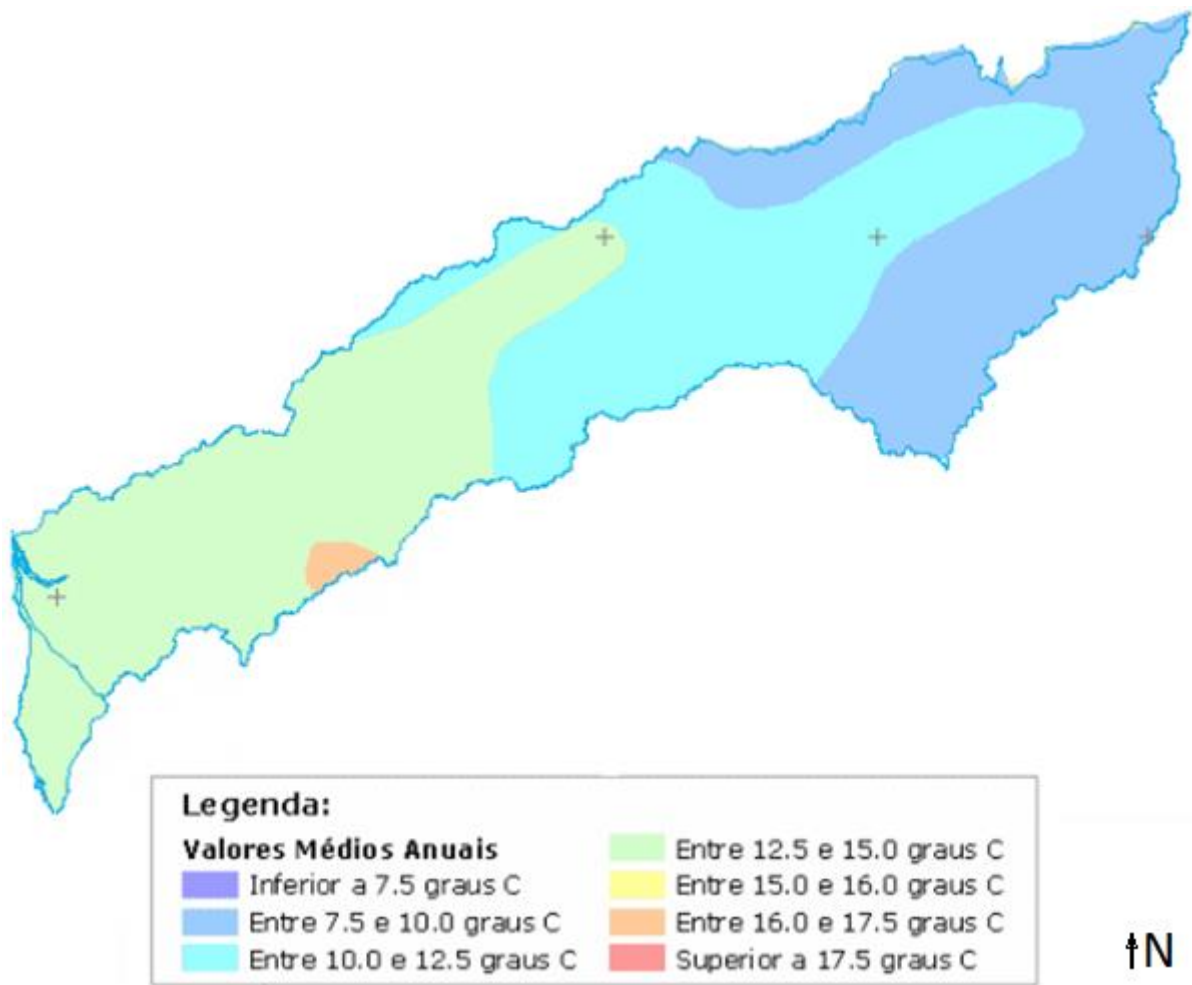


Figura 8: Temperaturas Médios Anuais na Bacia Hidrográfica do Rio Cávado (adaptado de: Atlas da Água, 2013)

### 3.4 Paisagem

O rio Cávado possui uma grande diversidade paisagística constituída pelo seu relevo, ocupação, uso do solo e diferente perfil transversal dos vales. A paisagem deste rio pode ser descrita genericamente por:

- Na zona de montanha, estreito, correndo entre linhas de alturas, num relevo ora muito acidentado, ora planáltico, onde a geologia granítica impõe cunho marcante, com casario mais concentrado, baixa densidade populacional, manchas extensas e bem definidas de ocupação do solo;

- Na parte intermédia, o rio apresenta leito mais largo, de curvas mais abertas, que ocorre num relevo de movimentado suave, que imbrica as elevações e baixas plantas, fortemente rural e humanizado, com grande dispersão e densidade populacional, manchas extensas e bem definidas de ocupação do solo;

- O último troço bastante mais curto e correspondente à aproximação do litoral, apresenta grande horizonte visual, relevo plano a ondulado suave, de leito francamente largo, extensos e numerosos meandros, de fortíssima densidade populacional e dispersão humana, onde a grande ruralidade acaba por misturar-se às faíscas do mar, adquirindo uma nova feição. (PBH do rio Cávado, 2000).

A qualidade paisagística da bacia hidrográfica do rio Cávado é de forma geral boa e muito boa, sendo a água o elemento dominante da paisagem. Existem também aspectos menos positivos ou áreas com qualidade paisagísticas reduzidas.

De um modo geral, a bacia está relativamente estruturada e preservada com áreas distintas de paisagens muito bonita onde contribui o Parque da Peneda do Gerês, a ruralidade e áreas naturais de difícil acesso e fixação humana.

A Figura 9 e 10 apresentam a paisagem do Rio Homem perto da nascente e a albufeira da Caniçada respectivamente.



Figura 9: Rio Homem perto da nascente (adaptado de: skyscrapercity)



Figura 10: Albufeira da Caniçada (adaptado de: skyscrapercity)

### **3.5 Recursos Biológicos. Conservação da natureza**

Os cursos de água da bacia hidrográfica do Cávado apresentam degradação ecológica moderada. Porém, nos rios Homem e Cávado, é possível encontrar zonas de alto valor ecológico.

Nas áreas naturais do estuário do rio Cávado, o estado de conservação é relativamente satisfatório. Na margem sul, estão as zonas menos degradadas, enquanto em toda a parte norte se encontram paredões de contenção de águas, zonas portuárias e infra-estruturas rodoviárias. A jusante do estuário, na margem norte, encontra-se uma extensa faixa de areal utilizada como zona de praia.

Relativamente à fauna e à flora do estuário, destaca-se a avifauna, muito rica, onde sobressaem algumas espécies como as limícolas, as garças e os passeriformes.

Regista-se, ainda, a ocorrência de uma população indeterminada de lontra (*Lutra lutra*) classificada na Directoria “Habitats”.

Sobre os valores ecológicos estuarinos actuam várias pressões devido a: tráfego de embarcações e matérias potencialmente poluentes, rejeição de efluentes urbanos e industriais (de montante) com a consequente degradação da qualidade de água e acumulação de sedimentos, ocupação das margens com habitações e outras construções, circulação humana acentuada na época de veraneio e abundância de embarcações de recreio.

A flora associada ao Vale do Cávado apresenta uma grande diversidade de espécies, principalmente nas comunidades marginais e aquáticas. A biodiversidade vegetal, a organização e estrutura das comunidades ripárias analisadas constituem um geosistema muito sensível e facilmente alterável.

Relativamente às áreas classificadas e protegidas que constam na listagem dos sítios, a Rede Natura 2000 e Áreas Protegidas, pode-se referir o Parque Nacional da Peneda- Gerês, Serra do Gerês (ZPE – Zona de Protecção Especial) importante a nível geológico, geomorfológico e para as espécies migratórias e o Litoral Norte que se encontra na faixa litoral, abrangendo um considerável sistema dunar e uma grande riqueza florística e faunística. (PBH rio Cávado, 2000).

### 3.6 Caracterização socioeconómica

O conhecimento do tipo de actividades humanas praticadas na área circunscrita pela Bacia Hidrográfica do Rio Cávado e a evolução do crescimento das mesmas é importante porque estas regulam a utilização da área terrestre e os potenciais poluentes produzidos.

As actividades humanas praticadas ao longo da bacia do rio Cávado integram indústria, agricultura, pecuária, actividades de recreio e a aquicultura.

Segundo os dados do Instituto Nacional da Estatística (INE), a população residente no vale do Cávado em 2012 era de 410 090 habitantes. Entre 2001 e 2012 registou-se um aumento de 14 418 habitantes, o que corresponde a uma percentagem de 3.515 % (Figura 8).



Figura 11: População Residente na Região do Cávado de 2001 e 2012 (adaptado de: INE, 2013)

### 3.6 Ocupação do solo

Com a análise relativamente à ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Cávado, pretende-se caracterizar os diferentes usos do solo nos diferentes concelhos que fazem parte da mesma.

Os espaços, a montante do rio cavado, representam território composto essencialmente por espaços agrícolas com núcleos urbanos de pequena dimensão e manchas florestais inseridas em espaços agrícolas.



Os espaços agrícolas têm maior incidência nos concelhos de Amares e Póvoa de Lanhoso, diminuindo à medida que se caminha para jusante da captação de areias de vilar. A área classificada como Rede agrícola nacional (RAN) tem maior incidência em Braga, Vila Verde e Amares. A Rede Ecológica Nacional (REN) tem maior incidência nos concelhos de Terras de Bouro e Vila Verde.

Os espaços urbanos apresentam grande incidência em Barcelos e, sobretudo, em Braga com significativa presença dos espaços urbanos nas margens do rio.

