

Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

Rita da Silva Sampaio Alves

Implementação de Plano de Segurança da  
Água numa Indústria de Bebidas

Dissertação de Mestrado  
Mestrado Integrado em Engenharia Biológica  
Ramo Tecnologia Química e Alimentar

Trabalho efetuado sob a orientação de  
Professora Doutora Maria Alcina Pereira  
Engenheiro Nuno Silva

## **DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS**

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

### ***Licença concedida aos utilizadores deste trabalho***



**Atribuição-NãoComercial-SemDerivações  
CC BY-NC-ND**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

## **AGRADECIMENTOS**

A um passo de concluir uma das etapas mais importante da minha vida, resta-me agradecer a todos os que contribuíram para o sucesso da mesma.

A realização desta dissertação não teria sido possível sem a ajuda e colaboração de inúmeras pessoas. Aqui ficam expressos, os meus sinceros agradecimentos.

À empresa Etanor/Penha – Produção Alimentar e Consultoria Técnica, S.A., principalmente ao Doutor Marco Martins, Diretor da Qualidade e SIG, pela oportunidade de realização do estágio curricular, pelas condições que me proporcionaram, por me disponibilizarem todos os meios necessários para a elaboração da presente dissertação e por me permitirem enriquecer a minha experiência académica, profissional e pessoal.

Ao Eng. Nuno Silva pela orientação na empresa Etanor/Penha – Produção Alimentar e Consultoria Técnica, S.A., pelas sugestões fornecidas, pela disponibilidade e ensinamentos prestados ao longo de todo o estágio.

A toda a equipa do Departamento de Qualidade, pelo acolhimento, pela simpatia, boa-disposição e pelo espírito de interajuda.

À minha orientadora, Professora Doutora Maria Alcina Pereira, por ter aceite o pedido de orientação para esta dissertação, por todo o apoio, assim como, todos os conselhos, disponibilidade e amabilidade.

Agradeço aos meus pais, familiares e ao meu namorado por todo o apoio prestado nesta longa caminhada.

Por último, mas não menos importante, às amigas de curso, por todas as aventuras partilhadas, pelo apoio, companheirismo, compreensão e incentivo.

À Universidade do Minho, principalmente ao Departamento de Engenharia Biológica, pelo excelente ensino.

“Nas grandes batalhas da vida, a primeira vitória é o desejo de vencer” Mahatma Gandhi

## **DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE**

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

# **Implementação de Plano de Segurança da Água numa Indústria de Bebidas**

## **RESUMO**

Segundo a Organização Mundial da Saúde, o Plano de Segurança da Água é o instrumento mais eficaz para garantir consistentemente a segurança do abastecimento de água potável, através de uma abordagem abrangente de gestão de riscos, englobando todas as etapas, desde a fonte até ao consumidor.

A abordagem do Plano de Segurança baseia-se na identificação de todos os riscos significativos para a saúde pública, assegurando a implementação de controlos e barreiras eficazes, que minimizem esses riscos para níveis aceitáveis, e monitorizando a operação dos mesmos controlos para garantir que a segurança seja mantida.

Dada a complexidade dos pontos de utilização de água numa indústria de bebidas e a tendência crescente para uma abordagem assente numa gestão de risco (Decreto-Lei n.º 152/2017; Lei n.º 52/2018), é expectável que a implementação de um Plano de Segurança seja a forma mais eficiente de dar resposta às necessidades neste domínio.

Posto isto, a presente dissertação tem como objetivo implementar um Plano de Segurança da Água na empresa Etanor/Penha. Para atingir este propósito, procedeu-se às seguintes atividades: identificação de todos os perigos (biológicos, químicos, físicos e radiológicos) que podem ocorrer ou ser introduzidos em todo o sistema de água; caracterização e avaliação dos riscos associados através de uma metodologia de priorização de riscos; definição de medidas de controlo e limites de controlo para os perigos identificados; criação de um plano de monitorização aplicável a todo o sistema de água. Através deste estudo foi possível identificar oito pontos críticos de controlo.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Água, Avaliação de Risco, Perigos, Plano de Segurança, Qualidade.

# **Implementation of Water Safety Plan in a Beverage Industry**

## **ABSTRACT**

According to the World Health Organization, the Water Safety Plan is the most effective instrument to consistently ensure the safety of drinking water supplies through a comprehensive risk management approach, including all stages from source to consumer.

The Safety Plan approach is based on identifying all significant public health risks, ensuring the implementation of effective controls and barriers, minimizing those risks to acceptable levels, and monitoring the operation of the same controls to ensure safety maintenance.

Given the complexity of water use points in a beverage industry and the increasing trend towards a risk management approach (Decreto-Lei n.º 152/2017; Lei n.º 52/2018), it is expected that implementation of Water Safety Plan arise as the most efficient tool to fulfill all requirements..

In this way, this dissertation aims to implement a Water Safety Plan in Etanor/Penha. In order to achieve this purpose, the following activities were undertaken: identification of all hazards (biological, chemical, physical and radiological) that may occur or be introduced into the entire water system; characterization and assessment of associated risks through a risk prioritization methodology; definition of control measures and control limits for identified hazards; creation of a monitoring programme throughout the water system. Through this study it was possible to identify eight critical control points.

## **KEYWORDS**

Water, Risk Assessment, Hazard, Safety Plan, Quality.

# ÍNDICE

Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas .....	x
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos .....	xii
1. Enquadramento .....	1
1.1 Objetivo Específico do Trabalho .....	1
1.2 Apresentação da Empresa Etanor/Penha .....	1
2. Caracterização da Indústria de Bebidas.....	4
3. A Água.....	4
3.1 Inadequada gestão de sistemas de água .....	6
3.2 A água da Etanor/Penha .....	6
4. Plano de Segurança da Água.....	8
4.1 Benefícios e Dificuldades.....	9
4.2 Estrutura.....	9
5. Implementação do PSA na Etanor/Penha.....	11
5.1 Etapas Preliminares .....	11
5.1.1 Constituição da equipa .....	11
5.1.2 Descrição do Sistema de Abastecimento .....	11
5.1.3 Distribuição da água na Etanor/Penha.....	15
5.1.4 Tratamentos de água em equipamentos auxiliares .....	18
5.1.4.1 Torres de Refrigeração.....	18
5.1.4.2 Caldeiras.....	19
5.1.4.3 Chillers.....	20
5.1.4.4 CIP.....	21
5.2 Avaliação do Sistema .....	21
5.2.1 Identificação dos perigos .....	22

5.2.1.1.	Perigos Biológicos.....	22
5.2.1.2.	Perigos Físicos.....	23
5.2.1.3.	Perigos Químicos.....	23
5.2.1.4.	Perigos Radiológicos.....	23
5.2.1.5.	Eventos Perigosos Identificados.....	24
5.2.2	Caracterização de riscos.....	28
5.2.3	Identificação e avaliação de medidas de controlo.....	39
5.3	Monitorização Operacional.....	41
5.3.1	Estabelecimento de limites críticos.....	41
5.3.2	Estabelecimento de procedimentos de monitorização.....	42
5.3.3	Estabelecimento de ações corretivas.....	42
5.4	Planos de Gestão.....	50
5.4.1	Estabelecimento de procedimentos para a gestão de rotina.....	50
5.4.2	Estabelecimento de procedimentos para a gestão em condições excecionais.....	58
5.4.3	Estabelecimento de documentação e protocolos de comunicação.....	61
5.5	Validação e Verificação.....	62
5.5.1	Validação.....	64
5.5.2	Verificação.....	64
5.5.2.1.	Testes.....	64
5.5.2.2.	Auditorias.....	64
6.	Considerações Finais.....	66
6.1	Resultados.....	66
6.2.	Análise Crítica.....	66
Bibliografia	.....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localização da empresa Etanor/Penha - Produção Alimentar e Consultoria Técnica, S.A.....	2
Figura 2. Esquemática da evolução histórica da empresa.....	3
Figura 3. Imagem aérea da planta dos furos, com respetiva localização. ....	7
Figura 4. Quadro de referência para o estabelecimento de segurança da qualidade da água (adaptada de WHO, 2017). ....	8
Figura 5. Estrutura de um plano de segurança da água (adaptada de Vieira & Morais, 2005). ....	10
Figura 6. Diagrama do Sistema Predial, Etanor/Penha.....	16
Figura 7. Identificação dos Lava-mãos, com respetiva distribuição de água fria e quente, na Etanor/Penha.....	17
Figura 8. Vias de transmissão e exemplos de patogénicos relacionados com a água (adaptada de WHO, 2017).....	23
Figura 9. Árvore de decisão para a definição de PCC (adaptada de Vieira & Morais, 2005). ....	30

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Legislação consultada referente à água.....	5
Tabela 2. Eventos perigosos associados ao subsistema captação .....	25
Tabela 3. Eventos perigosos associados ao subsistema armazenamento .....	26
Tabela 4. Eventos perigosos associados ao subsistema distribuição .....	27
Tabela 5. Escala de Probabilidade de Ocorrência .....	28
Tabela 6. Escala de Severidade de Consequência .....	29
Tabela 7. Matriz de Classificação de Risco .....	29
Tabela 8. Avaliação da água de nascente no subsistema captação .....	31
Tabela 9. Avaliação da água de consumo no subsistema captação.....	32
Tabela 10. Avaliação da água de nascente no subsistema armazenamento .....	33
Tabela 11. Avaliação da água de consumo no subsistema armazenamento.....	34
Tabela 12. Avaliação da água bruta no subsistema armazenamento.....	35
Tabela 13. Denominação dos PCC identificados no subsistema armazenamento.....	36
Tabela 14. Avaliação da água de nascente no subsistema distribuição .....	36
Tabela 15. Avaliação da água bruta no subsistema distribuição.....	37
Tabela 16. Avaliação da água da rede pública no subsistema distribuição .....	38
Tabela 17. Denominação dos PCC identificados no subsistema distribuição .....	39
Tabela 18. Plano de Monitorização Operacional para o PCC 1 – Tanque Água de Consumo .....	43
Tabela 19. Plano de Monitorização Operacional para o PCC 2 – Tanque 60000.....	43
Tabela 20. Plano de Monitorização Operacional para o PCC 3 – Tanque 60000.....	44
Tabela 21. Plano de Monitorização Operacional para o PCC 4 – Tanque Rega.....	44
Tabela 22. Plano de Monitorização Operacional para o PCC 5 – Sistema de Rega .....	45
Tabela 23. Plano de Monitorização Operacional para o PCC 6 – Tubagens Água Bruta.....	46
Tabela 24. Plano de Monitorização Operacional para o PCC 7 – Chuveiros Água Bruta.....	47
Tabela 25. Plano de Monitorização Operacional para o PCC 8 – Torre de Refrigeração.....	48
Tabela 26. Plano de gestão de rotina dos tanques de água de consumo.....	51
Tabela 27. Plano de gestão de rotina do tanque 60000 .....	52
Tabela 28. Plano de gestão de rotina do tanque de rega .....	53
Tabela 29. Plano de gestão de rotina do sistema de rega .....	54
Tabela 30. Plano de gestão de rotina das tubagens de água bruta.....	55

Tabela 31. Plano de gestão de rotina dos chuveiros abastecidos com água bruta .....	56
Tabela 32. Plano de gestão de rotina da torre de refrigeração .....	57
Tabela 33. Plano de resposta em caso de ocorrência de eventos imprevistos .....	60
Tabela 34. Plano de resposta em caso de ocorrência de situações de emergência .....	61
Tabela 35. Check-list para validação e verificação do PSA (adaptada de WHO, 2005) .....	63

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS**

AC – Água Consumo

AF – Água Fria

AN – Água Nascente

APIAM – Associação Portuguesa dos Industriais de Águas Minerais Naturais e de Nascente

AQ – Água Quente

CIP – Cleaning In Place

DGS – Direção Geral de Saúde

EP – Etanor Penha

EPTAR – Estação Pré-Tratamento de Águas Residuais

F – Furo

FA – Falta de Água

FG – Fábrica das Garrafas

LC – Limite Crítico

MP – Microrganismos Patogénicos

MPI – Microrganismos Patogénicos transmitidos por inalação

OMI – Oficina de Manutenção Industrial

OMS – Organização Mundial de Saúde

P – Probabilidade de Ocorrência

PC – Ponto de Controlo

PCC – Ponto de Controlo Crítico

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PR – Produção

PSA – Plano de Segurança da Água

PUA – Pontos de Utilização da Água

QI – Quantidade Insuficiente

S – Severidade da Consequência

SAC – Sistemas de Ar Condicionado

SIG – Sistema Integrado de Gestão

SP – Serra da Penha

SQ – Substâncias Químicas

SR – Substâncias Radioativas

T – Turvação

TQ – Tanque

UTA – Unidade de Tratamento do Ar

# **1. ENQUADRAMENTO**

## **1.1 Objetivo Específico do Trabalho**

Dada a complexidade dos pontos de utilização de água (PUA) numa indústria de bebidas e a tendência crescente para uma abordagem assente numa gestão de risco (Decreto-Lei n.º 152/2017; Lei n.º 52/2018), é expectável que a implementação de um Plano de Segurança seja a forma mais eficiente de dar resposta às necessidades neste domínio.

Posto isto, a fim de garantir a qualidade e segurança da água, o presente trabalho tem como objetivos:

- Caracterizar o sistema/rede predial de água das instalações da Etanor/Penha e compreender as especificidades do mesmo;
- Identificar os perigos e eventos perigosos associados à utilização de água nas instalações;
- Caracterizar e avaliar os riscos associados aos perigos através de uma metodologia de priorização de riscos;
- Elaborar um Plano de Prevenção e Controlo para minimização dos riscos identificados e dar resposta às necessidades decorrentes da Lei n.º 52/2018 (prevenção e controlo da doença dos legionários).

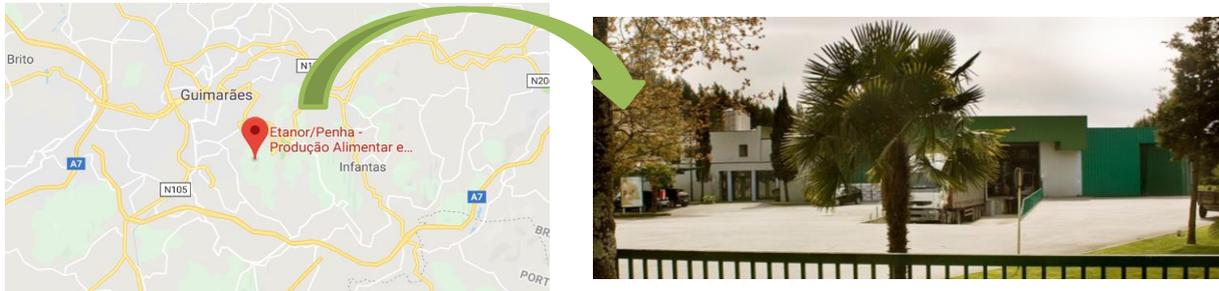
## **1.2 Apresentação da Empresa Etanor/Penha**

A Etanor/Penha – Produção Alimentar e Consultoria Técnica, S.A. tem como missão produzir bens alimentares, mais especificamente, engarrafamento de água de nascente e produção de bebidas refrigerantes à base de fruta e extratos vegetais. A sua atividade também assenta na consultoria técnica no ramo alimentar e de bebidas.

Situada no concelho de Guimarães, na Serra da Penha, esta empresa encontra-se inserida na zona de Reserva Ecológica Nacional, sendo 12,5 hectares de área protegida da responsabilidade da empresa.

Na figura 1 encontra-se a localização da empresa Etanor/Penha – Produção Alimentar e Consultoria Técnica, S.A..