Os espaços industriais são pouco significativos, distribuindo-se na maioria em Braga e em Barcelos. A maioria dos espaços industriais localiza-se na vizinhança dos espaços urbanos.

As zonas florestais predominam-se nas Terras de Bouro, Amares, Vieira do Minho, Póvoa de Lanhoso e, sobretudo, Montalegre (Figura 12).

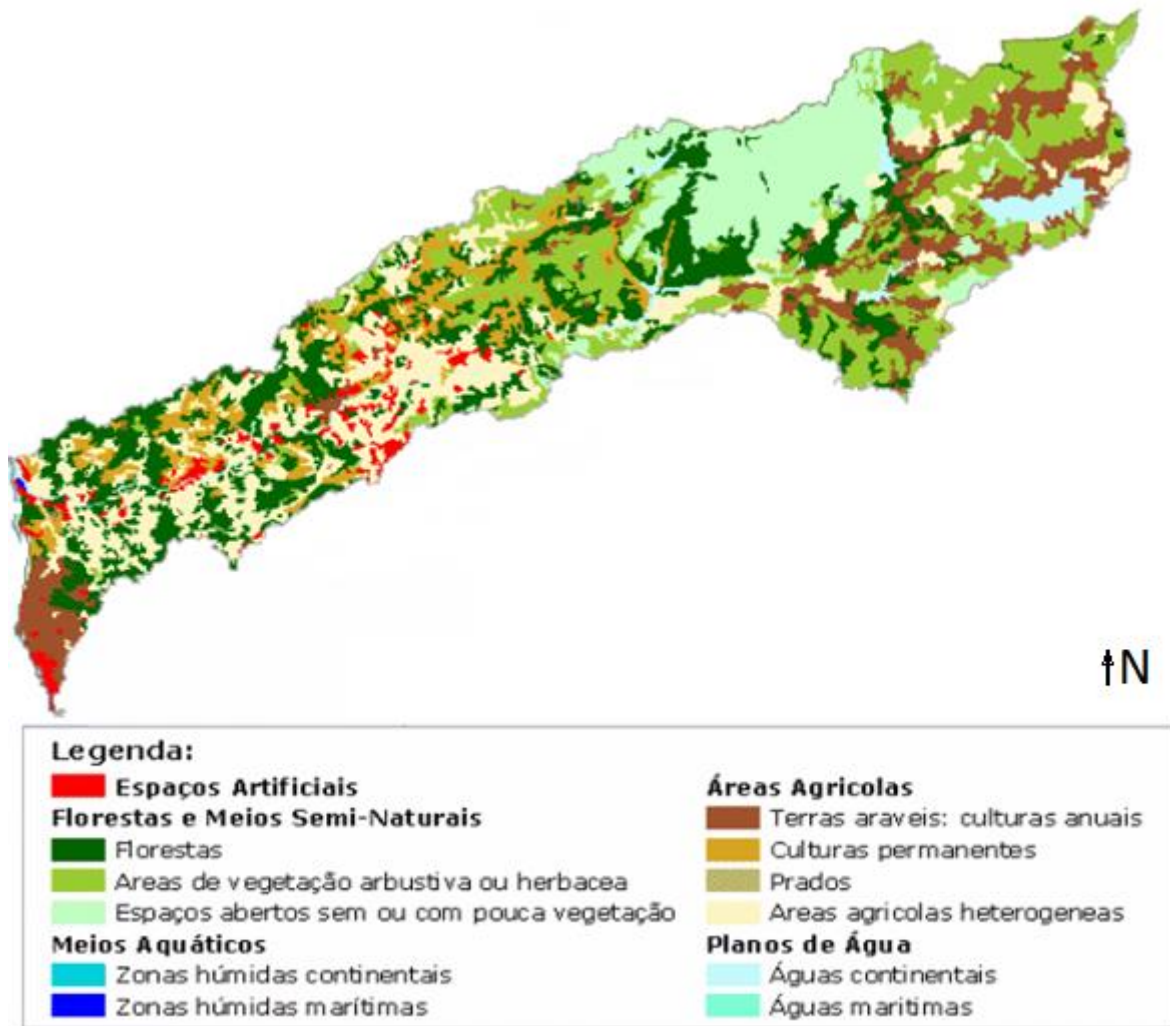


Figura 12: Uso do solo na área da Bacia Hidrográfica do rio Cávado (adaptado de: Atlas da Água, 2013)

### 3.7 Captação de água

Na bacia hidrográfica do rio Cávado existem três captações de águas superficiais destinadas à produção de água para consumo humana. São elas: a captação de água para a ETA de: Areias de Vilar, Ponte do Bico e Videeiro. Para este trabalho interessa saber todas as actividades que podem pôr em risco a qualidade de água do rio até à captação de Areias de Vilar. A figura seguinte mostra a localização da captação de Areias de Vilar.

Na Figura 13 estão representadas as localizações das captações superficiais da bacia hidrográfica do rio Cávado em que o círculo a vermelho corresponde a captação de Areias de Vilar.

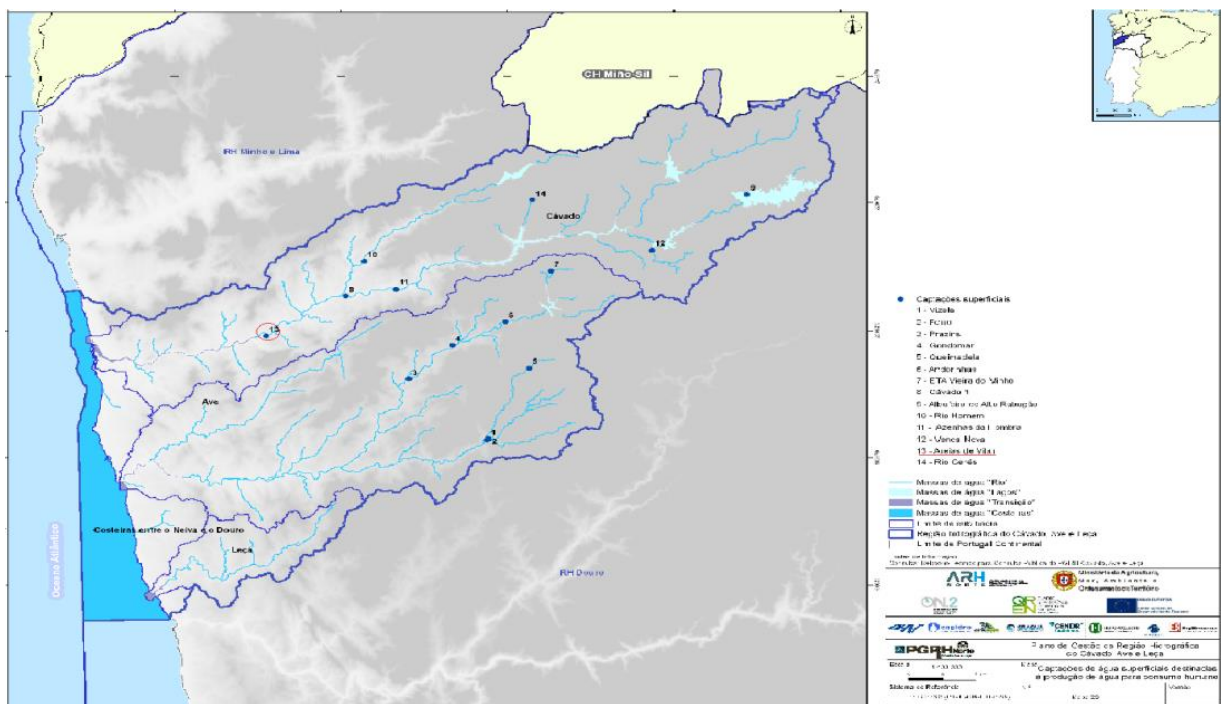


Figura 13: Captações de água na Bacia do Rio Cávado (adaptado de: PGRH, 2012)

### 3.8 População servida pela captação de areias de vilar

O subsistema de abastecimento de água de areias de vilar integra o sistema multimunicipal de abastecimento e saneamento do Noroeste e abrange os municípios de Barcelos, Esposende, Maia (Norte), Pova de Varzim, Santo Tirso, Trofa, Vila do Conde e Vila Nova de Famalicão, sendo dimensionado para fornecer cerca de 60 milhões de m<sup>3</sup>/ano de água potável, a uma população residente estimada superior a 600 mil habitantes (ADP, 2012).

Na Figura 14 está representada a ETA de Areias de Vilar.



Figura 14: ETA de Areias de Vilar (adaptado de: ADP, 2012)

### 3.9 Usos e necessidades da água

Para a avaliação dos usos e necessidades da água da bacia hidrográfica do rio Cávado, considera-se todas as tipologias de uso, agrupando-as em usos consumptivos e não consumptivos.

#### 3.9.1 Usos consumptíveis:

- **Usos urbanos** - correspondem ao consumo da população residente, população flutuante e das actividades económicas e públicas inseridas na malha urbana;
- **Indústria** – necessidades satisfeitas a partir de captações próprias e satisfeitas a partir dos sistemas de abastecimento público;
- **Agricultura** – necessidade da água para regas das culturas, em ano médio e seco;
- **Pecuária** – considerando os efectivos das seguintes espécies animais: bovinos, suínos, ovinos, caprinos, equídeos e aves;
- **Golfe** – consumo de água de rega de campo de golfe e respectivas áreas adjacentes.



Tabela 8: Necessidade hídrica para usos consumptíveis (adaptado de: PGRH, 2012)

Necessidade Hídrica para usos não consumptíveis (hm <sup>3</sup> /ano)							Necessidades hídricas por unidade de área (hm <sup>3</sup> /ano.km <sup>2</sup> )
	Urbano	Indústria	Agricultura	Pecuária	Golfe	Total	
Bacia do Cávado	14,8	5,24	103,84	0,63	0,05	124,54	0,078

Como corolário dos valores descritos no quadro anterior, verifica-se um predomínio da agricultura nas necessidades hídricas, seguindo o sector urbano que atinge também um peso importante, apresentando os restantes usos pesos pouco significativos para as necessidades hídricas.

### 3.9.2 Usos não consumptíveis:

- **Usos recreativos**

Na bacia hidrográfica do rio Cávado existem 8 albufeiras (Alto Cávado, Alto Rabagão, Caniçada, Paradela, Penide, Ruães, Salamonde, Venda Nova e Vilarinho das Furnas) de águas públicas reclassificadas pela Portaria nº 522/2009, de 15 de Maio. A região hidrográfica do Cávado é rica em locais ribeirinhos, situados junto a albufeiras utilizadas como praias fluviais e áreas vocacionadas para recreio e lazer. A Figura 15 mostra a localização das áreas de recreio, lazer e águas balneares (PGRH, 2012).

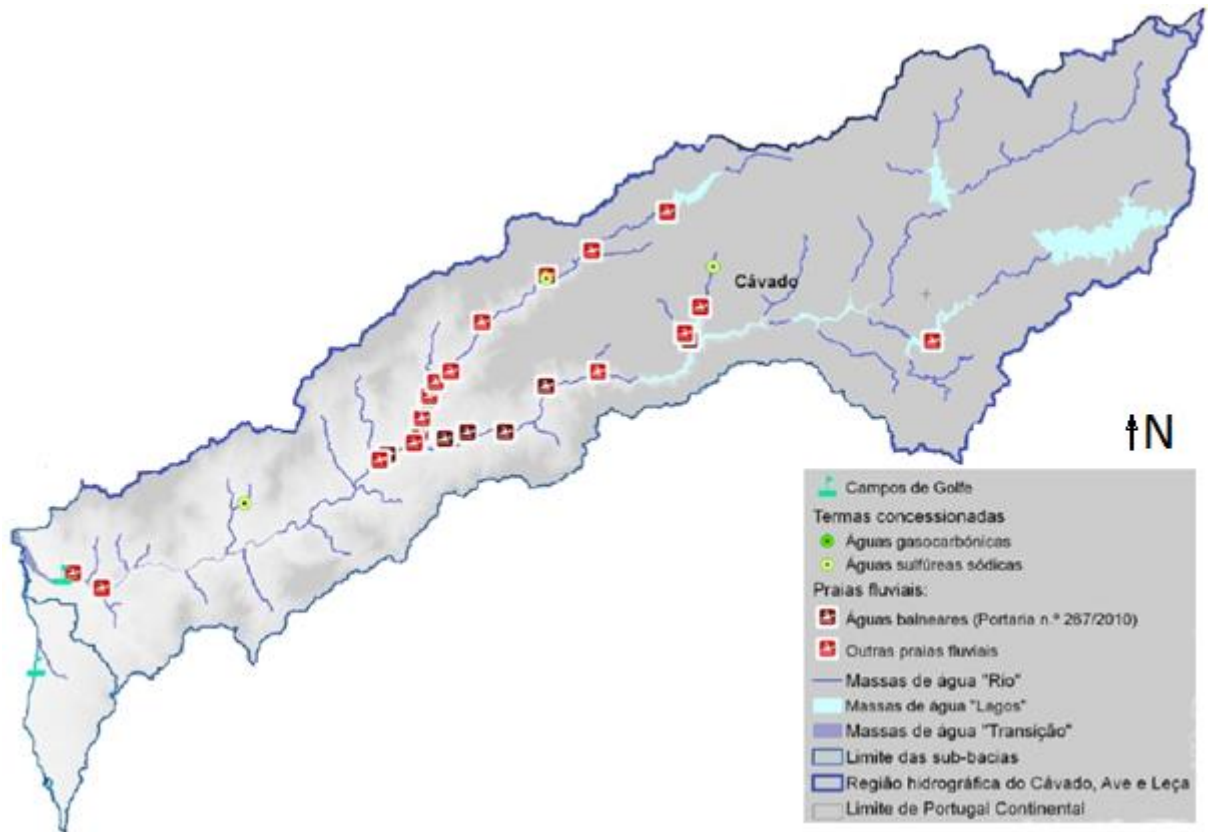


Figura 15: Usos recreativos (adaptado de: PGRH do norte, 2012)

- **Produção de energia**

Na bacia hidrográfica do rio Cávado existem seis aproveitamentos hidroeléctricos de grande importância (Paradela, Salamonde e Caniçada no rio Cávado; Alto Rabagão e Venda Nova no rio Rabagão; e Vilarinho das Furnas, no rio Homem) com potência superior a 10 MW sendo o total da potência instalada de 633 MW. Esses aproveitamentos integram-se no centro de produção Cavado-Lima e destinam-se ao aproveitamento do potencial hidroenergético do rio Cávado (PGRH, 2012).

- **Aquicultura e pesca**

Na bacia hidrográfica do rio Cávado, existem três unidades de produção de salmonídeos<sup>1</sup> em actividade. Existem oito concessões de pesca desportiva e um pesqueiro profissional em águas interiores na bacia do Cávado (PGRH, 2012).

<sup>1</sup> Família de peixes teleósteos a que pertencem as trutas e o salmão e cujo género-tipo se denomina Salmo

## **Capítulo 4: Identificação de perigos e eventos perigosos**

### **4 Introdução**

A área da bacia hidrográfica do rio Cávado é condicionada pela existência de diversas actividades e factores críticos que, em determinadas circunstâncias específicas, podem dar origem a acidentes com consequências graves para o meio hídrico. Desta forma, considerando os possíveis perigos e impactos, a determinação dos perigos de poluição baseou-se na análise de actividades potencialmente geradoras de poluição como a Indústria, a Exploração agro-pecuária, a Exploração agro-industrial, a Exploração agrícola, Estações de tratamento de águas residuais (ETAR) entre outras actividades.

#### **4.1 Área de estudo**

Todas as informações dos perigos/eventos perigosos identificados referem-se à área da bacia hidrográfica do rio Cávado até à captação de Areias de Vilar, compreendendo uma extensão de terreno desde Montalegre até Barcelos (captação de Areias de Vilar) numa distância de 5km do leito do rio.

#### **4.2 Identificação de perigos e eventos perigosos**

A determinação dos prováveis perigos e eventos perigosos na fonte de água, seguindo o *standard* estabelecido pela OMS deverá seguir as seguintes etapas:

- Identificar os potenciais perigos, biológicos, físicos e químicos associados a cada processo do sistema de abastecimento que podem afectar a qualidade da água;
- Identificar os perigos e eventos perigosos que podem originar contaminação, comprometimento ou a interrupção do abastecimento;
- Avaliar os riscos identificados no diagrama de fluxo.

### 4.3 Eventos perigosos

O processo de identificação dos eventos perigosos constitui uma fase fundamental para a avaliação dos perigos e a escolha do tipo de tratamento de água. Neste estudo, levou-se em consideração apenas os eventos perigosos na fonte de água.

Os eventos perigosos identificados foram:

- **Indústria**

As actividades indústrias representam perigos a nível químico e contaminação microbial. Os efeitos na fonte de captações podem ser significativos.

As águas residuais industriais, apresentam variação na sua composição e no seu escoamento, fruto dos processos de produção. Os efluentes industriais são caracterizados por possuírem ou não coloração, matérias orgânicas ou inorgânica, temperatura baixa ou elevada etc.

Um dos efeitos dos efluentes industriais está associado a temperatura dos mesmos. Efluentes libertados que possuam uma elevada temperatura podem causar a aceleração do metabolismo das células, fazendo com que aumente a necessidade de oxigénio e, conseqüentemente, a desoxigenação da massa aquática, comprometendo, assim, a capacidade de autodepuração das fontes correntes.

As informações contidas na Tabela 9, 12 e 13, foram fornecidas pela Comunidade Intermunicipal do Vale do Cávado (CIM Cávado) e dizem respeito às actividades industriais, agro-pecuária e agro-industriais existentes na bacia do rio Cávado até a captação de Areias de Vilar, numa distância de cinco quilómetros do leito do rio.

Na Tabela 9 estão representadas as instalações industriais existentes na bacia hidrográfica do rio Cávado. Foram identificadas oito indústrias transformadoras, com diferentes tipos de actividades o que implica uma variedade de possíveis poluentes. Das indústrias identificadas apenas uma possui ETAR própria, Moda21-Tinturaria e acabamentos têxteis S.A, onde, segundo as informações conseguidas através do contacto a mesma indústria, o tratamento é realizado na instalação industrial e a descarga feita pela mesma indústria ao rio cumpre com os requisitos segundo as normas e é fiscalizada pela entidade responsável com testes de laboratório feitos à água para verificar se os parâmetros de qualidade da água tratada cumprem os requisitos de descargas. Informações relativamente à

localização, tipo/sector de actividade, categoria e características encontram-se descritas na Tabela 9.