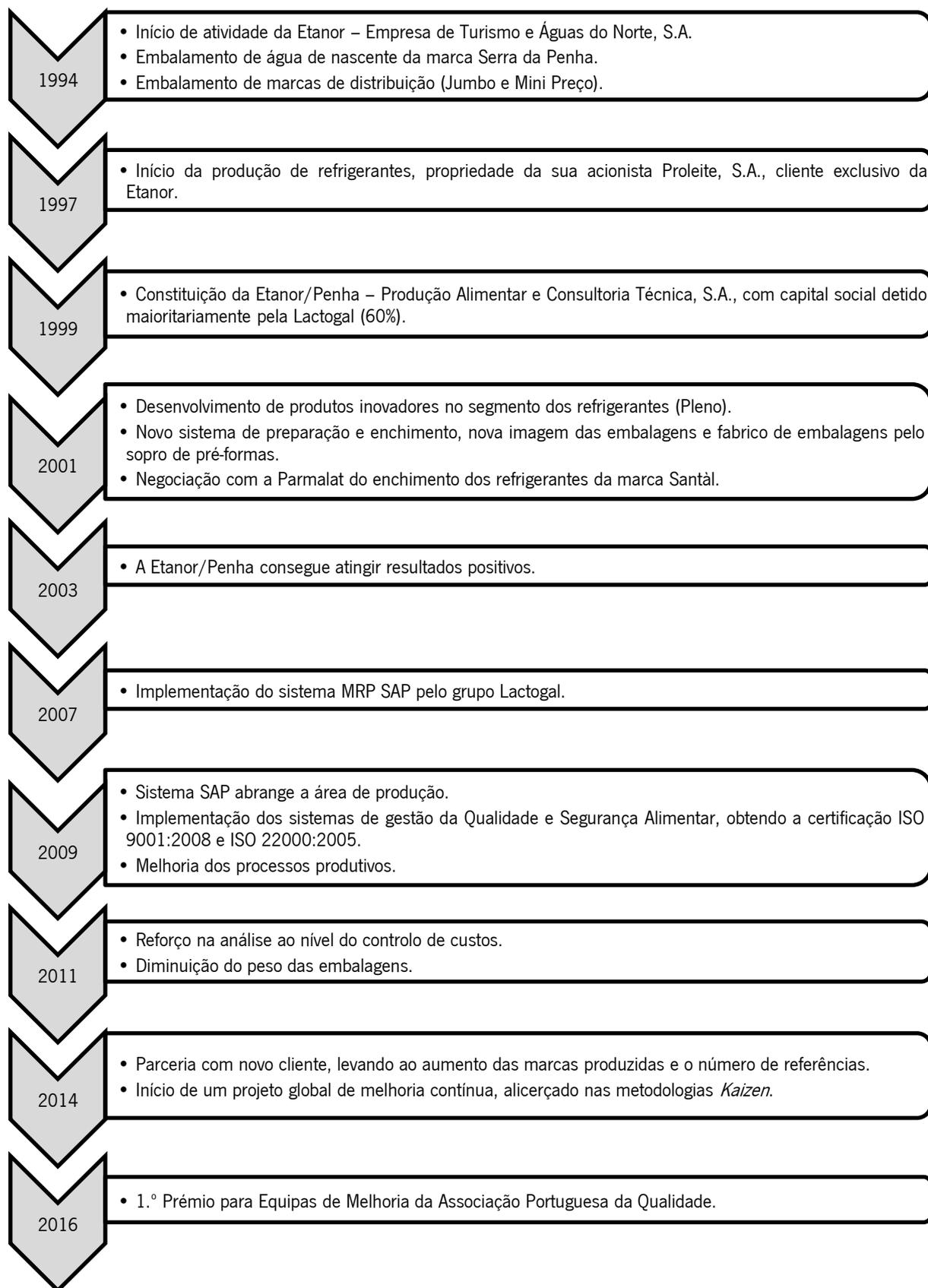
A empresa faz parte do Grupo Lactogal, o que lhe permite desenvolver um conjunto de sinergias positivas e dispor de meios tecnológicos avançados para o desenvolvimento da sua atividade (Etanor/Penha, 2019).



*Figura 1. Localização da empresa Etanor/Penha - Produção Alimentar e Consultoria Técnica, S.A..*

Os princípios estratégicos da Etanor/Penha assentam em satisfazer todos os pedidos dos clientes, em particular quando possam estar em causa ruturas no mercado, embalar produtos seguros, cumprindo com rigor todos os procedimentos de segurança alimentar e qualidade, produzir ao mais baixo custo, com o máximo de eficiência, com as embalagens mais económicas e com o menor número de recursos e, por fim, ter coragem de mudar, ser pró-ativo na identificação e na implementação de melhorias.

A evolução temporal da empresa encontra-se descrita na figura 2.



*Figura 2. Esquematização da evolução histórica da empresa.*

## **2. CARACTERIZAÇÃO DA INDÚSTRIA DE BEBIDAS**

A indústria de bebidas, subsetor da indústria agroalimentar, engloba as bebidas alcoólicas e as bebidas não alcoólicas. Relativamente às bebidas alcoólicas, as que se destacam são o vinho e a cerveja. Em relação às bebidas não alcoólicas, as que mais se evidenciam são as águas engarrafadas, os sumos de frutos e néctares e os refrigerantes. De salientar que as bebidas refrigerantes abrangem as bebidas gaseificadas, bebidas à base de chá e café, bebidas sem gás onde se inclui os sumos de frutas, bebidas concentradas e xaropes (dilúveis), águas aromatizadas ou frutadas e bebidas energéticas (Probeb, s.d.).

Segundo um estudo realizado pelo Banco de Portugal, em 2015 o segmento dos refrigerantes e águas representavam 6 % das empresas do setor, sendo responsáveis, no entanto, por 23 % do volume de negócios da indústria de bebidas (Banco de Portugal, 2016).

## **3. A ÁGUA**

A água é o elemento mais abundante do planeta e um dos ingredientes mais valiosos e indispensável para a vida, por isso a sua segurança é extremamente importante, tanto para garantir a saúde dos consumidores como para o bom funcionamento do ecossistema (Tsoukalas & Tsitsifli, 2018).

As águas potáveis podem ser divididas em três tipos, sendo eles, as águas minerais naturais, as águas de nascente e as demais águas destinadas ao consumo humano. Estas águas diferenciam-se pelas suas propriedades naturais ou pelo tratamento que recebem nas empresas de engarrafamento. Em Portugal, a indústria de engarrafamento apenas extrai, acondiciona e comercializa águas minerais naturais e águas de nascente (APIAM, s.d.).

As águas classificadas por “demais águas destinadas ao consumo humano”, pela Associação Portuguesa dos Industriais de Águas Minerais Naturais e de Nascente (APIAM), são as que precisam de ser submetidas a tratamentos físico-químicos para as tornar potáveis, podendo ser tanto de origem subterrânea como superficial.

Assim sendo, nem todas as águas têm características garantidamente naturais e saudáveis para a ingestão humana. Apenas as águas minerais naturais e as águas de nascente mantêm a pureza natural, contribuindo, desta forma, para manter o equilíbrio do nosso corpo.

Mantendo a atenção nas águas de nascente, que é o tipo de água que a empresa Etanor/Penha se dedica a engarrafar, estas são águas completamente naturais e de origem subterrânea. As águas de nascente apresentam um tempo de circulação no subsolo mais curto quando comparadas com as águas minerais naturais, o que faz com que a presença de sais minerais possa variar. Estas águas possuem características químicas e bacteriológicas originais, sendo obrigatório que o seu engarrafamento seja efetuado no local de exploração (APIAM, s.d.).

A tabela 1 apresenta a informação relativa a toda a legislação, referente à água, mencionada no presente trabalho.

*Tabela 1. Legislação consultada referente à água*

Legislação consultada	Descrição
Decreto-Lei n.º 156/98 de 6 de junho	Estabelece as regras relativas ao reconhecimento das águas minerais naturais e as características e condições a observar nos tratamentos, rotulagem e comercialização das águas minerais naturais e águas de nascente.
Decreto Lei n.º 236/98 de 1 de agosto	Estabelece normas, critérios e objetivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos.
Decreto-Lei n.º 382/99 de 22 de setembro	Estabelece perímetros de proteção para captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público.
Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de agosto	Estabelece o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano.
Decreto-Lei n.º 152/2017 de 7 de dezembro	Altera o regime da qualidade da água para consumo humano.
Lei n.º 52/2018 de 20 de agosto	Estabelece o regime de prevenção e controlo da doença dos legionários.

### **3.1 Inadequada gestão de sistemas de água**

Segundo Dufour *et al.* (2004), no século XXI, a quantidade de água tem-se tornado um tema importante a nível mundial, mas é a qualidade da água que está relacionada com a saúde humana, bem-estar e qualidade de vida (Dufour, *et al.*, 2004) .

A inadequada conceção e gestão de sistemas de água tem efeitos consideráveis na saúde (podendo causar surtos de doenças), bem como impactos económicos e sociais diretos e indiretos significativos. Relativamente às doenças transmitidas pela água, estas são uma das principais preocupações de saúde no mundo, ocorrendo tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento, levando assim à perda de vidas (Costa, 2010).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), milhões de pessoas morrem, a cada ano, de doenças transmitidas pela água (WHO, 2017). Contudo estes riscos para a saúde são evitáveis e podem ser facilmente controlados através dos PSA.

### **3.2 A água da Etanor/Penha**

A água utilizada na Etanor/Penha é proveniente de captações próprias e da rede de abastecimento pública. Atualmente, encontram-se em exploração 9 furos, cuja localização se encontra representada na figura 3. Desses furos, 5 (SP2, SP4, SP5, SP6 e SP7) estão licenciados para captação e engarrafamento de água de nascente (estes furos estão em funcionamento contínuo dada a necessidade de manter constante o nível dos furos, de modo a garantir a qualidade da água de nascente) e os restantes 4 (EP9, F8, F9 e F11) são dedicados à captação de água de consumo (o funcionamento destes furos é passível de interrupção).

A água de nascente difere da água de consumo, visto que a água de nascente é “água subterrânea, considerada bacteriologicamente própria, com características físico-químicas que a tornam adequada para consumo humano no seu estado natural”, segundo o Decreto-Lei n.º 156/98 de 6 de junho. No que diz respeito à água de consumo, no Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de agosto, esta corresponde a “i) Toda a água no seu estado original, ou após tratamento, destinada a ser bebida, a cozinhar, à preparação de alimentos, à higiene pessoal ou a outros fins domésticos, independentemente da sua origem e de ser fornecida a partir de uma rede de distribuição, de um camião ou navio-cisterna, em garrafas ou outros recipientes, com ou sem fins comerciais; ii) Toda a água utilizada numa empresa da

indústria alimentar para fabrico, transformação, conservação ou comercialização de produtos ou substâncias destinados ao consumo humano, assim como a utilizada na limpeza de superfícies, objetos e materiais que podem estar em contacto com os alimentos, exceto quando a utilização dessa água não afeta a salubridade do género alimentício na sua forma acabada”.

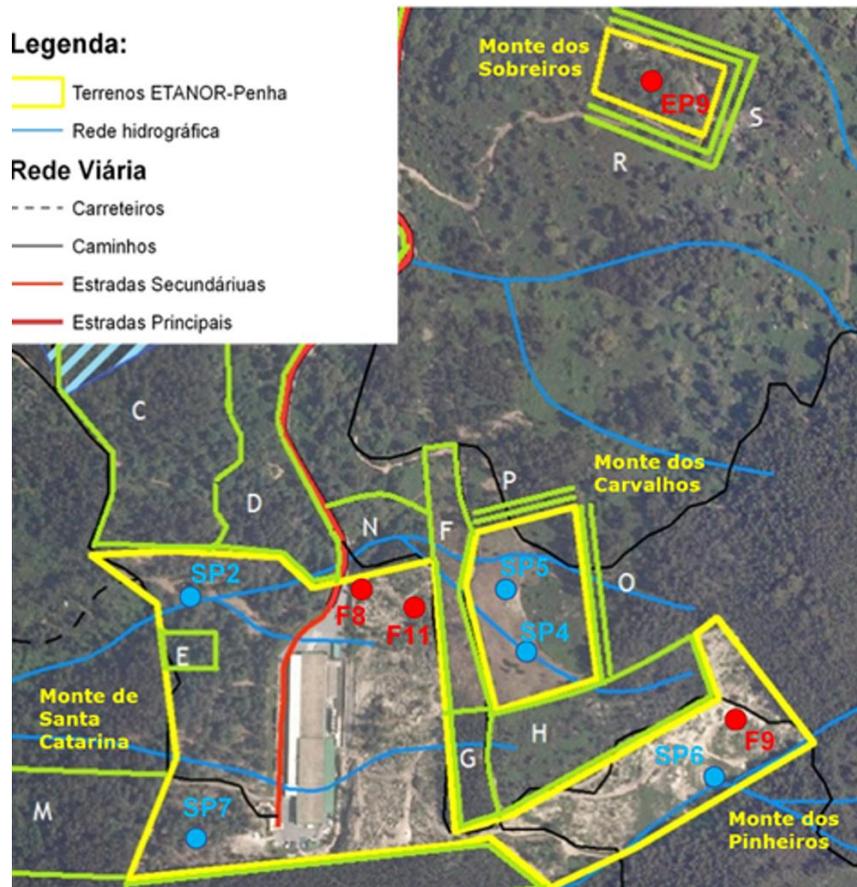


Figura 3. Imagem aérea da planta dos furos, com respetiva localização.

Em suma, na Etanor/Penha, a água de nascente é utilizada para engarrafamento do produto “Serra da Penha” e a água de consumo é utilizada para preparação de refrigerantes e também é consumida noutros pontos do processo industrial.

As águas subterrâneas apresentam uma qualidade mais estável e melhor qualidade microbiana quando comparadas com as águas superficiais, por esse motivo, as águas subterrâneas geralmente requerem pouco ou nenhum tratamento para serem adequadas para ingestão, enquanto as águas superficiais geralmente precisam de ser tratadas, extensivamente (WHO, 2006).

## 4. PLANO DE SEGURANÇA DA ÁGUA

Em 2004, a OMS em Guidelines for Drinking-water Quality recomendou que os fornecedores de água desenvolvessem e implementassem PSA para garantir a qualidade da água, incorporando metodologias de avaliação e gestão de riscos, bem como práticas de boa operação dos sistemas (Setty, *et al.*, 2017; WHO, 2017).

Nos dias de hoje, é preferível aplicar sistemas preventivos em vez de corretivos, pois tem sido comprovado que os sistemas tradicionais de gestão de risco, baseados no tratamento e correção da falha após a sua ocorrência, são inadequados (Tsoukalas & Tsitsifli, 2018).

Os PSA correspondem a um documento que todas as entidades gestoras devem elaborar e implementar nos seus sistemas de abastecimento de água. Este documento consiste numa ferramenta preventiva, baseada na análise de perigos e avaliação do risco efetuada sistematicamente ao longo do sistema de abastecimento de água, que engloba todas as etapas, desde a captação de água até aos consumidores (Costa, 2010). É de salientar que estes documentos devem, assim, obedecer a critérios técnicos, a legislações de saúde, ao meio ambiente, aos recursos híbridos e às normas relativas aos sistemas de abastecimento de água (ERSAR, s.d.). Na figura 4 encontram-se as principais componentes que constituem o PSA.

A metodologia PSA foi implementada pela primeira empresa pública portuguesa de água em 2003. Desde aí tem sido realizada uma extensa pesquisa científica para adotar as práticas de PSA pelas empresas de água em Portugal (Tsoukalas & Tsitsifli, 2018).