Tabela 9: Exemplos de actividades industriais no Rio Cávado

	Designação	Margem	Rio	Freguesia	Propriedade	Tipo/sector de actividade	Categoria	Designação/características	Obs
<b>Braga</b>	Alexandre Barbosa Borges-Metalomecânica	Esquerda	Cávado	Frossos	Privado	Fabricação de Estruturas de Construções Metálicas	Industria transformadora	Fabricação e Montagem de Estruturas Metálicas, Fabricação e Montagem de Portas e Janelas e Elementos Similares em Metal, Construção e Engenharia Civil, Construções Metálicas, Engenharia, Projectos, Soluções Industriais e Trabalho de Serralharia Civil em Ferro e Alumínio e Outros Materiais; Rua Loteamento do Feital, Frossos	<a href="http://www.linkb2b.pt/empresas/alexandre-barbosa-borges-508574862.php">http://www.linkb2b.pt/empresas/alexandre-barbosa-borges-508574862.php</a>
	Companhia de Cartões do Cávado S.A	Esquerda	Cávado	Mire de Tibães	Companhia de Cartões do Cávado S.A	Fabricação de Papel e de Cartão (Excepto Canelado)	Industria transformadora	Mire de Tibães	<a href="http://www.linkb2b.pt/empresas/companhia-cartoes-cavado-500068542.php">http://www.linkb2b.pt/empresas/companhia-cartoes-cavado-500068542.php</a>
	Desicolor. Motivos Decorativos Têxteis, S.A	Esquerda	Cávado	Padim de Graça		Têxteis - acabamentos Impressão - estampagem de têxteis		Desicolor - Motivos Decorativos Têxteis, S.A. Parque Industrial Padim Da Graça, Braga PORTUGAL	<a href="http://www.europage.s.pt/DESICOLOR-MOTIVOS-DECORATIVOS-TEXTEIS-SA/bch-EUR-PRT020790-00101-25/informacoes-sobre-a-empresa.html">http://www.europage.s.pt/DESICOLOR-MOTIVOS-DECORATIVOS-TEXTEIS-SA/bch-EUR-PRT020790-00101-25/informacoes-sobre-a-empresa.html</a>

Tabela 9: Exemplos de actividades industriais no Rio Cávado (continuação)

	Designação	Margem	Rio	Freguesia	Propriedade	Tipo/sector de actividade	Categoria	Designação/características	Obs
<b>Braga</b>	Juviana, Serrações de Madeiras, Lda.	Esquerda	Cávado	Passos (São Julião)	Juviana, Serrações de Madeiras, Lda.	Serração de Madeira	Industria transformadora	Belido - Passos 4700-770 Passos (São Julião)	<a href="http://www.linkb2b.pt/empresas/juviana-serracoes-madeiras-501574700.php">http://www.linkb2b.pt/empresas/juviana-serracoes-madeiras-501574700.php</a>
	Metalúrgica Augusto Ferreira, Lda.	Esquerda	Cávado	Adaúfe	Metalúrgica Augusto Ferreira Lda.	Fabricação de Outras Torneiras e Válvulas	Industria transformadora	Fabricação de Torneiras e Válvulas, Artigos de Metal Estampado, de Sanitários de Metal, de Ferro Esmaltado e de Chumbo para Canalizações	<a href="http://www.linkb2b.pt/empresas/metalurgia-augusto-ferreira-502297298.php">http://www.linkb2b.pt/empresas/metalurgia-augusto-ferreira-502297298.php</a>
	Britalar-Industria-Palmeira	Esquerda	Cávado	Palmeira			Construção	Localiza-se junto à ETAR de Crespos	
	Industria_UnifixAlves & Irmãos, Lda.- UNIFX	Esquerda	Cávado	Palmeira	Privado	Fabricação de Produtos de Betão para a Construção	Industria transformadora	Fábrica de pré-esforçados/Avenida da Liberdade, BRAGA	<a href="http://www.linkb2b.pt/empresas/alves-irmao-500018405.php">http://www.linkb2b.pt/empresas/alves-irmao-500018405.php</a>
	Moda21-Tinturaria e Acabamentos Têxteis S.A	Esquerda	Cávado	Mire de Tibães	Privado	Branqueamento e Tingimento	Industria transformadora	Com ETAR	<a href="http://www.linkb2b.pt/empresas/moda-21-tinturaria-504304640.php">http://www.linkb2b.pt/empresas/moda-21-tinturaria-504304640.php</a>

As informações fornecidas não incluem a localização dos pontos de descargas de efluentes pelas indústrias, referindo-se apenas a localizações das instalações industriais.

- **Agricultura**

Como já foi referido no **capítulo 3**, as margens do rio Cávado são ocupadas por uma parte de área de espaços agrícolas. São cultivados milho, cereais, morangos, batatas, lameiros, centeio, prados, uvas, etc.

As actividades agrícolas estão em constante processo de inovação com o objectivo de aumentar a produção. E, neste sentido, o uso de fertilizantes e de produtos fitofármacos com uma grande eficiência nos efeitos é quase imperativo.

Os principais poluentes da actividade agrícola são provenientes dos produtos fitofármacos e dos fertilizantes. Os compostos químicos utilizados no controlo das pragas, produtos fitofármacos são, por vezes, extremamente tóxicos para o ambiente. Os principais poluentes provenientes dos fertilizantes são o azoto e o fósforo, que podem levar ao processo da eutrofização (MADRP, 1997).

A utilização desregrada dos fertilizantes e produtos fitofarmacêuticos poderão ser fontes de poluição com a contaminação das águas superficiais ou subterrâneas com substâncias poluentes contidas nas mesmas que se distribuem e incorporam no solo. Parte desses produtos é arrastada pela água da chuva e de irrigação para os rios lagos e albufeiras, provocando graves perturbações ou mesmo a morte dos seres vivos pela ingestão de água contaminada (MADRP, 1997).

- **Produtos fitofarmacêuticos**

No mercado existe uma vasta gama de produtos fitofarmacêuticos com as mesmas características ou semelhantes nas suas composições, cujos nomes variam de acordo com as marcas. No quadro abaixo estão indicadas alguns dos nomes dos produtos fitofármacos utilizados pelos agricultores da bacia hidrográfica do rio Cávado, as substâncias activas, família a que pertencem e, o mais importante, a relação desses produtos com o ambiente.



Tabela 10: Produtos fitofarmacêuticos aplicados na Bacia Hidrográfica do rio Cávado

<b>Nomes de produtos fitofarmacêuticos</b>	<b>Substancias activas</b>	<b>Família</b>	<b>Classificação toxicológica</b>
AFALON	Linurão	Herbicida	Muito toxico para organismos aquáticos, podendo causar efeitos nefastos a longo prazo no ambiente aquático
ANTRACOL	Propinebe	Fungicida	Nocivo, perigoso para o ambiente
DECIS	Deltametrina	Insecticida	Nocivo, perigoso para o ambiente
BLAURAME	Oxicloreto de cobre	Fungicida	Nocivo
CONFIDOR CLASSIC, O- TEC	Imidaclopride	Insecticida	Nocivo, perigoso para o ambiente
CORSARIO	Imidaclopride	Insecticida	Perigoso para o ambiente
ARTIST	Flufemacete+metribuzena	Herbicida	Nocivo, perigoso para o ambiente
BUCTRIL	Bromoximil (octanoato)	Herbicida	Nocivo, perigoso para o ambiente
GARLON	Triclopir (éster butoxetílicos)	Herbicida	Não é residual e não se acumula no solo
LAUDIS	Isoxadifene-etilo + tembotriona	Herbicida	Nocivo
MILRAZ COBRE	Cimoxamil + oxicloreto de cobre + propimebe	Fungicida	Nocivo, perigoso para o ambiente
OPTION	Foramsulfurao-isoxadifene-etilo	Herbicida	Irritante
PRIMEXTRA GOLD TZ	S-metolacloro + terbutilazina	Herbicida	Irritante, perigoso para o ambiente
RIDOMIL GOLD COMBI PEPITE, MZ	Maconzebe + metalaxil M	Fungicida	Nocivo, perigoso para o ambiente
TERBUTILAZINA SAPEC	terbutilazina	Herbicida	Nocivo, perigoso para o ambiente

Em análise da Tabela 10, verifica-se um elevado nível de uso de herbicida, entre os quais alguns são considerados perigosos para o ambiente. Também foram identificados insecticidas e fungicidas sendo o segundo o menos detectado durante o estudo realizado.

Os produtos fitofarmacêuticos podem atingir e afectar a qualidade da água. Por exemplo, durante as ocorrências de precipitação significativa (> 10mm), esses produtos

podem ser transferidos para a fonte de captação através do processo de lixiviação<sup>2</sup> e representar um risco para a saúde humana e animal (ANIPLA/ECPA, 2007).

- **Fertilizantes**

Para além dos produtos fitofarmacêuticos também os fertilizantes são utilizados na agricultura com o objectivo de melhorar a fertilidade da terra e repor os nutrientes essenciais ao desenvolvimento das culturas.

O principal problema associado à utilização dos fertilizantes na agricultura é a nutrição azotada das culturas. O azoto pode encontrar-se sob diferentes formas químicas com diferentes comportamentos no solo.

Nos fertilizantes utilizados, o azoto pode encontrar-se sob três formas:

- Nítrica
- Amoniacal
- Orgânica

Em condições normais de temperatura e de humidade no solo, tanto o azoto amoniacal como o azoto orgânico tenderão a passar gradualmente à forma nítrica, através de transformações operadas por diversos microrganismos.

Os nitratos são sais extremamente solúveis e o ião nitrato não é susceptível de ser retido em quantidade apreciável, nem reage com outros constituintes para dar origem a compostos insolúveis ou de solubilidade mais ou menos reduzida. Daí a grande mobilidade de que é dotado e, por isso, as grandes perdas a que estão sujeitos, sendo facilmente arrastado para as camadas mais profundas do solo pelas águas de percolação. Os nitratos poderão ser, assim, perdidos para os cursos de água e para os lençóis freáticos, originando progressivamente a sua poluição.