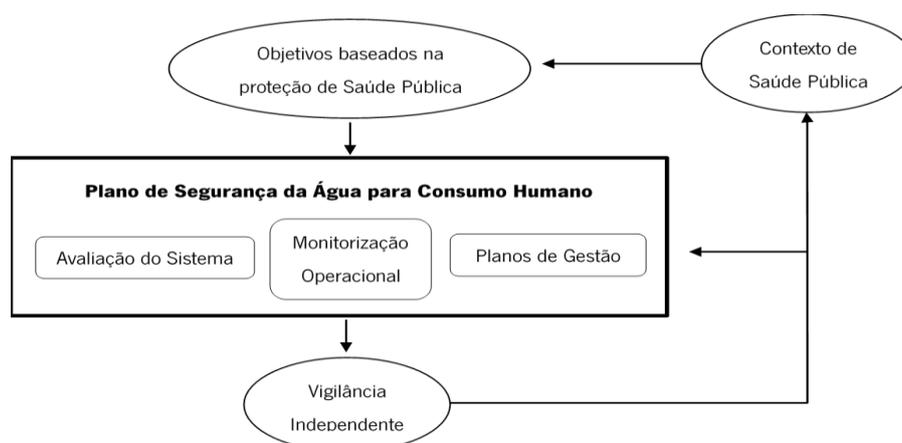


Figura 4. Quadro de referência para o estabelecimento de segurança da qualidade da água (adaptada de WHO, 2017).

## 4.1 Benefícios e Dificuldades

De uma forma mais detalhada, é possível afirmar que, os principais benefícios da implementação dos PSA compreendem a melhoria da segurança e qualidade da água potável, a melhor análise dos desvios observados, a redução de potenciais riscos, a prevenção de incidentes perigosos, avaliação efetiva do risco, a melhor resposta a situações de falha e emergência e o aumento no cumprimento da regulamentação. Além disso, leva a uma melhoria do desempenho dos funcionários, melhor monitorização da fonte de água e diminuição das reclamações dos clientes.

No entanto, as dificuldades relativas à sua implementação são os procedimentos de gestão incorretos, a escassa experiência do pessoal, a falta de infraestrutura, a heterogeneidade dos potenciais riscos, a grande extensão da rede de distribuição e a incapacidade de encontrar recursos financeiros (Tsoukalas & Tsitsifli, 2018).

## 4.2 Estrutura

Existe um conjunto de etapas a considerar para desenvolver um PSA, as quais se encontram sintetizadas na figura 5.

Segundo Vieira & Morais (2005), primeiramente, deve-se estabelecer etapas preliminares que envolvam a constituição da equipa responsável pela elaboração do PSA, uma caracterização geral do sistema e a construção do diagrama de fluxo correspondente a todo o sistema em avaliação.

A primeira etapa do PSA envolve o desenvolvimento das bases técnicas necessárias para a avaliação de processos, de modo a identificar os perigos e avaliar os riscos que lhe estão associados. O PSA deve incluir todos os aspetos relacionados com as fontes de água e o seu controlo de qualidade.

A segunda etapa envolve a definição de limites críticos, estabelecimento de procedimentos de monitorização e definição de ações corretivas a considerar em todo o sistema.

A terceira etapa envolve uma série de atividades, cujo objetivo é o de garantir a aplicabilidade do PSA. Para tal, desenvolvem-se procedimentos para a gestão do controlo do sistema, que englobam a monitorização das medidas de controlo estabelecidas e os limites críticos definidos. Também devem ser estabelecidos protocolos de comunicação, incluindo informação interna e comunicação com autoridades externas.

Após entrada em funcionamento do PSA, torna-se necessário proceder à sua validação e verificação. Através da validação assegura-se que o sistema em operação é eficaz e é composto por barreiras que garantem o controlo dos perigos detetados. Periodicamente deve ser realizada uma verificação, para determinar se o PSA está a ser corretamente aplicado e se é capaz de atingir os objetivos de qualidade, previamente estabelecidos.

Todo o processo de aplicação do PSA deve ser fiscalizado por uma entidade independente, o que constitui, por si só, um elemento adicional de controlo externo. Esta fiscalização pode ser exercida através de auditorias ao próprio plano, de validação das medidas de controlo propostas e de verificação do produto final (Vieira & Morais, 2005).

#### Etapas preliminares

- Constituição da equipa
- Descrição do sistema de abastecimento
- Construção e validação do diagrama de fluxo

#### Avaliação do sistema

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

#### Monitorização operacional

- Estabelecimento de limites críticos
- Estabelecimento de procedimentos de monitorização
- Estabelecimento de ações corretivas

#### Planos de gestão

- Estabelecimento de procedimentos para a gestão de rotina
- Estabelecimento de procedimentos para a gestão em condições excecionais
- Estabelecimento de documentação e protocolos de comunicação

#### Validação e Verificação

- Avaliação do funcionamento do PSA

*Figura 5. Estrutura de um plano de segurança da água (adaptada de Vieira & Morais, 2005).*

## **5. IMPLEMENTAÇÃO DO PSA NA ETANOR/PENHA**

### **5.1 Etapas Preliminares**

#### 5.1.1 Constituição da equipa

A primeira etapa no desenvolvimento de um PSA é formar uma equipa multidisciplinar de especialistas, com um entendimento completo do sistema de água envolvido. A equipa deve ser constituída por alguém que possua experiência suficiente relativamente à captação e distribuição da água potável, deve incluir indivíduos envolvidos em cada fase do sistema de água potável, assim como, elementos responsáveis pelas análises de qualidade da água e pessoas diretamente envolvidas nas operações diárias do sistema (Vieira & Morais, 2005; WHO, 2017).

A equipa multidisciplinar da Etanor/Penha deve ser constituída por 7 elementos, nomeadamente:

- Diretor Geral;
- Diretor de Qualidade e SIG;
- Assistente de Controlo Industrial;
- Responsável de Produção;
- Responsável de Manutenção;
- Responsável da Fábrica de Garrafas;
- Técnico SIG.

O líder da equipa será o Diretor de Qualidade e SIG. A nomeação dos elementos teve em conta a combinação de conhecimentos e experiências multidisciplinares no desenvolvimento e implementação do PSA.

#### 5.1.2 Descrição do Sistema de Abastecimento

A utilização quer da água de nascente (AN) quer da água de consumo (AC), não se limita às atividades indicadas anteriormente. Posto isto, e dada a complexidade do sistema tornou-se necessário elaborar um diagrama para esquematizar o sistema predial (figura 6). Assim sendo, a estrutura do sistema predial elaborado é constituída por 5 etapas, iniciando-se na origem da água, seguindo-se do armazenamento, da distribuição de água fria (AF), do aquecimento e por fim da distribuição de água quente (AQ).

Além da água de nascente e da água de consumo, a Etanor/Penha também dispõe de água da rede pública. É importante salientar que esta água fornecida pelos sistemas públicos de distribuição é uma

água de qualidade, devidamente controlada a fim de garantir todas as características para ser consumida (ERSAR, 2017). De acordo com o Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de agosto, compete às entidades gestoras de sistemas de abastecimento de água garantir que a água seja salubre, limpa e equilibrada, isto é, que não contenha nenhum microrganismo, parasita ou substância em quantidade ou concentração que possa constituir um perigo potencial para a saúde humana. Ainda de acordo com este diploma legal, a água distribuída deve ser submetida a um processo de desinfecção, com o objetivo de eliminar bactérias e outros microrganismos que a possam contaminar, sendo recomendado que as concentrações de cloro residual livre, na rede de distribuição, estejam compreendidas entre 0,2 e 0,6 mg/L (EPAL Grupo Águas de Portugal, 2015; ERSAR, s.d.).

Relativamente à água de nascente, esta é armazenada nos tanques TQ01, TQ02, TQ03, TQ04, TQ05, TQ06, TQ07, TQ08. A capacidade total de armazenamento de água de nascente é de 840000 L, uma vez que quatro dos tanques apresentam uma capacidade individual de 100000 L, e os restantes apresentam a capacidade individual de 110000 L. A água de consumo encontra-se armazenada nos tanques TQ1C, TQ2C, TQ3C, TQ4C, TQ5C sendo que cada tanque possui a capacidade de 100000 L, perfazendo um total de 500000 L. Além dos tanques referidos, existem mais dois tanques de armazenamento de água, na Etanor/Penha, sendo eles o tanque que armazena a água bruta (TQ Água Bruta) cuja capacidade é de 60000 L e por fim o tanque que armazena a água de rega (Depósito de Água).

No Decreto-Lei n.º 382/99 de 22 de setembro, a qualidade da água é definida como o conjunto de valores de parâmetros físicos, químicos, biológicos e microbiológicos da água que permite avaliar a sua adequação como origem de água para a produção de água para consumo humano, nos termos dos artigos 13º a 19º do Decreto Lei n.º 236/98 de 1 de agosto. Desta forma, torna-se necessário sublinhar que a água sujeita a um controlo de qualidade mais apertado é a água de nascente. Assim sendo, a Etanor/Penha estipulou que a transferência de água apenas pode ocorrer no seguinte sentido: água de nascente → água de consumo → água bruta.

A transferência destas águas por qualquer outra ordem não é permitida, isto é, o tanque de água bruta pode receber água de nascente direta ou indiretamente, água de consumo diretamente e água reaproveitada na etapa de enxaguamento. Torna-se importante salientar que esta água é reaproveitada uma vez que se apresenta aceitável para o tipo de utilização que a água bruta tem, isto é, apresenta características de qualidade suficientes para que a recirculação seja efetuada.

Os tanques de água de consumo, recebem água de nascente e podem receber água da rede pública depois de ser tratada através de um filtro de carvão ativado. O objetivo da adsorção em carvão ativado consiste em remover as substâncias orgânicas em solução, que são responsáveis por perturbações organoléticas (cor, odor, gosto) mas também contaminantes orgânicos persistentes (como hidrocarbonetos e organofosforados) e toxinas (como saxitoxinas), transferindo-os para um adsorvente sólido, ao qual ficam ligados por forças químicas ou físicas. Como referido anteriormente, as autoridades municipais adicionam ao abastecimento de água, cloro em pequenas quantidades, a fim de evitar o crescimento microbiológico. Como tal, o carvão ativado é, assim, usado para remover esses agentes. A adsorção em carvão ativado é um caso típico de adsorção física, em que o adsorbato se deposita quer na superfície externa do agente adsorvente quer no interior do grande número de capilares que o constituem (Brito, Oliveira, & Peixoto, 2010).

Por outro lado, o tanque de rega armazena qualquer tipo de água, uma vez que tem como finalidade regar todo o jardim que envolve a empresa.

A água de nascente é distribuída por diversas secções da empresa, sendo essas secções:

- a **Portaria** (um PUA – Lavatório (AF));
- o **Testes de Embalagens** (um PUA – Lava-mãos (AF));
- o **Embalamento** (dois PUA – Lava-mãos (AF) e Lava-mãos Cabine (AQ), no qual está presente um termoacumulador);
- o **Enchimento** (oito PUA – Lava-mãos (AQ), no qual está presente um termoacumulador, Enchedora 2 e 3 (AF), Enxaguamento 2 e 3 (AF) e três Mangueiras (AF) que foram identificadas no terreno);
- a **Sala de Preparação** (seis PUA – Lava-olhos (AF), Bomba Concentrado (AF), Lavagem Funil (AF), Preparação Funil (AF), Lava-mãos (AQ) e Lavatório (AQ) que foi identificado no terreno e no qual está presente um termoacumulador);
- o **Laboratório** (três PUA – Mangueira (AQ) e dois Lavatórios (AQ) e também possui um termoacumulador);
- o **Depósito de Chillers PR** (AF);
- a **Casa da Caldeira** (AF);
- o **Tanque de Solução Desinfetante** (AF).

Torna-se importante realçar a existência também de água fria nos PUA que possuem água quente.

O Edifício Administrativo é abastecido com água da rede pública. Esta secção apresenta três termoacumuladores situados:

- no **Refeitório** (três PUA – Lavatório (AQ), Lava-mãos (AQ) e Máquina da Loiça (AQ));
- no **Vestiário Feminino** (quatro PUA – Chuveiro (AQ) e três Lavatórios (AQ));
- no **Vestiário Masculino** que também é utilizado pelas Casas de Banho do piso superior (nove PUA – Chuveiro (AQ), Bidé (AQ) e sete Lavatórios (AQ)).

O **Gabinete Médico** é a única área desta secção que não possui termoacumulador (um PUA – Lava-mãos (AF)).

A água bruta é utilizada:

- no **Contentor dos Químicos** (um PUA – Chuveiro (AF));
- na **Pasteurização** (três PUA – TQ Assético (AF) e duas Mangueiras (AF) que foram identificadas no terreno);
- na **Zona Exterior** (dois PUA – Lava-piso (AF), Lava-carros (AF));
- no **Armazém de Produto Acabado** (três PUA – Mangueiras (AF));
- no **Embalamento** (sete PUA – Rotuladora (AF) e seis Mangueiras (AF) das quais três foram identificadas no terreno);
- na **Sala dos Silos** (dois PUA – Lava-piso (AF));
- na **Fábrica das Garrafas (FG)** (quatro PUA – Lava-piso (AF), Chuveiro (AQ), Lavatório (AQ) e Lava-mãos (AQ) no qual está presente um termoacumulador);
- nos **Depósitos Chillers FG** (AF);
- na **Oficina de Manutenção Industrial (OMI)** (dois PUA – Mangueira Depósito de Azoto (AF) e Lava-mãos (AQ) que foi identificado no terreno e no qual está presente um termoacumulador);
- na **Sala da Valcorina** (um PUA – Mangueira (AF));
- no **Parque de Resíduos** (dois PUA – Torneiras (AF) que foram identificadas no terreno);
- no **Cais de Carga** (um PUA – Lava-mãos (AQ) no qual está presente um termoacumulador);
- na **Rega do Jardim do Escritório** (AF);
- na **Torre de Refrigeração** (AF);
- na **Lubrificação dos Tapetes** (AF).

A água de consumo é usada:

- na **Pasteurização** (quatro PUA – Tanque Produto Cru nº1, nº2, nº3 (AF) e Tanque de Balanço (AF));
- no **Enchimento** (um PUA – Enxaguamento 1 (AF));
- na **Esterilização** (AF).

De notar que todos os Lava-mãos descritos se encontram representados na planta da Etanor/Penha (figura 7), com a respetiva distribuição de água fria e quente.

No caso, da etapa de *Cleaning In Place* (CIP) as primeiras lavagens utilizam água bruta e as últimas são efetuadas com água de consumo.

Para finalizar, todas as saídas de água representadas no Diagrama do Sistema Predial (figura 6) são, posteriormente, encaminhadas para a Estação Pré-Tratamento de Águas Residuais (EPTAR), garantindo, desta forma, a adequada eliminação destes efluentes.

### 5.1.3 Distribuição da água na Etanor/Penha

As tubagens que transportam a água, desde os furos até às instalações da Etanor/Penha, são construídas em PEAD (Polietileno de Alta Densidade). Este material é caracterizado por ser resistente à corrosão, tanto interna como externa, resistente à ação de fungos, bactérias, insetos e roedores, impermeável, apresentar baixa rugosidade (o que impede a formação de incrustações das substâncias transportadas), não tóxico (não altera o sabor e o cheiro da água) e reciclável (Baptista, 2011). No interior da unidade fabril, a água circula em tubagens de aço inoxidável 316 (AISI 316) que é caracterizado por apresentar maior resistência à corrosão (particularmente contra cloretos e outros solventes industriais) quando comparado com outros tipos de aço inoxidável, além de apresentar qualidades não-reativas. De qualquer forma, deve-se evitar o transporte de água com teores de cloretos superiores a 250 mg/L (Pereira, 2011).

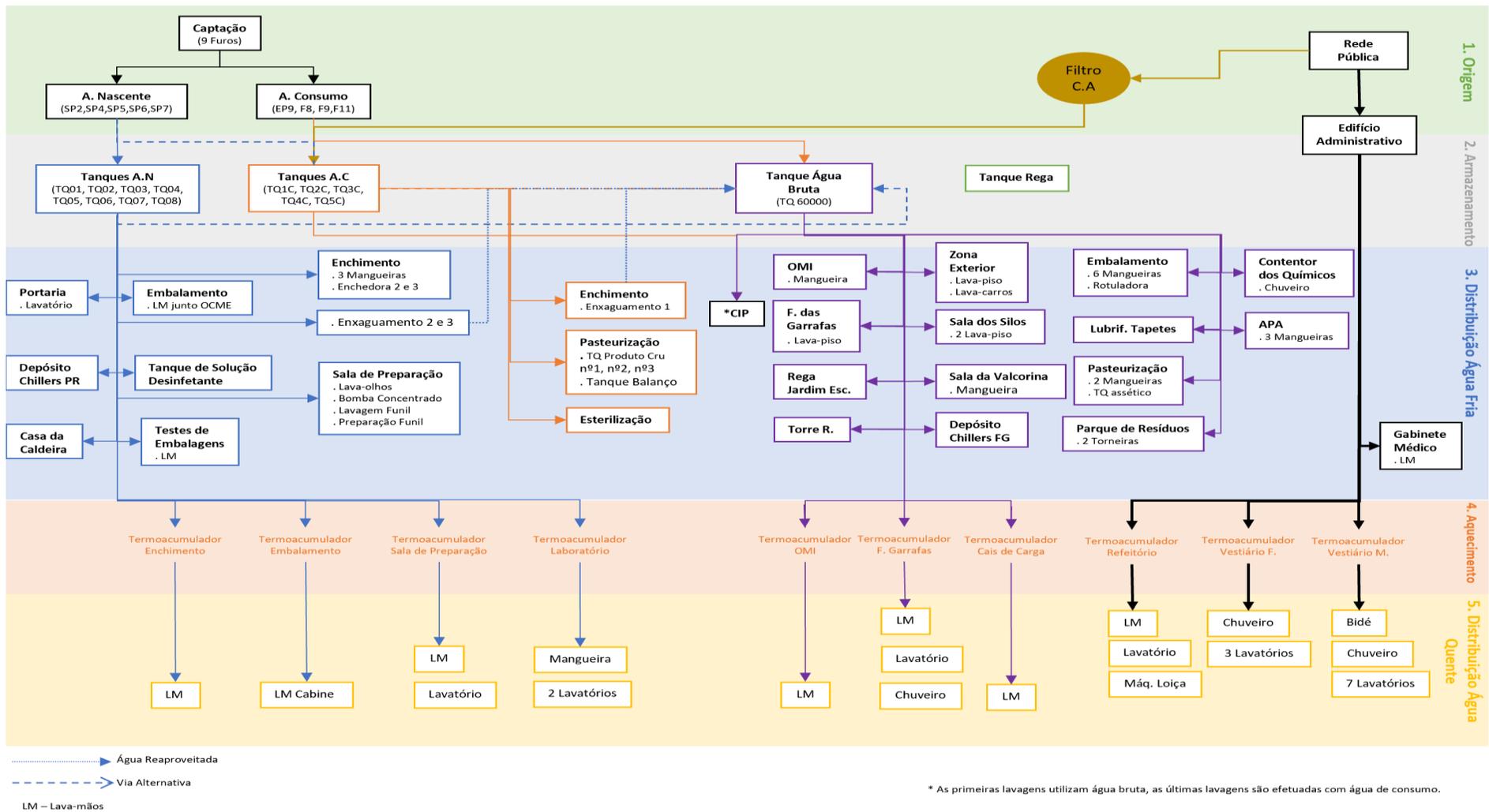


Figura 6. Diagrama do Sistema Predial, Etanor/Penha.

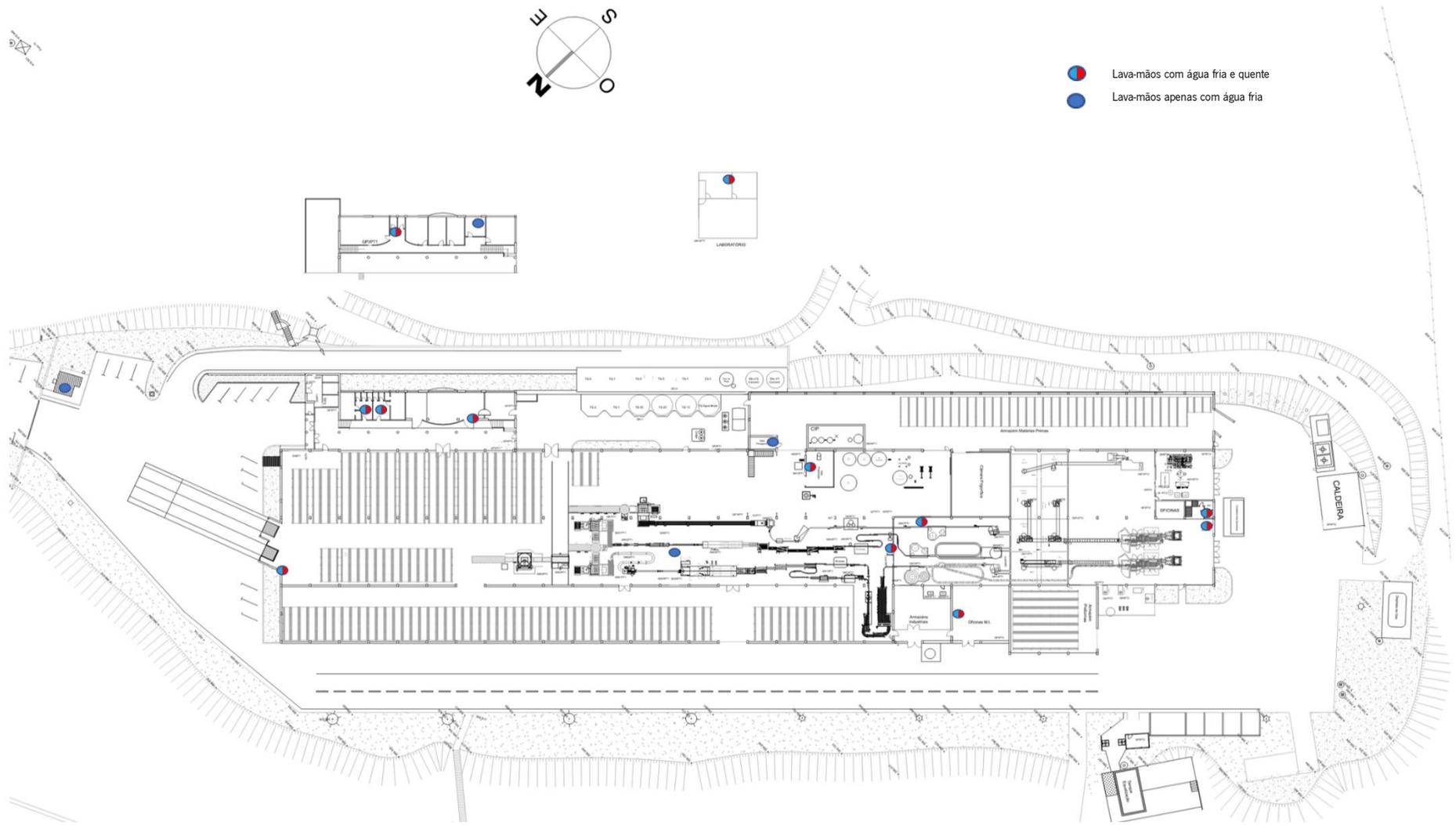


Figura 7. Identificação dos Lava-mãos, com respetiva distribuição de água fria e quente, na Etanor/Penha.

## 5.1.4 Tratamentos de água em equipamentos auxiliares

### 5.1.4.1 Torres de Refrigeração

As torres de refrigeração têm como objetivo arrefecer água de processo ou de permuta de calor, de forma a reutilizá-la ou descarregá-la em meios naturais (SPX Cooling Technologies, 2009). Na Etanor/Penha, a torre de refrigeração arrefece a água utilizada na secção de pasteurização, de esterilização, assim como na unidade de tratamento do ar (UTA) presente na fábrica das garrafas e ainda participa no arrefecimento dos compressores.

Para que os sistemas de refrigeração funcionem eficientemente é importante que se proceda ao correto tratamento da água e que se assegure que não surgirão problemas provocados por esta. A ausência de tratamento de água, ou um tratamento inadequado, levam à formação de depósitos e incrustações de origens diversas, assim como à degradação das superfícies metálicas por corrosão.

As temperaturas amenas numa torre de refrigeração, associadas às poeiras, sujidade e elevados sais dissolvidos, proporcionam às algas, fungos e bactérias (incluindo a *Legionella*) condições ótimas para a sua proliferação, que se pode traduzir em riscos para a saúde pública, como por exemplo, a Doença dos Legionários (WHO, 2007).

A Doença dos Legionários é uma infeção respiratória causada por bactérias do género *Legionella*. A infeção transmite-se por inalação de gotículas de vapor de água contaminada, aerossóis, de dimensões tão pequenas que veiculam a bactéria para os pulmões, possibilitando a sua deposição nos alvéolos pulmonares. Estas bactérias podem habitar em ambientes aquáticos naturais e também em sistemas artificiais, como é o caso das torres de refrigeração ((CS/04), 2014). As torres de refrigeração reúnem as condições ótimas que favorecem o desenvolvimento destas bactérias, ou seja, são um local onde se libertam aerossóis, onde a temperatura se encontra elevada (a temperatura ótima de crescimento da *Legionella* varia entre os 35 e os 46 °C) e a água se apresenta estagnada, favorecendo assim a sua rápida multiplicação.

De maneira a prevenir e a controlar esta doença deve-se proceder ao tratamento (descontaminação) da fonte de contágio, que se baseia na limpeza, desinfecção e manutenção das instalações e equipamentos contaminados (ERSAR, s.d.). No caso das torres de refrigeração devem ser efetuadas análises periódicas e, em caso de confirmação, tratamento de choque com cloro e deve-se proceder à aplicação

de substâncias antimicrobianas oxidantes (cloro < 0.7 mg/L para prevenir corrosão) e não-oxidantes (Teixeira, Pereira, Santos, & Beleza, 1997).

Recentemente foi publicada a Lei n.º 52/2018 de 20 de agosto que estabelece o regime de prevenção e controlo da doença dos legionários e ainda procede à quinta alteração ao Decreto-Lei n.º 118/2013. Esta lei estabelece o regime de prevenção e controlo da doença dos legionários definindo procedimentos referentes, tanto à utilização como à manutenção de redes, sistemas e equipamentos propícios à proliferação e disseminação da *Legionella*. Para além disso, estipula as bases e condições para a criação de uma estratégia de prevenção primária e controlo da bactéria *Legionella* em todos os edifícios e estabelecimentos de acesso ao público, independentemente de terem natureza pública ou privada.

O referido diploma aplica-se aos seguintes equipamentos de transferência de calor associados a sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado ou a unidades de tratamento do ar e que possam gerar aerossóis de água:

- Torres de arrefecimento;
- Condensadores evaporativos;
- Sistemas de arrefecimento de água de processo industrial;
- Sistemas de arrefecimento de cogeração;
- Humidificadores.

Também se encontram abrangidos por esta lei os sistemas inseridos em espaços de acesso e utilização pública que utilizem água para fins terapêuticos ou recreativos e que possam gerar aerossóis de água, redes prediais de água, designadamente água quente sanitária, ou mesmo sistemas de rega ou de arrefecimento por aspersão, fontes ornamentais ou outros geradores de aerossóis de água com temperatura entre 20 °C e 45 °C. Os responsáveis por equipamentos propícios ao desenvolvimento e proliferação de *Legionella* que sejam visados, ficarão assim obrigados ao registo das mesmas em plataforma desenvolvida para o efeito pelos Serviços Partilhados do Ministério da Saúde, E. P. E., e gerida pela Direção Geral de Saúde (DGS).

#### 5.1.4.2 Caldeiras

As caldeiras são um equipamento construído em metal (aço, cobre, ferro fundido) para transferir calor de uma câmara de combustão (ou uma resistência elétrica), para água, na fase líquida, na fase de

vapor ou em ambas (Carpinteiro, 2011). Sendo a Etanor/Penha uma indústria de bebidas, esta necessita de água quente e/ou vapor, como por exemplo, no tanque de esterilização, esterilização da enchedora e pasteurizadores.

A água de alimentação à caldeira, independentemente da sua proveniência, contém várias substâncias. A presença destas poderá originar diversos problemas. Desta forma, torna-se necessário realizar um tratamento químico à água da caldeira, de modo a evitar incrustação, corrosão e arrastamento. Na Etanor/Penha, este tratamento é efetuado através de fosfatos, que são usados para precipitar o cálcio evitando as incrustações. Também se utilizam sulfitos para remover o oxigénio dissolvido, de forma a inibir a corrosão.

Posto que, um valor baixo de pH acentua a tendência corrosiva da água, devido ao alto teor de iões de hidrogénio, este deve ser mantido em valores suficientemente elevados para controlar a corrosão, como por exemplo, através da adição de um reagente alcalino, sendo o mais habitual o hidróxido de sódio (Martinelli Jr., 2013).

#### 5.1.4.3 Chillers

Um chiller de água é uma máquina que apresenta a função de arrefecer água ou outro líquido em diferentes tipos de aplicações, através de um ciclo termodinâmico, sendo os dois principais tipos de chiller:

- Chiller de compressão ou elétrico;
- Chiller de absorção.

O que distingue o funcionamento de ambos é o facto de o chiller de absorção ter como princípio de base um “compressor termoquímico”. Estes permitem produzir água gelada a partir de uma fonte de calor, utilizando para tal uma solução de um sal num processo termoquímico de absorção.

Relativamente aos chillers de compressão, estes utilizam um compressor mecânico, usualmente acionado por um motor elétrico, de forma a aumentar a pressão em determinada fase do ciclo termodinâmico do sistema (CEEETA, 2001). Na Etanor/Penha são utilizados este tipo de chillers.

Com o intuito de evitar ou minimizar os fenómenos de corrosão, nos chillers, a água tem de ser tratada. O tratamento desta água passa pela adição contínua de um produto químico que possui na sua formulação um inibidor de corrosão à base de molibdatos e polímeros como dispersantes (Capela, 2015).

Como referido anteriormente, as tubagens no interior da Etanor/Penha são de aço inoxidável que comparado com aços convencionais apresenta uma excelente resistência à corrosão, uma vez que a forma como o aço é processado faz com que possua uma camada passiva (rica em óxido de cromo), aderente e impermeável, na sua superfície, quando expostos ao ar. No entanto, quando exposto a diferenças de temperatura, sistemáticas e contínuas, estas danificam a camada de óxido de cromo, deixando a superfície vulnerável à corrosão. Este acontecimento pode ser contrariado através do tratamento superficial de passivação química, o qual atua através da remoção de íões de ferro e outros contaminantes, além de melhorar a capacidade protetiva da camada passiva devido ao seu enriquecimento de cromo, o que pode resultar numa maior resistência à corrosão (Casimiro, 2010; Santos Jr, Biehl, & Antonini, 2017).

#### 5.1.4.4 CIP

O CIP é um método de limpeza utilizado para remover resíduos de equipamentos, assim como, das tubagens, sem ser necessário desmontar ou abrir o mesmo. É um método projetado para fornecer limpeza de alta qualidade, rápida, produtiva e consistente (Moerman, Majoor, & Rizoulières, 2014).

Este sistema funciona através da circulação de agentes de limpeza, como o detergente e o desinfetante, e enxaguando a água através dos equipamentos. A Etanor/Penha utiliza como agentes de limpeza o ácido nítrico e o hidróxido de sódio. O ácido nítrico tem como função remover as incrustações e o hidróxido de sódio tem o poder de dissolver gorduras (Dudeja & Singh, 2017).