Os azotos dos fertilizantes, na forma orgânica quando incorporadas no solo, ficam sujeitos a sucessivas transformações (amonificação e nitrificação) executadas por microrganismos. Essas transformações resultam da conversão do azoto orgânico em azoto nítrico após passar por azoto amoniacal.

O azoto faz parte do constituinte de quase todos os fertilizantes existentes, em pequenas ou grandes percentagens.

---

<sup>2</sup> Movimento através do solo ou arrastamento superficial

A descarga, directa ou indirecta, de compostos azotados em especial os nitratos provenientes, sobretudo de materiais fertilizantes, (estrumes, adubos contendo azoto, etc.) distribuído e incorporado no solo, prejudica os recursos hídricos e o ecossistema aquático, danificando a área de recreio, interferindo noutras utilizações da água (MADR, 1999).

As perdas de azoto nas águas de escoamento e de percolação ocorrem, sobretudo, sob a forma de nitratos e constituem o principal agente de poluição difusa do meio aquático originada pelas actividades agrícolas.

A contaminação das águas com nitratos, quando ultrapassa certos limites, pode ter consequências nefastas para o ambiente e para a própria saúde humana.

Na Tabela 11 estão representados alguns fertilizantes utilizados pelos agricultores da bacia hidrográfica do rio Cávado:

Tabela 11: Fertilizantes agrícolas aplicadas na Bacia Hidrográfica do rio Cávado

Fertilizantes	Composição	Característica	Acção/Risco para Água
Nitrolusal	Mistura homogénea e estável de nitrato de amónia e carbonato de cálcio, doseando 20,5% de azoto (N)	Metade azoto nítrico e metade amoniacal. Adubo rico em cálcio  Solúvel em água	Simultaneamente rápida e duradoura. Risco moderado de lixiviação
Folivex crescimento	Azoto (145g/l), Fósforo, Potássio, Boro, Ferro, Manganês, Cobre, Zinco	pH: 6,0 (solução de 1% em água)	
Biofert	Matéria orgânica, Extracto húmido, Ácidos húmidos, Ácidos fúlvicos, Aminoácidos, Azoto, Azoto orgânico, Fósforo, Potássio, Magnésio, Cálcio, Ferro, Manganês, Zinco, Boro	Destaca-se pelo seu alto conteúdo em Matéria Orgânica, grande riqueza em Extracto Húmido e Aminoácidos Fertilizante orgânico	Dissolve-se rapidamente com o orvalho ou através de uma rega ligeira devido ao seu baixo teor de humidade
Nitromagnésio	Mistura estável de nitrato de amónia e carbonato de cálcio e magnésio, doseando no mínimo 20,5% de azoto	Metade de azoto nítrico e metade amoniacal Adubo rico em cálcio e magnésio	Simultaneamente rápida e duradoura Risco moderado de lixiviação

- **Agro-pecuária e agro-indústria**

As actividades agro-industriais e agro-pecuárias são consideradas um dos principais problemas ambientais em Portugal. Correspondem ao equivalente de efluentes domésticos de 16 milhões de pessoas. Geram poluição superior à produzida pelas restantes actividades económicas da região em que se inserem, diminuindo drasticamente a eficiência de qualquer projecto de despoluição e requalificação ambiental que não envolva esses factores.

O tratamento dos efluentes gerados pelas actividades agro-pecuárias e agro-industriais apresentam desafios de complexidade técnica e económica decorrente das elevadas cargas orgânicas e de nutrientes que os caracterizam (Público, 2007).

Associadas às actividades pecuárias identificam-se várias fontes de risco de poluição:

- A produção de dejectos pelos animais em sistemas de confinamento lançados directamente no ambiente ou aplicados na agricultura.
- Substâncias químicas componentes das rações (nomeadamente hormonas), sangue e pedaços de vísceras oriundas dos matadouros e detergentes utilizados na lavagem das pocilgas, estábulos e aviários, lançados nos efluentes sem qualquer tratamento, deteriorando as águas superficiais e subterrâneas, além do mau cheiro que contamina a atmosfera.

De acordo com os dados de levantamento da exploração agro-pecuária na bacia do rio Cávado a criação de gado como agente de poluição é mais preocupante no concelho de Vila Verde.

Das explorações agro-pecuárias recolhidas apenas há informações de uma com estação de tratamento de águas residuais, situada em Amares.

Na Tabela 12, estão representadas as explorações agro-pecuárias existentes na bacia hidrográfica do rio Cávado, numa distância de 5 km do rio, fornecida pela CIM Cávado.

Tabela 12: Actividades agro-pecuário na Bacia Hidrográfica do rio Cávado

Concelho	Designação	Margem	Freguesia	Propriedade	Tipo/sector de actividade	Categoria	Descrição/característica	Rio/afluente de afectação	Obs
Amares	Sapecal-Sociedade Agro-Pecuária do Cávado (Grupo carnes Primor)	Direita	Quinta da Ribeira/Carrazedo	Grupo Primor	Suicultura		Com ETAR/Lagunagem		<a href="http://codigopostal.ciberforma.pt/dir/500622051/sapecal-sociedade-agro-pecuaria-do-cavado-lda/">http://codigopostal.ciberforma.pt/dir/500622051/sapecal-sociedade-agro-pecuaria-do-cavado-lda/</a>
Vila Verde	Sociedade Agrícola Carreiras do Monte, LDA	Direita	Cabanelas	Privado	Agricultura, produção animal, caça e actividade dos serviços relacionados	Exploração pecuária e produção de leite/ criação de bovinos para produção de leite	Monte	Cávado/Ribeira de Poriço	<a href="http://www.infoempresas.com.pt/Empresa_AGRICOLA-CARREIRAS-MONTE.html">http://www.infoempresas.com.pt/Empresa_AGRICOLA-CARREIRAS-MONTE.html</a>
	Vacaria Lerdeia Soutelo	Direita	Soutelo	Privado	Agricultura, produção animal, caça e actividade dos serviços relacionados	Produção de carne	Localiza-se no lugar das lardeia, Soutelo, possui "fossas", por orto	Cávado	
	Agro-Gestal-Comercio de Produtos Agrícolas, LDA	Direita	Soutelo	Privado	Agricultura, produção animal, caça e actividade dos serviços relacionados	Criação de bovinos para produção de leite// produção agrícola em geral e grossista em produtos agrícolas	Lugar de Casal, Soutelo		<a href="http://www.infoempresas.com.pt/Empresa_AGRO-GESTAL-COMERCIO-PRODUTOS-AGRICOLAS.html">http://www.infoempresas.com.pt/Empresa_AGRO-GESTAL-COMERCIO-PRODUTOS-AGRICOLAS.html</a>  <a href="http://www.linkb2b.pt/empresas/agro-gestal-comercio-505573792.php">http://www.linkb2b.pt/empresas/agro-gestal-comercio-505573792.php</a>

Tabela 12: Actividades agro-pecuário na Bacia Hidrográfica do rio Cávado (continuação)

Concelho	Designação	Margem	Freguesia	Propriedade	Tipo/sector de actividade	Categoria	Descrição/característica	Rio/afluente de afectação	obs
Vila Verde	Nogueira, Maria Manuela da Cruz Santana	Direita	Parada de Gatim	Privado	Agricultura, produção animal, caça e actividade dos serviços relacionados	Criação de bovinos para produção de leite	Lugar de Poriço, Parada de Gatim	Cávado/ Ribeira de Casal de Mato	<a href="http://www.infoempresas.com.pt/Empresa_NOGUEIRA-MARIA-MANUELA-CRUZ-SANTANA.html">http://www.infoempresas.com.pt/Empresa_NOGUEIRA-MARIA-MANUELA-CRUZ-SANTANA.html</a>
	Joaquim Morreira de Azevedo	Direita	Escariz /Martinho	Privado	Agricultura, produção animal, caça e actividade dos serviços relacionados		Eirado / Escariz Martinho	Cávado/ Ribeira do Casal de Novo	<a href="http://www.infoempresas.com.pt/Empresa_JOAQUIM-MOREIRA-AZEVEDO.html">http://www.infoempresas.com.pt/Empresa_JOAQUIM-MOREIRA-AZEVEDO.html</a>

As actividades identificadas que podem ser fontes de poluição para a captação de água do rio Cávado foram:

- **Bovinicultura**

Na bacia do rio Cávado existem cinco empresas que se dedicam a bovinicultura com o objectivo de produzirem leite e carne todas localizadas em zonas próximas do rio. Derivadas das suas actividades, a água do rio pode ser poluída com efluentes constituídos por matéria orgânica, sólidos totais ( $\text{NH}_3$ ), coliformes, amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), azoto ( $\text{N}_{\text{Total}}$ ), fósforo total ( $\text{P}_{\text{Total}}$ ), cloretos e cor.

- **Suinicultura**

Na bacia do rio Cávado foi encontrada uma empresa que se dedica a essa actividade, esta empresa possui uma ETAR. Os efluentes resultantes da actividade da suinicultura dessa empresa podem contaminar a água do rio Cavado com azoto amoniacal ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ), fósforo ( $\text{P-PO}_4$ ) e microrganismos patogénicos, às águas subterrâneas com nitratos ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), se for utilizado de forma incorrecta na fertilização dos terrenos.

- **Avicultura**

Na bacia hidrográfica do rio Cávado existem seis explorações agro-industriais no perímetro em estudo até à captação de Areias de Vilar, sendo que apenas uma delas possui ETAR próprio.

Os efluentes produzidos pelas actividades destas empresas podem poluir o rio com características que são mais comuns nos resíduos avícolas como o  $\text{N}_{\text{total}}$ ,  $\text{P}_{\text{total}}$ , sólidos e elevado teor de CBO.

Na Tabela 13, pode observar-se que da actividade agro-industrial existem duas empresas que se dedicam à exploração avícola.