## 5.2 Avaliação do Sistema

A qualidade da água varia ao longo de todo o sistema e por esse motivo, a avaliação deve ter como objetivo determinar se a qualidade final da água fornecida cumpre as metas de saúde estabelecidas.

A avaliação do sistema deve ser realizada periodicamente, uma vez que é necessário acompanhar o comportamento de substâncias que podem afetar a qualidade da água. Depois de identificados os perigos pode-se determinar o nível de risco para cada perigo e classificá-lo com base na probabilidade de ocorrência (P) e na severidade da consequência (S) (Vieira & Morais, 2005). Por fim, procede-se à identificação e avaliação das medidas de controlo que visam, assim, contribuir para a preservação da qualidade da água.

### 5.2.1 Identificação dos perigos

Segundo o Decreto-Lei n.º 152/2017 de 7 de dezembro, um perigo é um agente biológico, químico, físico ou radiológico presente na água com potencial para causar um efeito adverso na saúde. Pela definição da OMS um evento perigoso é um incidente ou situação que pode levar à presença de um perigo (o que pode acontecer e como). Um risco é a probabilidade de os perigos identificados causarem danos nas populações expostas num período específico, incluindo a magnitude desse dano e/ou as consequências. Assim sendo, um risco pode-se traduzir pelo produto da probabilidade de ocorrência de um acontecimento indesejado pelo respetivo efeito causado numa determinada população (WHO, 2017).

Esta etapa exige a identificação de todos os perigos, sendo que estes podem ocorrer ou ser introduzidos em todo o sistema de água, desde a captação até ao consumidor (Serra, Domenech, Escriche, & Martorell, 1998).

#### 5.2.1.1. Perigos Biológicos

Relativamente aos perigos biológicos, estes costumam estar associados à presença de microrganismos patogénicos na água, como bactérias, vírus, protozoários, entre outros. Deve-se manter a concentração de microrganismos patogénicos dentro dos limites legais estabelecidos, de modo a serem garantidos os objetivos de qualidade (Vieira & Morais, 2005).

Na figura 8 encontra-se esquematizado alguns exemplos de microrganismos patogénicos que podem ser encontrados na água, assim como a respetiva via de transmissão. As doenças transmitidas pela água continuam a ser uma das principais preocupações de saúde no mundo. Apesar da ingestão de água potável contaminada representar o maior risco, existem outras vias de transmissão que também podem levar à doença. Certas doenças graves resultam da inalação de gotículas de água (aerossóis) nas quais os organismos causadores se multiplicam devido às águas quentes e à presença de nutrientes, como é o caso da Doença dos Legionários, causada por *Legionella* spp., como referido anteriormente (WHO, 2017).

Tendo em consideração que a água utilizada na Etanor/Penha é água subterrânea, e considerando as informações bibliográficas relativas a este tipo de água, dos microrganismos presentes na figura 8, apenas a *Escherichia coli*, a *Salmonella* e a *Legionella* serão mais suscetíveis de se desenvolverem. No entanto, a Etanor/Penha além de realizar análises aos microrganismos referidos, também realiza

análises às bactérias coliformes, *Enterococcus*, *Pseudomona aeruginosa*, *Clostridium perfringens*, pois encontra-se legislado no Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de agosto.

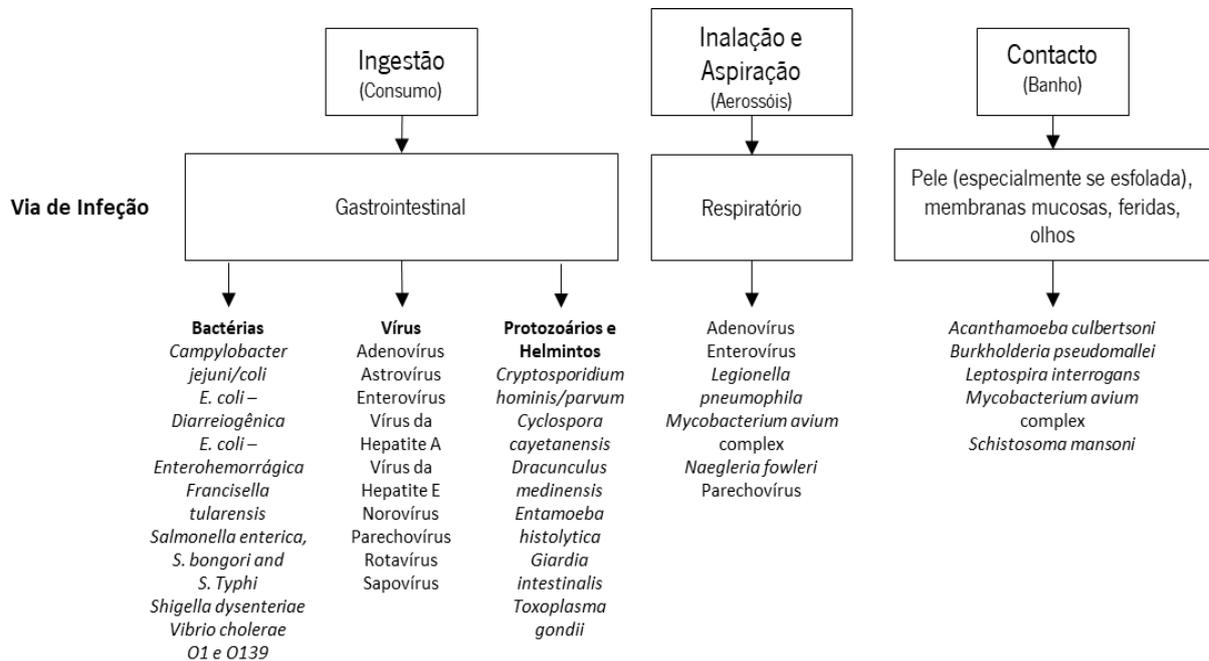


Figura 8. Vias de transmissão e exemplos de patógenos relacionados com a água (adaptada de WHO, 2017).

#### 5.2.1.2. Perigos Físicos

Os perigos físicos encontram-se associados às características organolépticas da água, como cor, turvação, cheiro e sabor, sendo os mais comuns a presença de sedimentos, de materiais de tubagens, materiais de revestimento de tubagens e biofilmes (Vieira & Morais, 2005).

#### 5.2.1.3. Perigos Químicos

Os perigos químicos podem ser considerados como qualquer substância química (orgânica ou inorgânica) que possa comprometer a segurança da água, sendo que estas substâncias podem ter diversas origens, isto é, podem ocorrer naturalmente, assim como surgirem de atividades agrícolas, de fontes industriais ou, até mesmo, surgirem nas fases de armazenamento e distribuição da água (Vieira & Morais, 2005).

#### 5.2.1.4. Perigos Radiológicos

Os perigos radiológicos, geralmente, ocorrem como resultado da contaminação por espécies radioativas que ocorrem naturalmente em fontes de água ou como resultado de atividades humanas,

como por exemplo a contaminação por efluentes da indústria mineira e radionuclídeos de uso médico ou industrial de materiais radioativos (Vieira & Morais, 2005).

O facto da Etanor/Penha se localizar na Serra da Penha e esta apresentar aspetos de morfologia granítica, as penhas, que dão o nome ao local, faz com que esta região apresente algumas características radiológicas provenientes do solo (Laranjeira, 2017). Posto isto, um dos isótopos que mais contribui para a exposição natural é o radão, uma vez que as maiores concentrações deste elemento estão associadas a regiões cujo substrato geológico é maioritariamente constituído por granito. A radioatividade numa água para consumo humano pode ser determinada através das medições de  $\alpha$  total,  $\beta$  total e radionuclídeos específicos (Silva Mendes, 2010).

#### 5.2.1.5. Eventos Perigosos Identificados

Os eventos perigosos identificados, no subsistema captação, com os respetivos perigos associados, encontram-se listados na tabela 2.

No subsistema captação, o perigo relativo aos “Microrganismos Patogénicos” corresponde à presença de bactérias coliformes, *Escherichia coli*, *Enterococcus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium perfringens* e *Salmonella*. No caso da água de nascente, os microrganismos que devem ser analisados são as bactérias coliformes, *Escherichia coli*, *Enterococcus*, esporos de Clostrídios sulfito-redutores e *Pseudomonas aeruginosa*, de acordo com o Decreto-Lei n.º 156/98 de 6 de junho. Para a água de consumo devem ser analisadas as bactérias coliformes, *Escherichia coli*, *Enterococcus* e *Clostridium perfringens*, de acordo com o Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de agosto. Como referido anteriormente a Etanor/Penha, para a água de nascente, além de analisar os microrganismos descritos ainda realiza a análise de *Salmonellas*, como se encontra recomendado pela OMS em Guidelines for Drinking-water Quality (WHO, 2017).

Relativamente ao perigo associado às “Algas”, este corresponde à presença de diatomáceas, clorófitas, criptófitas, crisófitas, dinófitas, euglenófitas e ainda de outro grupo taxonómico que são as cianobactérias (INAG, I.P., 2009).

Por fim, o perigo relacionado com as “Substâncias Químicas” varia de evento perigoso para evento perigoso, por exemplo, pode existir a presença de hipoclorito de sódio devido a ações de vandalismo e sabotagem, de microcistinas produzidas pelas cianobactérias, de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs) devido a incêndios, de arsénio, bário, boro, crómio, fluoreto, selénio, no caso da

ocorrência natural de substâncias químicas (WHO, 2017), assim como, a presença de radão,  $\alpha$  e  $\beta$ -total associada à ocorrência natural de radioatividade, e de nitratos e nitritos provenientes de usos agrícolas, como refere o Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de agosto.

*Tabela 2. Eventos perigosos associados ao subsistema captação*

<b>Ações de Vandalismo e Sabotagem</b> <sup>(1)</sup>
Microrganismos Patogénicos Substâncias Químicas
<b>Acumulação de Sedimentos</b> <sup>adaptado de (2)</sup>
Turvação
<b>Aquífero Contaminado</b> <sup>adaptado de (1)</sup>
Algas Microrganismos Patogénicos Substâncias Químicas
<b>Crescimento de Algas</b> <sup>adaptado de (3)</sup>
Substâncias Químicas
<b>Estagnação e baixos fluxos de água</b> <sup>adaptado de (1)</sup>
Algas Microrganismos Patogénicos
<b>Falhas elétricas/mecânicas (sistemas de alarme/equipamento de monitorização)</b> <sup>(1)</sup>
Falta de água
<b>Falhas na Construção da Captação</b> <sup>(4)</sup>
Algas Microrganismos Patogénicos
<b>Falhas na Construção da Tubagem</b> <sup>(4)</sup>
Microrganismos Patogénicos
<b>Formação de Biofilmes</b> <sup>adaptado de (2)</sup>
Microrganismos Patogénicos Turvação
<b>Funcionamento Contínuo</b> <sup>adaptado de (5)</sup>
Quantidade Insuficiente de Água
<b>Higienização Inadequada</b> <sup>(4)</sup>
Algas Microrganismos Patogénicos Substâncias Químicas
<b>Manutenção Inadequada</b> <sup>adaptado de (5)</sup>
Microrganismos Patogénicos Substâncias Químicas Turvação
<b>Ocorrência de Incêndios nos Terrenos</b> <sup>adaptado de (1)</sup>
Substâncias Químicas
<b>Ocorrência Natural de Radioatividade</b> <sup>(6)</sup>
Substâncias Radioativas
<b>Ocorrência Natural de Substâncias Químicas acima do recomendável</b> <sup>(5*)</sup>
Substâncias Químicas
<b>Oscilação Nível da Água (p. ex. falhas de energia, avarias)</b> <sup>adaptado de (5)</sup>
Algas Microrganismos Patogénicos Turvação
<b>Químicos Provenientes de Usos Agrícolas</b> <sup>(4)</sup>
Substâncias Químicas
<b>Seca</b> <sup>(1)</sup>
Quantidade Insuficiente de Água

- (1) Planos de Segurança da Água para Consumo Humano em Sistemas Públicos de Abastecimento  
 (2) Water Safety in Buildings  
 (3) Manual para a avaliação da qualidade biológica da água em lagos e albufeiras segundo a diretiva quadro da água: Protocolo de amostragem e análise para o Fitoplâncton  
 \*adaptado pág.3  
 (4) Protecting Groundwater for Health: Managing the Quality of Drinking-water Sources  
 (5) Guidelines for Drinking-water Quality: Fourth edition incorporating the first addendum  
 \*adaptado da tabela 8.8 pág. 178  
 (6) Management of Radioactivity in Drinking-Water

Os eventos perigosos identificados, no subsistema armazenamento, com os respetivos perigos associados, encontram-se listados na tabela 3.

*Tabela 3. Eventos perigosos associados ao subsistema armazenamento*

<b>Ações de vandalismo e sabotagem</b> <sup>(1)</sup>
Microrganismos Patogénicos Microrganismos Patogénicos transmitidos por inalação Substâncias Químicas
<b>Acumulação de sedimentos</b> <sup>adaptado de (2)</sup>
Turvação
<b>Crescimento anormal de algas</b> <sup>(3)</sup>
Substâncias Químicas
<b>Estagnação e baixos fluxos de água</b> <sup>adaptado de (4)</sup>
Algas Microrganismos Patogénicos Microrganismos Patogénicos transmitidos por inalação
<b>Falha na Construção do Tanque</b> <sup>(1)</sup>
Microrganismos Patogénicos Microrganismos Patogénicos transmitidos por inalação Substâncias Químicas Turvação
<b>Falhas elétricas/mecânicas (sistemas de alarme/equipamento de monitorização)</b> <sup>adaptado de (1)</sup>
Falta de água
<b>Formação de Biofilmes</b> <sup>(4)</sup>
Microrganismos Patogénicos Microrganismos Patogénicos transmitidos por inalação Turvação
<b>Formação de Subprodutos Resultantes da Limpeza e da Desinfecção</b> <sup>adaptado de (1)</sup>
Substâncias Químicas
<b>Higienização Inadequada</b> <sup>adaptado de (2)</sup>
Microrganismos Patogénicos Microrganismos Patogénicos transmitidos por inalação
<b>Manutenção Inadequada</b> <sup>adaptado de (2)</sup>
Microrganismos Patogénicos Microrganismos Patogénicos transmitidos por inalação Substâncias Químicas Turvação
<b>Mau funcionamento do filtro de carvão ativado</b> <sup>(5)</sup>
Substâncias Químicas
<b>Saturação do carvão ativado</b> <sup>adaptado de (2)</sup>
Microrganismos Patogénicos Substâncias Químicas

- (1) Planos de Segurança da Água para Consumo Humano em Sistemas Públicos de Abastecimento  
 (2) Guidelines for Drinking-water Quality  
 (3) Manual para a avaliação da qualidade biológica da água em lagos e albufeiras segundo a diretiva quadro da água: Protocolo de amostragem e análise para o Fitoplâncton  
 \*adaptado pág.3  
 (4) Water Safety in Distribution Systems  
 (5) Plano de Segurança da Água - Caso de Estudo: Sistema de Abastecimento Público de Água de Castro Verde

No subsistema armazenamento, o perigo relativo aos “Microorganismos Patogénicos” e às “Algas” são iguais aos referidos no subsistema captação. O perigo relativo aos “Microorganismos Patogénicos transmitidos por inalação” corresponde à presença de *Legionella*. Por fim, o perigo relacionado com as “Substâncias Químicas” varia de evento perigoso para evento perigoso, por exemplo, pode existir a presença de hipoclorito de sódio devido a ações de vandalismo e sabotagem, de microcistinas produzidas pelas cianobactérias (WHO, 2017), de peróxido de hidrogénio no caso de formação de subprodutos resultantes da limpeza e da desinfecção e por fim a presença de cloro, devido ao mau funcionamento do filtro de carvão ativado e saturação do carvão ativado.

Os eventos perigosos identificados, no subsistema distribuição, com os respetivos perigos associados, encontram-se listados na tabela 4.

*Tabela 4. Eventos perigosos associados ao subsistema distribuição*

<b>Acumulação de Sedimentos</b> <sup>(1)</sup>
Turvação
<b>Avaria Controlador de Cloro</b> <sup>adaptado de (2)</sup>
Microorganismos Patogénicos transmitidos por inalação
<b>Deficiente Controlo de Temperatura</b>
Microorganismos Patogénicos
<b>Estagnação e baixos fluxos de água</b> <sup>(1)</sup>
Microorganismos Patogénicos
Microorganismos Patogénicos transmitidos por inalação
<b>Falhas elétricas/mecânicas (sistemas de alarme/equipamento de monitorização)</b> <sup>(2)</sup>
Microorganismos Patogénicos transmitidos por inalação
<b>Formação de aerossóis</b> <sup>(3)</sup>
Microorganismos Patogénicos transmitidos por inalação
<b>Formação de Biofilmes</b> <sup>(1)</sup>
Microorganismos Patogénicos
Microorganismos Patogénicos transmitidos por inalação
Turvação
<b>Funcionamento Intermitente</b> <sup>(1)</sup>
Microorganismos Patogénicos transmitidos por inalação
<b>Manutenção Inadequada</b> <sup>(1,2)</sup>
Microorganismos Patogénicos
Substâncias Químicas
Turvação
<b>Residual de cloro excessivo</b> <sup>(1,2)</sup>
Substâncias Químicas
<b>Residual de cloro insuficiente</b> <sup>(1,2)</sup>
Microorganismos Patogénicos
<b>Rutura de stock de cloro</b> <sup>adaptado de (2)</sup>
Microorganismos Patogénicos transmitidos por inalação
<b>Tempo de contacto insuficiente da água com o cloro</b> <sup>adaptado de (2)</sup>
Microorganismos Patogénicos transmitidos por inalação

(1) Water Safety in Distribution Systems

(2) Planos de Segurança da Água para Consumo Humano em Sistemas Públicos de Abastecimento

(3) Prevenção e Controlo de *Legionella* nos Sistemas de Água

No subsistema distribuição, o perigo relativo aos “Microrganismos Patogénicos” corresponde à presença de bactérias coliformes, *Escherichia coli*, *Enterococcus*, e *Clostridium perfringens*. O perigo relativo aos “Microrganismos Patogénicos transmitidos por inalação” corresponde à presença de *Legionella*.

### 5.2.2 Caracterização de riscos

A presente etapa procede à avaliação do risco associado a cada perigo, e para tal, estabelece-se a probabilidade dele ocorrer, através de uma Escala de Probabilidade de Ocorrência, assim como as respetivas consequências, através de uma Escala de Severidade das Consequências (Vieira & Morais, 2005). Posto isto, esta avaliação será baseada nas recomendações da OMS em Guidelines for Drinking-water Quality, com as escalas de probabilidade de ocorrência e severidade de consequência (WHO, 2017), apresentadas respetivamente, na tabela 5 e 6.

Entenda-se por impacto de conformidade, um desvio face aos critérios definidos internamente pela Etanor, sem outro tipo de impacto. O impacto organolético corresponde a um desvio que não representa incumprimento legal, ou seja, apesar de apresentar os valores paramétricos inferiores ao que se apresenta legislado, a água não apresenta as características ideais para consumo (odor, sabor...). Relativamente ao impacto regulatório, este corresponde a um desvio que entra no campo da legislação, ou seja, os valores paramétricos legislados são ultrapassados. O último nível da escala de severidade é aplicável a situações que possam colocar em causa a saúde pública quer dos consumidores, quer da população envolvente.

Um dos objetivos principais desta etapa consiste em priorizar os riscos e, para tal, procede-se à elaboração de uma matriz de classificação de riscos, como aquela que se encontra na tabela 7.

*Tabela 5. Escala de Probabilidade de Ocorrência*

Probabilidade de ocorrência	Descrição	Peso
Quase certa	Vai acontecer provavelmente 1 vez por dia	5
Muito provável	Vai acontecer provavelmente 1 vez por semana	4
Provável	Vai ocorrer provavelmente 1 vez por mês	3
Pouco provável	Vai ocorrer provavelmente várias vezes por ano	2
Rara	Pode ocorrer 1 vez por ano, ou menos	1

Tabela 6. Escala de Severidade de Consequência

Severidade das consequências	Descrição	Peso
Catastrófica	Impacto na saúde pública	5
Grande	Impacto regulatório	4
Moderada	Impacto organolético	3
Pequena	Impacto de conformidade	2
Insignificativa	Nenhum impacto ou não detetável	1

Os eventos perigosos com maior severidade de consequências e maior probabilidade de ocorrência devem merecer maior consideração e prioridade relativamente àqueles cujos impactos são pequenos ou cuja ocorrência é pouco provável (Vieira & Morais, 2005).

Caso a classificação do risco seja igual ou superior a “Moderado” considera-se um ponto de controlo (PC). De seguida, para cada PC encontrado, identifica-se os locais onde é essencial prevenir, eliminar ou reduzir um perigo dentro de limites aceitáveis (Pontos de Controlo Críticos – PCC), que pode ser feito com auxílio de uma árvore de decisão como a que se apresenta na Figura 9, pressupondo-se o conhecimento prévio das medidas de controlo implementadas no sistema. A árvore de decisão assenta num processo iterativo de respostas a um conjunto de questões que devem ser colocadas a cada evento perigoso, de modo a concluir-se se uma determinada fase do processo constitui, ou não, um PCC (Vieira & Morais, 2005).

Tabela 7. Matriz de Classificação de Risco

<b>Probabilidade de Ocorrência</b>	<b>Severidade das Consequências</b>				
	Insignificante	Pequena	Moderada	Grande	Catastrófica
<i>Quase certa</i>	5	10	15	20	25
<i>Muito provável</i>	4	8	12	16	20
<i>Provável</i>	3	6	9	12	15
<i>Pouco provável</i>	2	4	6	8	10
<i>Rara</i>	1	2	3	4	5
<b>Pontuação do Risco</b>	<b>&lt;6</b>	<b>6-9</b>	<b>10-15</b>	<b>&gt;15</b>	
<b>Classificação do Risco</b>	Baixo	Moderado	Elevado	Extremo	

Posto isto, a análise de risco é de extrema importância, uma vez que direcionará as fases seguintes do desenvolvimento do PSA de forma a garantir que as medidas de controlo sejam geridas, atualizadas ou implementadas de forma a controlar efetivamente os perigos identificados. Proceder à realização de uma análise de risco e avaliar o risco apresentado pelos perigos identificados é essencial, visto que aplicar as medidas de controlo sem considerar quais são os perigos mais relevantes pode implicar que alguns riscos permaneçam elevados e os recursos serão desperdiçados no controlo dos perigos irrelevantes para o abastecimento da água (WHO, 2006).

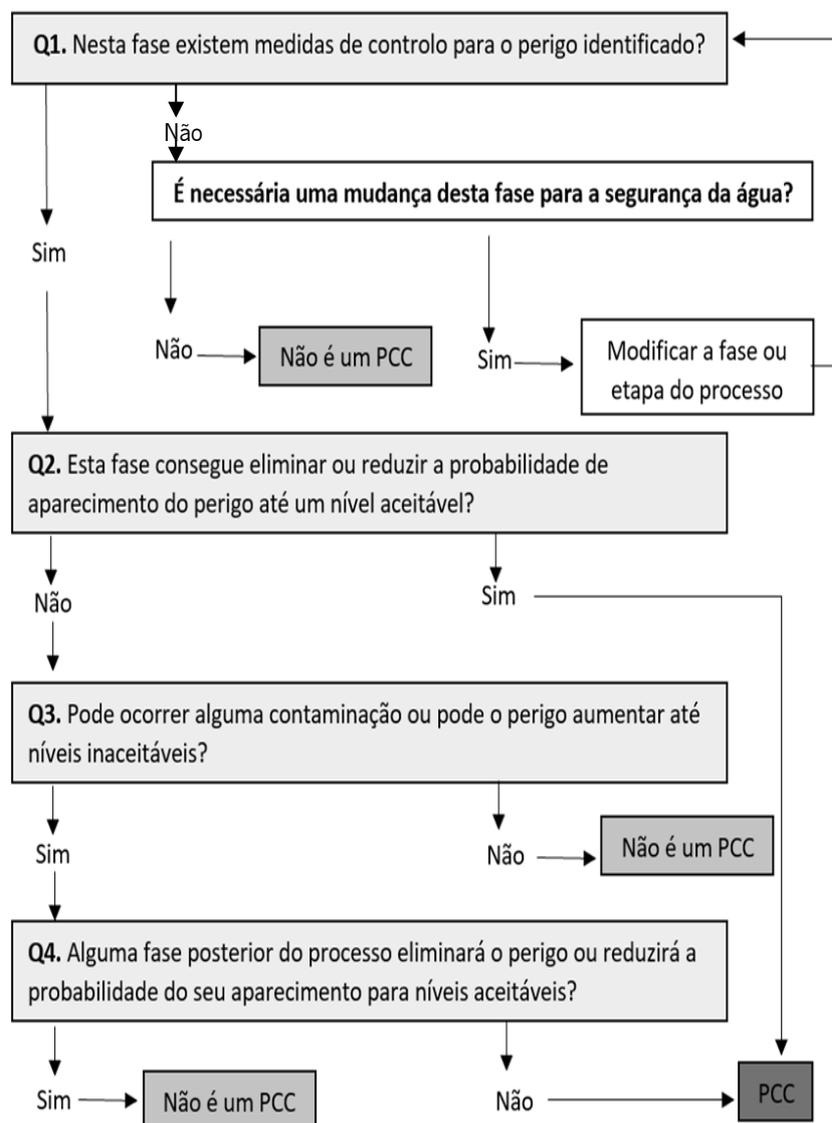


Figura 9. Árvore de decisão para a definição de PCC (adaptada de Vieira & Morais, 2005).

Nas tabelas 8 e 9 encontram-se os resultados obtidos da avaliação do subsistema captação. Ao analisar ambas as tabelas verifica-se que os eventos perigosos, no subsistema captação, foram todos

classificados como “Baixo”. Ainda assim, tem de se ter em atenção os eventos que embora nunca tenham ocorrido, a sua severidade é considerada catastrófica, podendo ocorrer o perigo de microrganismos patogénicos (MP) e de substâncias químicas (SQ) perigosas na água. O mesmo se aplica para o subsistema armazenamento e distribuição.

Tabela 8. Avaliação da água de nascente no subsistema captação

Tipo Água	Local	Evento Perigoso	Perigo	P	S	Pontuação	Classificação
Água Nascente	Furo	Aquífero Contaminado	MP	1	5	5	Baixo
		Aquífero Contaminado	Algas	1	3	3	Baixo
		Ações de Vandalismo e Sabotagem	MP	1	5	5	Baixo
		Oscilação Nível da Água (p. ex. falhas de energia, avarias)	MP	1	5	5	Baixo
		Oscilação Nível da Água (p. ex. falhas de energia, avarias)	Algas	1	3	3	Baixo
		Formação de Biofilmes	MP	1	5	5	Baixo
		Manutenção Inadequada	MP	1	5	5	Baixo
		Falhas na Construção da Captação	MP	1	5	5	Baixo
		Falhas na Construção da Captação	Algas	1	3	3	Baixo
		Higienização Inadequada	MP	1	5	5	Baixo
		Higienização Inadequada	Algas	1	3	3	Baixo
		Ocorrência Natural de Substâncias Químicas acima do recomendável	SQ	1	3	3	Baixo
		Aquífero Contaminado	SQ	1	3	3	Baixo
		Ações de vandalismo e sabotagem	SQ	1	5	5	Baixo
		Manutenção Inadequada	SQ	1	3	3	Baixo
		Higienização Inadequada	SQ	1	3	3	Baixo
		Crescimento de Algas	SQ	1	5	5	Baixo
		Ocorrência de Incêndios nos Terrenos	SQ	1	3	3	Baixo
		Químicos Provenientes de Usos Agrícolas	SQ	1	3	3	Baixo
		Manutenção Inadequada	T	1	3	3	Baixo
	Formação de Biofilmes	T	1	3	3	Baixo	
	Acumulação de Sedimentos	T	1	3	3	Baixo	
	Oscilação Nível da Água (p. ex. falhas de energia, avarias)	T	1	3	3	Baixo	
	Ocorrência Natural de Radioatividade	SR	1	3	3	Baixo	
	Seca	QI de Água	1	2	2	Baixo	
	Funcionamento Contínuo	QI de Água	1	1	1	Baixo	
	Falhas elétricas/mecânicas (sistemas de alarme/equipamento de monitorização)	FA	2	1	2	Baixo	
	Tubagens	Estagnação e baixos fluxos de água	MP	1	5	5	Baixo
		Estagnação e baixos fluxos de água	Algas	1	3	3	Baixo
		Formação de Biofilmes	MP	1	5	5	Baixo
		Manutenção Inadequada	MP	1	5	5	Baixo
		Falhas na Construção da Tubagem	MP	1	5	5	Baixo
Manutenção Inadequada		SQ	1	3	3	Baixo	
Formação de Biofilmes		T	1	3	3	Baixo	
Acumulação de Sedimentos		T	1	3	3	Baixo	
Manutenção Inadequada		T	1	3	3	Baixo	

Tabela 9. Avaliação da água de consumo no subsistema captação

<b>Tipo Água</b>	<b>Local</b>	<b>Evento Perigoso</b>	<b>Perigo</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Classificação</b>
<i>Água Consumo</i>	Furo	Aquífero Contaminado	MP	1	5	5	Baixo
		Aquífero Contaminado	Algas	1	3	3	Baixo
		Ações de Vandalismo e Sabotagem	MP	1	5	5	Baixo
		Oscilação Nível da Água (p. ex. falhas de energia, avarias)	MP	1	5	5	Baixo
		Oscilação Nível da Água (p. ex. falhas de energia, avarias)	Algas	1	3	3	Baixo
		Formação de Biofilmes	MP	1	5	5	Baixo
		Manutenção Inadequada	MP	1	5	5	Baixo
		Falhas na Construção da Captação	MP	1	5	5	Baixo
		Falhas na Construção da Captação	Algas	1	3	3	Baixo
		Higienização Inadequada	MP	1	5	5	Baixo
		Higienização Inadequada	Algas	1	3	3	Baixo
		Ocorrência Natural de Substâncias Químicas acima do recomendável	SQ	1	3	3	Baixo
		Aquífero Contaminado	SQ	1	3	3	Baixo
		Ações de vandalismo e sabotagem	SQ	1	5	5	Baixo
		Manutenção Inadequada	SQ	1	3	3	Baixo
		Higienização Inadequada	SQ	1	3	3	Baixo
		Crescimento de Algas	SQ	1	5	5	Baixo
		Ocorrência de Incêndios nos Terrenos	SQ	1	3	3	Baixo
		Químicos Provenientes de Usos Agrícolas	SQ	1	3	3	Baixo
		Manutenção Inadequada	T	1	3	3	Baixo
	Formação de Biofilmes	T	1	3	3	Baixo	
	Acumulação de Sedimentos	T	1	3	3	Baixo	
	Oscilação Nível da Água (p. ex. falhas de energia, avarias)	T	1	3	3	Baixo	
	Ocorrência Natural de Radioatividade	SR	1	3	3	Baixo	
	Seca	QI de Água	1	2	2	Baixo	
	Funcionamento Contínuo	QI de Água	1	1	1	Baixo	
	Falhas elétricas/mecânicas (sistemas de alarme/equipamento de monitorização)	FA	2	1	2	Baixo	
	Tubagens	Estagnação e baixos fluxos de água	MP	1	5	5	Baixo
		Estagnação e baixos fluxos de água	Algas	1	3	3	Baixo
		Formação de Biofilmes	MP	1	5	5	Baixo
		Manutenção Inadequada	MP	1	5	5	Baixo
		Falhas na Construção da Tubagem	MP	1	5	5	Baixo
Manutenção Inadequada		SQ	1	3	3	Baixo	
Formação de Biofilmes		T	1	3	3	Baixo	
Acumulação de Sedimentos		T	1	3	3	Baixo	
Manutenção Inadequada	T	1	3	3	Baixo		

Nas tabelas 10, 11 e 12 encontram-se os resultados obtidos da avaliação do subsistema armazenamento.