Tabela 13: Exemplos de actividades agro-industrial do rio Cávado

Concelho	Designação	Margem	Freguesia	Propriedade	Tipo/sector de actividade	Categoria	Descrição/características	Afluente de afectação	Licença	Contacto
Vila Verde	Quinta do Segueiro_Cabanelas	Direita	Cabanelas	Privado			Moradia com uma envolvente de campos agrícolas e vinhas, localizada perto da zona de laser de Cabanelas			
Amares	Cavagri-Cooperativa Agrícola do Alto Cávado	Direita	Lago	Privado	Comercio por grosso e a retalho	Comercio por grosso de leite, ovos e seus derivados	Cooperativa agrícola de comercio por grosso de leite seus derivados e ovos. Esta estrutura tem uma ETAR atrás do edifício na margem do rio Cávado.			<a href="http://www.linkb2b.pt/empresas/cavagri-cooperativa-agricola-504578065.php">http://www.linkb2b.pt/empresas/cavagri-cooperativa-agricola-504578065.php</a>
	Etufas_Barreiros	Direita	Barreiros	Privado						
	Empresa_Pintabar (1) Exploração Avícola	Direita	Prozelo	Privado	Produção de pintos, ovos		Industria_Pintosbar1_Prozelo_Amares			<a href="http://www.pintobar.com/index.php?n=empresa&amp;cod=4">http://www.pintobar.com/index.php?n=empresa&amp;cod=4</a>
	Empresa_Pintabar (2) Exploração Avícola	Direita	Ferreiros	Privado	Produção de pintos, ovos		Industria_Pintosbar2_Ferreiros_Amares			<a href="http://www.pintobar.com/index.php?n=empresa&amp;cod=4">http://www.pintobar.com/index.php?n=empresa&amp;cod=4</a>
Braga	A. R. NAVAIS, Lda	Esquerda	Adaúfe	Privado	Pratos pré-cozinhados/sector de actividade 10130 fabricação de produtos à base de carne		Inserido no parque industrial de Adaúfe, está licenciada, consta da base de dados enviada pela DRAPN Braga/Parque Industrial Adaúfe	Ribeira de Presa	Sim 60/D/98	Parque Industrial Adaúfe <a href="https://www.racius.com/a-r-novais-lda/">https://www.racius.com/a-r-novais-lda/</a>



- **Estações de tratamento de águas residuais**

As estações de tratamento de águas residuais também podem ser fontes de poluição, pontual, através de roturas, problemas de funcionamentos dos tanques fazendo com que a água descarregada para o rio não tenha o tratamento adequado.

Na bacia do rio Cávado existem 38 ETAR, sendo quatro domésticas, oito industriais, vinte e sete urbanas e duas mistas. Analisando o número de estações existentes, observa-se que a probabilidade de poluição por acidente é elevada.

#### **4.4 Outras fontes de poluição:**

##### **4.4.1 Actividades humanas**

A poluição do rio também pode ser causada por lixos sólidos domésticos deitados ao rio, nas margens, por exemplo, com actividades de recreio visto que, ao longo da bacia hidrográfica do rio Cavado, existem muitas praias fluviais.

##### **4.4.2 Incêndios florestais**

A região hidrográfica do Cavado é caracterizada por uma extensa área florestal. As florestas também podem ser fontes de poluição através da alteração na estrutura dos solos visto que o suporte fica danificado, levando a que mais facilmente ocorram contaminação dos mesmos e, conseqüentemente, do meio hídrico; risco de contaminação da qualidade da água através do arrastamento e lixiviação de cinzas.

Na Tabela 14 estão representados o resumo das acções, material, actividades, processo de contaminação, riscos químicos e biológicos e observações dos riscos/ eventos perigosos existentes na bacia hidrográfica do rio Cávado.

**Resumo de riscos/eventos perigosos na captação**

Tabela 14: Exemplos de eventos perigosos

Acções	Material	Actividades	Processo de contaminação	Riscos Químicos	Riscos Microbiológicos	Observação
Descargas directas de efluentes agro-pecuários e agro-industriais no meio hídrico	Efluente (chorume)	Produção de leite Suinicultura Avicultura Bovinicultura	Descarga directa	CBO Nitratos Fósforo Cobre Zinco	Sim	
Fertilização de campos agrícolas com efluentes pecuários	Efluente (chorume)	Cereais Outono-Inverno	Escorrência Infiltração	Nitratos Fósforos Cobre Zinco	Sim	
Fertilização química	Fertilizantes de síntese: Macros nutrientes (N,P,K) Micros nutrientes	Cereais Primavera-Verão Milho para silagem Horticultura Viticultura Centeio Prado Batatas Lameiros	Escorrência Infiltração	Nitratos	Não	Código de Boas Práticas Agrícolas Manual de Fertilização das Culturas
Fitofármacos Combate a pragas	Insecticidas Acaricidas Fungicidas Herbicidas Bactericidas Rodenticidas Nematodocidas Moluscicidas	Cereais outono-inverno Cereais primavera verão Silagem de milho Horticultura ao ar livre ou em estufa Viticultura Centeio Prado Batatas Lameiros	Sobre dosagem; Incumprimento de “Boas Práticas de utilização” Acidente Negligencia Má gestão	Tóxicos	Não	Manual técnico de fitofármacos para segurança na utilização de produtos fitofarmacêuticos





## **Capítulo 5: Avaliação do subsistema. Fonte – Rio Cávado**

Neste capítulo será abordado uma das componentes fundamentais que constitui o Plano de Segurança da água para consumo humana, avaliação do sistema referindo apenas a fonte de água superficial, o rio Cávado.

Após a recolha de todas as possíveis fontes poluidoras da fonte de água superficial, o rio Cávado, tratadas no capítulo 4 procede-se a avaliação dos perigos de poluição do rio Cávado.

A avaliação dos perigos de poluição para o rio Cavado será efectuada seguindo as seguintes sequência de etapas:

- Identificação de perigos
- Caracterização de riscos
- Identificação e avaliação de medidas de controlo

### **5.1 Identificação de perigos**

Esta etapa que corresponde a recolha dos potenciais perigos biológicos, físicos, químicos, radiológicos, que estão relacionados com a deterioração da qualidade da água do rio Cávado foi tratada no capítulo 4.

### **5.2 Caracterização de riscos**

#### **5.2.1 Priorização dos riscos**

Após a recolha dos potenciais perigos de poluição existentes em torno da bacia hidrográfica do rio Cávado até à captação de Areias de Vilar, procede-se a priorização dos perigos baseando no grau de impacto causado à massa de água e na saúde da população e na probabilidade delas ocorrerem. A avaliação do risco associado a cada perigo será avaliada através do binómio probabilidade/consequências numa escala de um a cinco sendo a de menor pontuação, um, a que raramente ocorre e com menor impacto na qualidade da água e a de pontuação máxima, cinco, a que ocorre com maior frequência e de maior impacto. Os riscos que recebem pontuação máxima são riscos que requerem maior atenção e que sejam

adoptadas medidas de controlo imediatos e os riscos com pontuação mínima requerem menor atenção.

### 5.2.1.1 Probabilidade de ocorrência de riscos

Para a definição da probabilidade de ocorrência dos perigos de contaminação de cada unidade que constitui factor de risco para a água do rio, levou-se em consideração vários factores como por exemplo: a estação do ano, as condições meteorológicas, a topografia, a localização do perigo etc., permitindo assim o seu cálculo rigoroso através de informações disponíveis.

#### Escala probabilidade de ocorrência

Para a escala de Probabilidade de ocorrência optou-se por ocorrências diárias, semanais, mensais, anuais e raramente, devido a localização geográfica da bacia hidrográfica, condições atmosféricas visto que a bacia do rio Cávado é considerada a mais pluviosa de Portugal e o evento perigoso dominante ser a chuva e a maioria dos processos de contaminação serem por escorrências e infiltração de perigos, optou-se por adoptar esta probabilidade de ocorrência representada na Tabela 15 fazendo uma média anual da ocorrência de precipitações na bacia do rio Cávado.

Tabela 15: Exemplos de probabilidade de ocorrência

Probabilidade de ocorrência	Descrição	Peso
Diário	Pode acontecer 1 vez por dia	5
Semanal	Pode acontecer 1 vez por semana	4
Mensal	Pode acontecer 1 vez por mês	3
Anual	Pode acontecer 1 vez por ano	2
Raramente	Pode acontecer 1 vez em 10 anos	1

### 5.2.1.2 Escala severidade de consequências

A severidade de consequências está caracterizada em cinco secções: muito baixo, baixo, médio, elevado e muito elevado. O risco com pontuação máxima, cinco, severidade de consequências muito elevado apresenta elevada gravidade, por isso devem receber maior atenção em relação em relação ao risco com pontuação mínima, um, severidade de consequências muito baixo.

Na Tabela 16 estão representadas a descrição e peso de cada uma das severidades de consequências.

Tabela 16: Exemplos de escala de severidade de ocorrência

Severidade das consequências	Descrição	Peso
Muito alto	Situação em que o perigo apresenta elevada gravidade	5
Alto	Situação em que o perigo apresenta gravidade inferior a primeira e superior a última.	4
Médio	Situação em que o perigo apresenta gravidade inferior a seguinte e superior a anterior	3
Elevado	Situação em que o perigo apresenta gravidade inferior a seguinte e superior a anterior	2
Muito elevado	Situação em que o perigo apresenta baixa gravidade	1

Após a classificação de cada perigo com base nas escalas definidas é feita a priorização dos riscos com base na construção de uma matriz. As pontuações obtidas nesta matriz correspondem ao cruzamento da probabilidade de ocorrência versus severidade de consequências.