Tabela 10. Avaliação da água de nascente no subsistema armazenamento

<b>Tipo Água</b>	<b>Local</b>	<b>Evento Perigoso</b>	<b>Perigo</b>	<b>P</b>	<b>S</b>	<b>Pontuação</b>	<b>Classificação</b>
<i>Água Nascente</i>	Tanque A.N	Estagnação e baixos fluxos de água	MP	1	5	5	Baixo
		Estagnação e baixos fluxos de água	Algas	1	3	3	Baixo
		Ações de vandalismo e sabotagem	MP	1	5	5	Baixo
		Formação de Biofilmes	MP	1	5	5	Baixo
		Manutenção Inadequada	MP	1	5	5	Baixo
		Higienização Inadequada	MP	1	5	5	Baixo
		Falha na Construção do Tanque	MP	1	5	5	Baixo
		Ações de vandalismo e sabotagem	SQ	1	5	5	Baixo
		Formação de Subprodutos Resultantes da Limpeza/Desinfecção	SQ	1	3	3	Baixo
		Manutenção Inadequada	SQ	1	3	3	Baixo
		Falha na Construção do Tanque	SQ	1	3	3	Baixo
		Crescimento anormal de algas	SQ	1	5	5	Baixo
		Manutenção Inadequada	T	1	3	3	Baixo
		Acumulação de Sedimentos	T	1	3	3	Baixo
		Falha na Construção do Tanque	T	1	3	3	Baixo
Falhas elétricas/mecânicas (sistemas de alarme/equipamento de monitorização)	FA	2	2	4	Baixo		

Ao analisar a tabela 10 verifica-se que os eventos perigosos foram todos classificados como “Baixo”. Como referido anteriormente, apesar desta classificação, é necessário ficar alerta para os eventos que embora apresentem baixa probabilidade de ocorrência, a sua severidade é considerada catastrófica.

Ao analisar a tabela 11 verifica-se a existência de um evento perigoso classificado como “Moderado” que corresponde ao mau funcionamento do filtro de carvão ativado. Para este PC o perigo associado são as substâncias químicas, mais especificamente, o cloro.

Ao analisar a tabela 12 verifica-se a existência de dois eventos perigosos classificados como “Moderado”, ambos associados ao tanque de 60000 e estes correspondem à formação de biofilmes e à acumulação de sedimentos. Para estes PC o perigo associado é a turvação. Também se verifica a existência de eventos perigosos classificados como “Elevado” que correspondem à higienização inadequada no tanque de 60000 e à formação de biofilmes no tanque de rega. Para estes PC os perigos associados são os microrganismos patogénicos. Ainda se verifica a existência de um evento perigoso classificado como “Extremo” que corresponde à formação de biofilmes no tanque de 60000. Para este PC o perigo associado são os microrganismos patogénicos.

Tanto na tabela 11, como na 12, verifica-se novamente a existência de alguns eventos classificados como “Baixo”, associados ao perigo de microrganismos patogênicos e de substâncias químicas perigosas na água, que se precisa de manter sobre vigilância.

*Tabela 11. Avaliação da água de consumo no subsistema armazenamento*

Tipo Água	Local	Evento Perigoso	Perigo	P	S	Pontuação	Classificação	Q1	Q	Q2	Q3	Q4	Resultado
Água Consumo	Tanque A.C	Estagnação e baixos fluxos de água	MP	1	5	5	Baixo						
		Estagnação e baixos fluxos de água	Algas	1	3	3	Baixo						
		Ações de vandalismo e sabotagem	MP	1	5	5	Baixo						
		Formação de Biofilmes	MP	1	5	5	Baixo						
		Manutenção Inadequada	MP	1	5	5	Baixo						
		Higienização Inadequada	MP	1	5	5	Baixo						
		Falha na Construção do Tanque	MP	1	5	5	Baixo						
		Saturação do carvão ativado	MP	1	5	5	Baixo						
		Ações de vandalismo e sabotagem	SQ	1	5	5	Baixo						
		Formação de Subprodutos Resultantes da Limpeza/Desinfecção	SQ	1	3	3	Baixo						
		Mau funcionamento do filtro de carvão ativado	SQ	2	3	6	Moderado	S	-	N	S	N	PCC
		Saturação do carvão ativado	SQ	1	3	3	Baixo						
		Manutenção Inadequada	SQ	1	3	3	Baixo						
		Falha na Construção do Tanque	SQ	1	3	3	Baixo						
		Crescimento anormal de algas	SQ	1	5	5	Baixo						
		Formação de Biofilmes	T	1	3	3	Baixo						
		Manutenção Inadequada	T	1	3	3	Baixo						
		Acumulação de Sedimentos	T	1	3	3	Baixo						
		Falha na Construção do Tanque	T	1	3	3	Baixo						
		Falhas elétricas/mecânicas (sistemas de alarme/equipamento de monitorização)	FA	2	2	4	Baixo						

Tabela 12. Avaliação da água bruta no subsistema armazenamento

Tipo Água	Local	Evento Perigoso	Perigo	P S		Pontuação	Classificação	Q1	Q2	Q3	Q4	Resultado	
Água Bruta	Tanque 60000	Estagnação e baixos fluxos de água	MP	1	5	5	Baixo						
		Estagnação e baixos fluxos de água	Algas	1	3	3	Baixo						
		Ações de vandalismo e sabotagem	MP	1	5	5	Baixo						
		Formação de Biofilmes	MP	4	5	20	Extremo	S	-	N	S	N	PCC
		Manutenção Inadequada	MP	1	5	5	Baixo						
		Higienização Inadequada	MP	2	5	10	Elevado	S	-	N	S	N	PCC
		Falha na Construção do Tanque	MP	1	5	5	Baixo						
		Ações de vandalismo e sabotagem	SQ	1	5	5	Baixo						
		Formação de Subprodutos Resultantes da Limpeza /Desinfecção	SQ	1	3	3	Baixo						
		Manutenção Inadequada	SQ	1	3	3	Baixo						
		Falha na Construção do Tanque	SQ	1	3	3	Baixo						
		Crescimento anormal de algas	SQ	1	5	5	Baixo						
		Formação de Biofilmes	T	2	3	6	Moderado	S	-	N	S	N	PCC
		Manutenção Inadequada	T	1	3	3	Baixo						
		Acumulação de Sedimentos	T	2	3	6	Moderado	S	-	N	S	N	PCC
		Falha na Construção do Tanque	T	1	3	3	Baixo						
	Falhas elétricas/mecânicas	FA	2	2	4	Baixo							
	Tanque Rega	Estagnação e baixos fluxos de água	MPI	1	5	5	Baixo						
		Estagnação e baixos fluxos de água	Algas	1	3	3	Baixo						
		Ações de vandalismo e sabotagem	MPI	1	5	5	Baixo						
		Formação de Biofilmes	MPI	3	5	15	Elevado	S	-	N	S	N	PCC
		Manutenção Inadequada	MPI	1	5	5	Baixo						
		Higienização Inadequada	MPI	1	5	5	Baixo						
		Falha na Construção do Tanque	MPI	1	5	5	Baixo						
		Ações de vandalismo e sabotagem	SQ	1	3	3	Baixo						
		Formação de Subprodutos Resultantes da Limpeza/Desinfecção	SQ	1	3	3	Baixo						
		Manutenção Inadequada	SQ	1	3	3	Baixo						
		Falha na Construção do Tanque	SQ	1	3	3	Baixo						
		Crescimento anormal de algas	SQ	1	3	3	Baixo						
		Formação de Biofilmes	T	2	1	2	Baixo						
		Manutenção Inadequada	T	1	1	1	Baixo						
		Acumulação de Sedimentos	T	2	1	2	Baixo						
Falha na Construção do Tanque		T	1	1	1	Baixo							
Falhas elétricas/mecânicas	FA	2	1	2	Baixo								

Ao aplicar a árvore de decisão aos PC identificados no subsistema armazenamento, todos eles foram considerados como PCC. Na tabela 13 encontram-se todos os PCC identificados e a sua denominação.

*Tabela 13. Denominação dos PCC identificados no subsistema armazenamento*

TQ Água Consumo	Mau funcionamento do filtro de carvão ativado	PCC 1
TQ 60000	Formação de biofilmes	PCC 2
	Higienização Inadequada	
	Formação de Biofilmes	PCC 3
	Acumulação de sedimentos	
TQ Rega	Formação de biofilmes	PCC 4

Nas tabelas 14, 15 e 16 encontram-se os resultados obtidos da avaliação do subsistema distribuição.

Ao analisar a tabela 14 verifica-se que os eventos perigosos foram todos classificados como “Baixo”.

*Tabela 14. Avaliação da água de nascente no subsistema distribuição*

Tipo Água	Local	Evento Perigoso	Perigo	P	S	Pontuação	Classificação
Água Nascente	Tubagens	Estagnação e baixos fluxos de água	MP	1	5	5	Baixo
		Formação de Biofilmes	MP	1	5	5	Baixo
		Manutenção Inadequada	MP	1	5	5	Baixo
		Deficiente Controlo de Temperatura	MP	1	5	5	Baixo
		Manutenção Inadequada	SQ	1	3	3	Baixo
		Acumulação de Sedimentos	T	1	3	3	Baixo
		Formação de Biofilmes	T	1	3	3	Baixo
	Manutenção Inadequada	T	1	3	3	Baixo	
	Lavatório/ LM	Formação de aerossóis	MPI	1	5	5	Baixo

Ao analisar a tabela 15 verifica-se a existência de vários eventos perigosos classificados como “Elevado” que correspondem à formação de aerossóis no sistema de rega, à estagnação e baixos fluxos de água e o deficiente controlo de temperatura nas tubagens associadas à água bruta, assim como, todos os eventos perigosos associados à torre de refrigeração (formação de aerossóis, estagnação e baixos fluxos de água, formação de biofilmes, avaria no controlador de cloro, tempo de contacto insuficiente da água com o cloro, rutura de stock de cloro, funcionamento intermitente, falhas elétricas/mecânicas). Para estes PC os perigos associados são os microrganismos patogénicos. Também se verifica a existência de eventos perigosos classificados como “Extremo” que correspondem à formação de biofilmes nas tubagens associadas à água bruta e à formação de aerossóis nos chuveiros presentes na fábrica das garrafas e no contentor dos químicos. Para estes PC os perigos

associados são respetivamente os microrganismos patogénicos e os microrganismos patogénicos transmitidos por inalação.

Tabela 15. Avaliação da água bruta no subsistema distribuição

Tipo Água	Local	Evento Perigoso	Perigo	Pontuação		Classificação	Q1	Q	Q2	Q3	Q4	Resultado		
				P	S									
Água Bruta	SAC	Formação de aerossóis	MPI	1	5	5	Baixo							
	UTA's	Formação de aerossóis	MPI	1	5	5	Baixo							
	Sistema de Rega	Formação de aerossóis	MPI	2	5	10	Elevado	S	-	N	S	N	PCC	
	Tubagens		Estagnação e baixos fluxos de água	MP	3	5	15	Elevado	S	-	N	S	N	PCC
			Formação de Biofilmes	MP	4	5	20	Extremo	S	-	N	S	N	PCC
			Manutenção Inadequada	MP	1	5	5	Baixo						
			Deficiente Controlo de Temperatura	MP	2	5	10	Elevado	S	-	N	S	N	PCC
			Manutenção Inadequada	SQ	1	3	3	Baixo						
			Acumulação de Sedimentos	T	1	3	3	Baixo						
			Formação de Biofilmes	T	1	3	3	Baixo						
			Manutenção Inadequada	T	1	3	3	Baixo						
			Chuveiro	Formação de aerossóis	MPI	4	5	20	Extremo	S	-	N	S	N
	Lavatório/LM	Formação de aerossóis	MPI	1	5	5	Baixo							
	Torre de Refrigeração		Formação de aerossóis	MPI	2	5	10	Elevado	S	-	N	S	N	PCC
			Estagnação e baixos fluxos de água	MPI	2	5	10	Elevado	S	-	N	S	N	PCC
			Formação de Biofilmes	MPI	2	5	10	Elevado	S	-	N	S	N	PCC
			Avaria Controlador de Cloro	MPI	2	5	10	Elevado	S	-	N	S	N	PCC
			Tempo de contacto insuficiente da água com o cloro	MPI	2	5	10	Elevado	S	-	N	S	N	PCC
			Rutura de stock de cloro	MPI	2	5	10	Elevado	S	-	N	S	N	PCC
			Funcionamento Intermitente	MPI	2	5	10	Elevado	S	-	N	S	N	PCC
Falhas elétricas/mecânicas (sistemas de alarme/equipamento de monitorização)	MPI	2	5	10	Elevado	S	-	N	S	N	PCC			

Ao analisar a tabela 16 verifica-se a existência de eventos perigosos classificados como “Moderado” que correspondem à acumulação de sedimentos nas tubagens associadas à água da rede pública e o excesso de cloro residual nos diversos pontos de utilização desta água. Para estes PC os perigos associados são a turvação e as substâncias químicas, mais especificamente, o cloro. Também se verifica a existência de um evento perigoso classificado como “Elevado” que corresponde ao deficiente controlo de temperatura nas tubagens associadas à água da rede pública.

Tabela 16. Avaliação da água da rede pública no subsistema distribuição

Tipo Água	Local	Evento Perigoso	Perigo	P S		Pontuação	Classificação	Q1 Q Q2 Q3 Q4					Resultado
Água Rede Pública	Tubagens	Estagnação e baixos fluxos de água	MP	1	5	5	Baixo						
		Formação de Biofilmes	MP	1	5	5	Baixo						
		Manutenção Inadequada	MP	1	5	5	Baixo						
		Deficiente Controlo de Temperatura	MP	2	5	10	Elevado	S	-	N	N	-	Não é PCC
		Manutenção Inadequada	SQ	1	3	3	Baixo						
		Acumulação de Sedimentos	T	2	3	6	Moderado	N	N	-	-	-	Não é PCC
		Formação de Biofilmes	T	1	3	3	Baixo						
	Manutenção Inadequada	T	1	3	3	Baixo							
	Chuveiros	Formação de aerossóis	MPI	1	5	5	Baixo						
	Lavatórios	Formação de aerossóis	MPI	1	5	5	Baixo						
	PUA	Residual de cloro insuficiente	MP	1	5	5	Baixo						
Residual de cloro excessivo		SQ	2	3	6	Moderado	N	N	-	-	-	Não é PCC	

É necessário salientar que existem 3 UTA's na Etanor/Penha e estas encontram-se distribuídas pelo Enchimento, Fábrica das Garrafas e Embalamento. A UTA presente no Enchimento contem serpentinas que fazem circular água fria proveniente do chiller que se encontra na Produção. A UTA presente na Fábrica das Garrafas utiliza a água proveniente das torres de refrigeração, sendo que uma fuga de água nas serpentinas desta UTA pode levar à formação de aerossóis e consequentemente ao desenvolvimento de microrganismos patogénicos transmitidos por inalação como é o caso da *Legionella*, pois esta água apresenta todas as características favoráveis para o seu desenvolvimento. A UTA presente no Embalamento não contem água, apenas há recirculação de ar.