### 5.2.1.3 Matriz de classificação de riscos

Na Tabela 17 estão representadas as actividades que podem gerar poluição da água do rio Cávado e as devidas pontuações atribuídas. Verifica-se que das actividades representadas na Tabela 17 a actividade agrícola e a ETAR são as actividades que possuem maior pontuação na probabilidade de ocorrência. A ETAR por ser uma actividade que existe em grande número e a actividade agrícola por existirem em maior quantidade em relação as outras actividades e pela proximidade dos terrenos agrícolas ao rio e condições atmosféricas da região que influenciam a ocorrência de perigos para a fonte de água. As actividades agro-pecuárias, agro-industriais e indústria recebem a pontuação de probabilidade de ocorrência de três, menor que a ETAR e agricultura, por existirem em menor números. As outras fontes receberam a pontuação de três por serem actividades que não dependem totalmente das condições atmosféricas e muitas vezes do comportamento humano.

Para a severidade de consequências a indústria recebeu maior pontuação pela variedade de indústria existentes e conseqüentemente a variedade de possíveis poluentes e os

impactos que podem causar no meio hídrico. As actividades agrícolas, agro-pecuárias e agro-industriais receberam a pontuação de três pelas características dos seus efluentes e impactos causados na massa de água representarem impactos semelhantes no meio hídrico. A ETAR recebeu a pontuação de dois por se considerar que os problemas de funcionamento dos tanques de tratamento que podem originar fontes de poluição mais graves ocorrem antes dos tanques que finalizam os tratamentos causando menos impactos. As outras fontes receberam a pontuação mínima, um, por poderem causar menos impactos que todas as possíveis fontes identificadas.

Tabela 17: Exemplo de classificação da fonte de água superficial. Bacia hidrográfica do rio Cávado

Fontes de poluição	Caracterização de riscos		
	Probabilidade ocorrência	Severidade consequências	Classificação
Agricultura	4	3	12
Agro-pecuária	3	3	9
Agro-industrial	3	3	9
Industria	3	4	12
ETAR	4	2	8
Outras fontes	3	1	3

As avaliações deste tipo ao mesmo tempo que simplificam o problema, conduzem a resultados superficiais com conclusões que devem ser consideradas com grande reserva.

A Tabela 18 representa a matriz de classificação geral dos riscos.

Tabela 18: Exemplo de matriz classificação de riscos

Probabilidade de ocorrência	Severidade das consequências				
	Muito baixo	Baixo	Moderado	Elevado	Muito elevado
Diário	5	10	15	20	25
Semanal	4	8	12	16	20
Mensal	3	6	9	12	15
Anual	2	4	6	8	10
Raramente	1	2	3	4	5



Na Tabela 19 estão representados o resumo das actividades potencialmente geradoras de poluição com os riscos que representam e os impactos que podem causar no meio hídrico.

Tabela 19: Fontes de poluição

<b>Fontes de poluição</b>	<b>Risco</b>	<b>Perigos associados/Impacto</b>
Actividades industriais	Descarga directa Problemas no sistema de tratamento dos efluentes	Aumento de substâncias perigosas nas massas de água
Actividades agro-pecuárias	Criação de animais não estabulados Dispersão pelos terrenos dos efluentes	Contaminação com microrganismos patogénicos, Nitratos, Carga orgânica
Actividades agrícolas Fertilizantes	Escorrência/ infiltração Utilização excessiva	Contaminação por nitratos, fósforo Contaminação com substâncias tóxicas Persistência e acumulação na cadeia alimentar devido a sua difícil degradação Risco para a saúde humana e animal (doenças agudas e crónicas, a nível hormonal e reprodutivo) Provocação de resíduos no solo e na água e causa de intoxicação nos organismos do solo e nos organismos aquáticos

Tabela 20: Fontes de poluição (Continuação)

Fontes de poluição	Risco	Perigos associados/Impacto
Actividades agrícolas Produto fitofarmacêutico	Escorrência/ infiltração Utilização excessiva Rejeição de embalagens para as linhas de água Lavagem de material usado na aplicação	Tóxicos para organismos aquáticos
Actividades agro-industriais	Escorrência/ infiltração	Contaminação por nitratos, fósforo
Estação de Tratamento de Águas Residuais	Avárias graves ou funcionamento deficiente resultando na descarga dos efluentes brutos ou sem nível de tratamento adequado	Cargas orgânicas (CBO e CQO), sólidos suspensos totais, coliformes fecais, azoto e fósforo
Incêndios florestais	Arrastamento de materiais para a linha de água (sedimentos, cinzas)	Perda de suporte dos solos conduzindo ao processo de lixiviação e consequentemente a contaminação
Actividade humana	Escorrências de terrenos urbanizados (lavagens de carros e ruas) Problemas de construção e manutenção de fossas sépticas	Aumento da carga orgânica e inorgânica das massas de água por descargas dos efluentes urbanos Contaminação microbiológica

### 5.3 Medidas de controlo associados as fontes de poluição

Após identificação e classificação das potenciais fontes de contaminação da bacia hidrográfica do rio Cávado serão apresentadas um conjunto de medidas que visam contribuir para a preservação da qualidade da água.

#### Agricultura

Qualquer actividade agrícola que usa recursos naturais, água, solo e defensivos químicos (fertilizantes e produtos fitofármacos) provoca algum impacto ambiental. A prevenção da poluição das águas superficiais e subterrâneas com nitratos está estreitamente relacionada com a quantidade de fertilizantes azotados aplicados ao solo, e com a técnica e época da sua aplicação. O Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas 1997, possui através do Código de Boas Práticas Agrícolas possui um conjunto de recomendações para a protecção da água contra a poluição com nitratos de origem agrícola.

No entanto é possível reduzir esses impactos o máximo evitando perdas, com práticas agrícolas como:

- Defender o solo contra a erosão, conseguida através de práticas agrícolas capazes de impedir a perda da camada superficial do solo. Distribuir adequadamente as culturas pelas várias parcelas contribuindo para a prevenção do processo de erosão;
- Evitar aplicar os produtos com vento forte;
- Deixar uma faixa de protecção para aplicar fertilizantes e produtos fitofármacos e assim proteger da poluição com nitratos;
- Em zonas mais declivosas utilizar técnicas culturais alternativas que permitam reduzir a velocidade da água, e técnicas de mobilização do solo que mantenham grandes quantidades dos resíduos da cultura anterior na superfície do solo;
- Em terrenos declivosos não aplicar adubos na época das chuvas, para evitar a sua perda por escoamento superficial;
- Consultar os serviços meteorológicos e não aplicar adubos azotados se a previsão for de chuva 48 horas seguintes;
- Não aplicar adubos sólidos antes de regar;
- Não aplicar adubos azotados pelo menos durante os meses de Dezembro e Janeiro, à excepção das hortícolas;
- Controlar os nitratos do solo entre duas culturas sucessivas;
- Controlar a erosão do solo com construção de obstáculos evitando assim o arrastamento de partículas para os corpos de água alterando a sua qualidade (turvação);
- Aplicar os eventuais excedentes da calda dos produtos fitofármacos, depois de diluídos, e de lavagem dos equipamento, em terrenos com cobertura vegetal, beneficiando assim da retenção por parte das plantas;
- Preparar as caldas a mais de 10 metros de distância do rio;

### **Agro-industrial**

- Não aplicar estrumes e chorumes a menos de 35-50 m da captação;
- Não aplicar estrumes e chorumes numa faixa de protecção dos rios e ribeiras, inferior a 10 metros.

### **Indústrias**

- Garantir que as descargas de efluentes das ETAR sejam feitas de acordo com o Artigo 18º Anexo I B;
- Reaproveitar os resíduos sólidos e armazenar de forma a não ser arrastados por escorrências;
- Obrigar as indústrias a fazer os tratamentos dos efluentes das ETAR para as ETAR municipais;

### **Agro-pecuária**

- Vedar o acesso dos gados às margens do rio no caso de pastoreados;
- Criar os animais em estábulos longe das linhas de água de forma a não contaminar as águas com os dejectos;

### **Estação de tratamento de águas residuais**

- Garantir que a água tratada nas ETAR cumpre as normas de descargas fazendo inspecções periódicas as ETAR;
- Obrigar as entidades responsáveis pelas ETAR a possuir planos de emergências em caso de problemas de funcionamento dos tanques evitando que a água descarregada não tenha tratamento adequado;
- Obrigar as ETAR a possuir planos de emergências em caso de catástrofes naturais;
- Fazer inspecção periódica aos potenciais pontos onde existam instalações ou se praticam actividades que podem causar poluição;
- Obter informação sobre alteração do uso do solo;
- Exigir o licenciamento de actividades potencialmente geradoras de poluição;
- Monitorizar locais onde se prevê a ocorrência de poluição da água bruta;
- Criar cooperação de protecção da água junto das entidades responsáveis;
- Informar a população de como ajudar na protecção das linhas de água e dos impactos de poluição na água.

## Capítulo 6: Conclusão e trabalhos futuros

Este trabalho, assim como qualquer outro de pesquisa, teve por fim tentar aproximar-se ao máximo possível de um resultado completo e satisfatório. No entanto, é de salientar que nem sempre os resultados finais satisfazem totalmente os objectivos definidos. Desta forma são apresentados também neste capítulo alguns tópicos que não foram abordados ao longo da realização da dissertação e que são consideradas relevantes para uma investigação futura.

### 6.1 Conclusão

O desenvolvimento de um plano de segurança da água para um qualquer subsistema de abastecimento de água, não é uma tarefa fácil, como foi possível constatar ao longo da realização deste trabalho, pois existem diversos factores que devem ser considerados durante o seu desenvolvimento e implementação para que o PSA alcance o êxito pretendido. Para este trabalho efectuou-se o levantamento das actividades praticadas ao longo da bacia hidrográfica do rio Cávado potencialmente geradoras de contaminação do rio, sendo identificadas actividades agrícolas, actividades industriais, actividades agro-pecuárias, agro-industriais, ETAR, etc.

Verificou-se a predominância da prática da agricultura ao longo da área em estudo o que nos leva a concluir que existe uma maior probabilidade de potenciais agentes poluentes provirem da actividade em causa, tanto devido a localização dessas actividades, próximo das linhas de água, bem como o tipo de terreno assim como factores naturais que podem influenciar na sua transferência para a fonte de captação.

A actividade de menor incidência ao longo da bacia é a actividade industrial, contudo as actividades industriais podem representar um alto nível de perigo se o afluente que tem origem nas suas actividades não forem devidamente tratados antes de serem descarregadas para as linhas de água.

Dos eventos perigosos identificados a maioria é influenciada por condições atmosféricas adversas (chuva, vento, etc.) podendo transportar para as linhas de água os resíduos que podem causar contaminação da mesma com substâncias tais como: nitratos, fósforo levando ao processo da eutrofização. Também foram identificados perigos ligados a

utilização de produtos fitofármacos, dejectos de animais, perigos provenientes das indústrias etc.

Dos impactos que podem ser causados nas linhas de água pelos perigos identificados, destacam-se o processo da eutrofização, contaminação da água com substâncias tóxicas provenientes da agricultura podendo acumular na cadeia alimentar devido a sua difícil degradação podendo causar riscos para a saúde humana e animal (doenças agudas e crónicas, a nível hormonal e reprodutivo) e intoxicação dos organismos aquáticos, contaminação com matéria orgânica e inorgânica levando à escassez de oxigénio dissolvido na água e consequentemente à morte dos organismos aquáticos etc.

Apos identificação dos perigos procedeu-se à priorização dos mesmos, seguindo a construção de matriz de classificação de riscos.

No geral a avaliação de riscos permite facilitar o problema mas conduz a resultados superficiais cujas conclusões deverão ser consideradas com grande reserva devido ao critério utilizado depender da interpretação que pode variar de pessoa para pessoa.

O conhecimento das possíveis fontes de contaminação e a gestão de riscos faz com que haja água com menor grau de contaminação possível e, consequentemente, serão necessárias menores quantidades de produtos químicos utilizados, minimizando a formação de subprodutos do tratamento e benefício económico ambiental com a minimização de custos operacionais.

## 6.2 Trabalhos futuros

Apresentadas as conclusões e os resultados obtidos com a realização deste trabalho, nota-se que há necessidade de ir mais além e:

Tendo em conta que, para este estudo avaliou-se apenas os riscos/fontes poluidoras assim como a gestão dos mesmos na captação e que o processo de abastecimento de água é muito mais complexo e compreende outras etapas, será preciso levar a cabo estudos semelhantes nas restantes fases do processo, de forma a tentar mitigar/eliminar qualquer risco de contaminação nos consumidores e garantir que a água obedeça os *standards* no que respeita a sua qualidade. Posto isto, como trabalhos futuros propõe-se a realização de estudos semelhantes afectos a todas as etapas que constituem o sistema de abastecimento de água. Outro trabalho que também se pode realizar, será a criação de uma base de dados com a localização das actividades potencialmente geradoras de poluição, tipos de poluição, épocas em que mais ocorrem, tipo de medidas de controlo existentes, planos de emergência, etc.





## Capítulo 7: REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANIPLA / ECPA (2007) Manual técnico: Segurança na Utilização de Produtos Fitofarmacêuticos, Associação Nacional da Indústria para a Protecção das Plantas e European Crop Protection Association.
- APA (2012) Plano de Gestão da Região Hidrográfica do Cávado Ave e Leça RH2. Relatório de base: Parte 2- Caracterização e Diagnóstico da Região Hidrográfica. Agência Portuguesa do Ambiente, Agosto 2012. Retirada em Dezembro 2012  
[http://www.apambiente.pt/\\_zdata/planos/PGRH2/PGRH2\\_RB%5CPGRH2\\_RB\\_P1.pdf](http://www.apambiente.pt/_zdata/planos/PGRH2/PGRH2_RB%5CPGRH2_RB_P1.pdf)
- BASTOS, R. K. X., BEZERRA, N. R.; BEVILACQUA, P. D (2011) *Planos de Segurança da Água: Novo Paradigmas em Controlo de Qualidade da Água para Consumo Humano em Nítida consonância com a Legislação Brasileira*. In ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Recuperado em 2011, Janeiro 20, de <http://www.saneamento.poli.ufrj.br/documentos/24CBES/I-141.pdf>.
- BMA May (2009). Risk Matrix and Impact table. URS. Recuperado em 2011, Janeiro 01, de <http://www.bhpbilliton.com/home/aboutus/regulatory/Documents/creisApp13RiskMatrixImpactsTable.pdf>.
- GOMES, J. (2008) Uso de uma abordagem escolástico para a avaliação do risco à saúde humana devido a ingestão de água subterrânea contaminada. Tese Doutorado. Universidade Federal Rio Grande do Sul. Recuperado em 2011, Fevereiro 03, de <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17385/000694232.pdf?sequence=1>.
- MADRP (1997) Código de Boas Práticas Agrícolas para a Protecção da Água Contra a Poluição com Nitratos de Origem Agrícola. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, 27 de Novembro, 1997, Lisboa.
- MADRP (1999) Manual básico de Práticas agrícolas: Conservação do Solo e da Água, Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, 21 de Dezembro de 1999, Lisboa.
- MORENO, J. (2009) *Avaliação e gestão de riscos no controle da qualidade da água em redes de distribuição: estudo de caso*. Tese (Doutorado) - São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. Recuperado em 2010, Dezembro 08 <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-12012010-093104/pt-br.php>.

- PBH Cávado (2000) Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Cávado, 2000, Volume I. Retirada em 13 de Maio de 2012.
- PBH Cávado (2000) Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Cávado, 2000, Volume II. Retirado em 13 de Maio de 2012.
- Peixoto (2008) Qualidade Biológica da Água do Rio Cávado, Tese de Mestrado, Retirada em 10 de Maio 2012 [http://www.fc.up.pt/fcup/contactos/teses/t\\_040370140.pdf](http://www.fc.up.pt/fcup/contactos/teses/t_040370140.pdf) Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Portaria n.º 522/2009, de 15 de Maio. Diário da República n.º 94 – I Série. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa; <http://dre.pt/pdf1s/2009/05/09400/0303203035.pdf>.
- PGRH2 (2012) Plano de gestão da região hidrográfica do Cávado Ave e Leça (RH2). Relatório técnico-comissão europeia. [http://www.apambiente.pt/zdata/planos/PGRH2/PGRH2\\_RT\\_CE%5C1-PGRH2\\_RT\\_CE.pdf](http://www.apambiente.pt/zdata/planos/PGRH2/PGRH2_RT_CE%5C1-PGRH2_RT_CE.pdf)
- VIEIRA, J. M. P.; MORAIS, C. (2005) Manual para a elaboração de planos de segurança da água para consumo humano. Minho: Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Universidade do Minho. (SérieGuiasTécnicos, 7).
- VIEIRA, J.M.P (2009) “Plano de segurança da água, uma nova metodologia para controlo da qualidade da água para consumo humano”. Universidade do Minho.
- VIEIRA.J.M, P (2012) Plano de segurança da água. Retirada em 3 de Maio de 2012, de [http://www.portalpsa.com/images/abook\\_file/jvieira\\_psa\\_2012.pdf](http://www.portalpsa.com/images/abook_file/jvieira_psa_2012.pdf)
- WHO (2004) Guidelines for Drinking Water Quality, 3rd edition. World Health Organization, Geneva. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/GDWQ2004web.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/GDWQ2004web.pdf).
- WHO (2006) Guidelines for Drinking-water Quality, first addendum to third edition. Volume 1–Recommendations.
- WHO (2009) Water safety plan manual, step-by-step risk management for drinking- water suppliers. WorldHealthOrganization. Geneva.Retirada em 27 de Abril de 2012, [http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241562638\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241562638_eng.pdf)
- WHO (2010) Water safety plan portal-includes case studies, tools and other information on developing water safety plans. [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health](http://www.who.int/water_sanitation_health).

*Sites consultados*

[http://www.cimcavado.pt/arq/fich/doc\\_sintese.pdf](http://www.cimcavado.pt/arq/fich/doc_sintese.pdf)

<http://www.epa.gov/> consultada em 20 Junho de 2013

<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=744620&page=2> consultada em 14 Março de 2013

<http://www.adp.pt/content/index.php?action=detailfo&rec=2754&t=ETA-de-Areias-de-Vilar--Barcelos> consultada em maio 2013

<http://www.publico.pt/sociedade/noticia/apresentada-estrategia-nacional-para-resolver-poluicao-agropecuaria-ate-2013-1288508> consultada em Junho 2013

<http://www.snirh.pt/index.php?idMain=4&idItem=2&idSubtem=2&bacia=C%E1vado> consultada em Setembro 2013

<http://www.bayercropscience.pt/internet/asp/> consultada em Junho 2013

<http://www.sapecagro.pt/internet/asp/home.asp> consultada em Junho 2013

<http://www.syngenta.com/COUNTRY/PT/PT/PRODUTOS/Pages/home.aspx> consultada em Junho 2013

<http://www.adp-fertilizantes.pt/templates/template1det.aspx?M=114&F=10&L=11&C=75> consultada em Junho 2013