Ao aplicar a árvore de decisão aos PC identificados no subsistema distribuição, todos eles foram considerados como PCC, exceto os PC associados à água da rede pública, isto porque no caso da turvação e substâncias químicas não são implementadas medidas de controlo, visto que compete à entidade gestora garantir a qualidade da água para consumo. De qualquer forma, não são considerados como PCC porque se entende que mesmo que o evento perigoso ocorra, o impacto é limitado ao nível organolético, não constituindo risco elevado para a segurança. Relativamente à temperatura também não foi considerado PCC, apesar de existir uma medida de controlo associada, que é a verificação trimestral da temperatura dos termoacumuladores. Neste caso, considera-se que mesmo que ocorra um desvio da temperatura, as características da água neste ponto (existência de cloro residual, períodos de estagnação curtos...) levam a crer que o perigo em causa não irá atingir níveis superiores/inaceitáveis.

Na tabela 17 encontram-se todos os PCC identificados e a sua denominação.

*Tabela 17. Denominação dos PCC identificados no subsistema distribuição*

Sistema de Rega	Formação de aerossóis	PCC 5
Tubagens água bruta	Estagnação e baixos fluxos de água	PCC 6
	Formação de Biofilmes	
	Deficiente controlo de temperatura	
Chuveiros água bruta	Formação de aerossóis	PCC 7
Torre de Refrigeração	Formação de aerossóis	PCC 8
	Estagnação e baixos fluxos de água	
	Formação de Biofilmes	
	Avaria Controlador de Cloro	
	Tempo de contacto insuficiente da água com o cloro	
	Rutura de stock de cloro	
	Funcionamento Intermitente	
	Falhas elétricas/mecânicas (sistemas de alarme/equipamento de monitorização)	

### 5.2.3 Identificação e avaliação de medidas de controlo

A presente etapa consiste em determinar as medidas de controlo, que correspondem às ações, atividades ou processos usados para eliminar ou reduzir significativamente a ocorrência de riscos. Estas medidas não devem ser imprecisas ou vagas e devem ser aplicadas coletivamente e permanentemente para garantir que a qualidade da água é controlada eficazmente (WHO, 2006; WHO, 2011).

As medidas já implementadas pela Etanor para o subsistema captação são:

- Vigilância e controlo dos terrenos das captações;
- Acesso vedado às bombas na captação, e a toda a zona da captação;
- Realização de rondas periódicas;
- Limpeza dos terrenos;
- Monitorização do caudal e nível das captações;
- Realização de análises à qualidade da água;
- Seleção de empresas que cumpram as regras estabelecidas no caderno de encargos;
- Cumprimento do Plano de Limpeza e Desinfecção;
- Sistema de captação com variadores de velocidade.

As medidas já implementadas pela Etanor para o subsistema armazenamento são:

- Perímetro do reservatório devidamente protegido e o acesso condicionado;
- Alarme de deteção contra intrusão;
- Realização de rondas periódicas;
- Vigilância através de câmaras de vídeo;
- Cumprimento do Plano de Limpeza e Desinfeção;
- Seleção de empresas que cumpram as regras estabelecidas no caderno de encargos;
- Purga da primeira água de enchimento do tanque após desinfeção;
- Análises para deteção da presença de substâncias químicas usadas nos desinfetantes (peróxido de hidrogénio e cloro).

No subsistema armazenamento deverão ser adotadas as seguintes medidas de controlo:

- Substituição do leito de carvão ativado nos prazos planeados;
- Lavagem com água e desinfeção do leito de carvão ativado em intervalos regular;
- Lavagem em contra-corrente com um fluxo correto, em intervalos regulares.

As medidas já implementadas pela Etanor, para o subsistema distribuição, são:

- Medição da temperatura da água quente à saída do ponto de utilização (trimestral);
- Verificação trimestral da temperatura de funcionamento dos termoacumuladores;
- Realização de análises à qualidade da água (diário);
- Manutenção preventiva das UTA's – verificação do estado dos filtros e eventuais fugas nas serpentinas de refrigeração (mensal); substituição dos filtros de ar dos equipamentos (anual);
- Realização de análise para deteção da presença de *Legionella* (PUA – trimestral; Torre de Refrigeração – mensal);
- Programa de controlo e desinfeção da água da torre de refrigeração (adição de hipoclorito de sódio e biocida não oxidante);
- Verificação do funcionamento do equipamento de doseamento de cloro e biocida (diário);
- Análise de parâmetros de controlo da qualidade da água de refrigeração (pH, residual de cloro, entre outros) (semanal).

No subsistema distribuição deverão ser adotadas as seguintes medidas de controlo:

- Garantir a existência de um plano de manutenção para o controlador de cloro;

- Instalar sistemas de alarme para avisar sempre que a concentração de cloro for incorreta;
- Fazer uma gestão eficiente do stock;
- Verificação do funcionamento diário do sistema de rega (controlador de rega);
- Abertura do chuveiro presente no contentor dos químicos (mensal).

## 5.3 Monitorização Operacional

Após estarem identificadas as medidas de controlo, torna-se importante assegurar procedimentos de avaliação do sistema, de modo a garantir o seu correto funcionamento. Assim sendo, a monitorização operacional permite avaliar se as medidas de controlo se encontram devidamente implementadas e se são eficazes, através de observações e medições de alguns parâmetros (WHO, 2017).

Os parâmetros selecionados para monitorização operacional devem refletir a eficácia de cada medida de controlo, fornecer uma indicação oportuna do desempenho, ser facilmente medidos e fornecer oportunidade para uma resposta apropriada. Exemplos de parâmetros operacionais são o pH, a turvação, a cor, a condutividade, o cloro residual, entre outros (WHO, 2005).

De um modo geral, a etapa de monitorização operacional contém três fases, primeiramente a definição dos limites para as medidas de controlo, de seguida, a monitorização desses limites e, por último, a aplicação de ações corretivas em resposta a um desvio detetado. Os planos de monitorização para os PCC identificados encontram-se nas tabelas de 18 a 25.

### 5.3.1 Estabelecimento de limites críticos

As medidas de controlo precisam de ter limites definidos para a aceitabilidade operacional que podem ser aplicados aos parâmetros de monitorização operacional. Para cada potencial perigo há que estabelecer os respetivos limites críticos (LC) determinando-se, assim, os objetivos a serem cumpridos pelo sistema, de modo a garantir a qualidade da água dentro dos limites impostos pela legislação em vigor (Vieira & Morais, 2005).

Os LC podem ser limites superiores, limites inferiores, um intervalo ou um conjunto de medidas de desempenho. Estes estabelecem valores que separam a aceitabilidade da inaceitabilidade do funcionamento do sistema e devem ser mensuráveis direta ou indiretamente (Vieira & Morais, 2005). Os LC devem ainda ser estabelecidos tendo em conta a legislação em vigor aplicável aos sistemas de abastecimento de água em Portugal.

### 5.3.2 Estabelecimento de procedimentos de monitorização

Com o intuito de verificar se os LC foram cumpridos, deve ser realizada a monitorização da qualidade da água. A monitorização depende do estabelecimento dos princípios "O quê?", "Como?", "Quando?" e "Quem?" (WHO, 2005).

No caso da monitorização evidenciar que um LC foi excedido, existe a possibilidade de a água se tornar insegura. O objetivo é monitorizar as medidas de controlo em tempo útil para evitar o fornecimento de água potencialmente perigosa. As estratégias e procedimentos de monitorização devem ser documentados e devem incluir a seguinte informação (Vieira & Morais, 2005; WHO, 2005):

- Parâmetros a monitorizar;
- Locais e frequência de amostragem;
- Métodos de amostragem e equipamento utilizado;
- Programação de amostragem;
- Procedimentos para o controlo de qualidade dos métodos analíticos;
- Requisitos para verificação e interpretação de resultados;
- Responsabilidades e qualificações necessárias de pessoal;
- Requisitos para documentação e gestão de registos;
- Requisitos para relatórios e comunicação de resultados.

### 5.3.3 Estabelecimento de ações corretivas

Uma componente importante da segurança da água é o desenvolvimento de ações corretivas. As ações corretivas são impostas quando a monitorização deteta um desvio ao LC, atuando no sentido de corrigir esse desvio. Como referido anteriormente, a deteção do desvio e a implementação da ação corretiva devem ser possíveis num período adequado para manter o desempenho e a segurança da água (WHO, 2017).

Para o PCC 1 deve-se monitorizar o cloro residual, semanalmente, à saída do filtro de carvão ativado. O plano de monitorização operacional para este PCC encontra-se na tabela 18.

Tabela 18. Plano de Monitorização Operacional para o PCC 1 – Tanque Água de Consumo

Parâmetro (O quê?)	Limites Críticos		Local de monitorização (Onde?)	Como?	Quando?	Quem?	Ações Corretivas
	Valor	Unidades					
<i>Cloro Residual</i>	0	mg/L	À saída do filtro de carvão ativado	Análise laboratorial	Semanalmente	Laboratório Interno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituição do leito de carvão ativado.</li> <li>• Revisão dos parâmetros de lavagem em contra corrente (caudal, frequência,...).</li> </ul>

Para o PCC 2 deve-se realizar um controlo das bactérias coliformes, *Escherichia coli*, *Enterococcus* e *Clostridium perfringens* semanalmente e a *Legionella* deve ser controlada trimestralmente, à saída do tanque de 60000. O plano de monitorização operacional para este PCC encontra-se na tabela 19.

Tabela 19. Plano de Monitorização Operacional para o PCC 2 – Tanque 60000

Parâmetro (O quê?)	Limites Críticos		Local de monitorização (Onde?)	Como?	Quando?	Quem?	Ações Corretivas
	Valor	Unidades					
<i>Coliformes Totais</i>	0	UFC/100mL	À saída do tanque	Análise laboratorial	Semanalmente	Laboratório Interno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetição da análise para confirmação do resultado.</li> <li>• Em caso de resultado não conforme na repetição realizar choque químico* à água do tanque.</li> <li>• Após o choque químico realizar nova amostra para avaliação da sua eficácia.</li> <li>• Caso se mantenham os valores, purga total do tanque e realizar limpeza/desinfecção do mesmo.</li> </ul>
<i>Coliformes Fecais</i>							
<i>Escherichia Coli</i>							
<i>Enterococcus</i>							
<i>Clostridium perfringens</i>							
<i>Legionella pneumophila</i>	0	UFC/L			Trimestralmente	Laboratório Externo	
<i>Legionella spp.</i>	<100						

\* Clorar a água com uma solução com cerca de 20 mg/L de cloro residual livre, garantindo que nos extremos da rede o residual de cloro seja 1-2 mg/L, durante 2 a 3 horas.

De notar que tanto as bactérias coliformes como a *Escherichia Coli*, *Enterococcus* e *Clostridium perfringens* apresentam menos resistência ao cloro, por esse motivo espera-se que sejam eliminados com uma menor concentração de desinfetante, quando comparado com o utilizado para a *Legionella*.

Para o PCC 3 deve-se monitorizar a turvação, semanalmente, à saída do tanque de 60000. O plano de monitorização operacional para este PCC encontra-se na tabela 20.

Tabela 20. Plano de Monitorização Operacional para o PCC 3 – Tanque 60000

Parâmetro (O quê?)	Limites Críticos		Local de monitorização (Onde?)	Como?	Quando?	Quem?	Ações Corretivas
	Valor	Unidades					
<i>Turvação</i>	<4	UNT	À saída do tanque	Inspeção Visual	Semanalmente	Laboratório Interno	• Colocação de um sistema de filtração à saída do tanque.

Para o PCC 4 deve-se monitorizar a *Legionella*, trimestralmente, à saída do tanque de rega. O plano de monitorização operacional para este PCC encontra-se na tabela 21.

Tabela 21. Plano de Monitorização Operacional para o PCC 4 – Tanque Rega

Parâmetro (O quê?)	Limites Críticos		Local de monitorização (Onde?)	Como?	Quando?	Quem?	Ações Corretivas
	Valor	Unidades					
<i>Legionella pneumophila</i>	0	UFC/L	À saída do tanque de rega	Análise laboratorial	Trimestralmente	Laboratório Externo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetição da análise para confirmação do resultado.</li> <li>• Em caso de resultado não conforme na repetição realizar choque químico* à água do tanque.</li> <li>• Após o choque químico realizar nova amostra para avaliação da sua eficácia.</li> <li>• Caso se mantenham os valores, purga total do tanque e realizar limpeza/desinfecção do mesmo.</li> </ul>
<i>Legionella spp.</i>	<100						

\* Clorar a água com uma solução com cerca de 20 mg/L de cloro residual livre, garantindo que nos extremos da rede o residual de cloro seja 1-2 mg/L, durante 2 a 3 horas.

Para o PCC 5 deve-se monitorizar a *Legionella*, trimestralmente, à saída do sistema de rega. O plano de monitorização operacional para este PCC encontra-se na tabela 22.

Tabela 22. Plano de Monitorização Operacional para o PCC 5 – Sistema de Rega

Parâmetro (O quê?)	Limites Críticos		Local de monitorização (Onde?)	Como?	Quando?	Quem?	Ações Corretivas
	Valor	Unidades					
<i>Legionella pneumophila</i>	0	UFC/L	À saída do sistema de rega	Análise laboratorial	Trimestralmente	Laboratório Externo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetição da análise para confirmação do resultado.</li> <li>• Em caso de resultado não conforme na repetição realizar choque químico* à água do tanque.</li> <li>• Após o choque químico realizar nova amostra para avaliação da sua eficácia.</li> <li>• Caso se mantenham os valores, purga total do tanque e realizar limpeza/desinfecção do mesmo.</li> </ul>
<i>Legionella spp.</i>	<100						

\* Clorar a água com uma solução com cerca de 20 mg/L de cloro residual livre, garantindo que nos extremos da rede o residual de cloro seja 1-2 mg/L, durante 2 a 3 horas.

Para o PCC 6 deve-se realizar um controlo das bactérias coliformes, *Escherichia coli*, *Enterococcus* e *Clostridium perfringens* semanalmente e a *Legionella* deve ser controlada trimestralmente, à saída do tanque. Além destes parâmetros também se deve monitorizar a temperatura da água quente à saída de todos os PUA. O plano de monitorização operacional para este PCC encontra-se na tabela 23.

Tabela 23. Plano de Monitorização Operacional para o PCC 6 – Tubagens Água Bruta

Parâmetro (O quê?)	Limites Críticos		Local de monitorização (Onde?)	Como?	Quando?	Quem?	Ações Corretivas
	Valor	Unidades					
<i>Coliformes Totais</i>	0	UFC/100mL	Tubagens / Tanque de 60000	Análise Laboratorial	Semanalmente	Laboratório Interno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetição da análise para confirmação do resultado.</li> <li>• Em caso de resultado não conforme na repetição realizar choque térmico* nas tubagens / choque químico** no tanque.</li> <li>• Após o choque químico realizar nova amostra para avaliação da sua eficácia.</li> <li>• Caso se mantenham os valores, purga total do tanque e realizar limpeza/desinfecção do mesmo.</li> </ul>
<i>Coliformes Fecais</i>							
<i>Escherichia Coli</i>							
<i>Enterococcus</i>							
<i>Clostridium perfringens</i>							
<i>Legionella spp.</i>	<100	UFC/L	À saída do PUA	Termometria	Trimestralmente	Laboratório Externo	
<i>Legionella pneumophila</i>	0						
<i>Temperatura água quente</i>	>50	°C	À saída do PUA	Termometria		Laboratório Interno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar a temperatura do termoacumulador de água.</li> </ul>

\* Aumentar a temperatura dos termoacumuladores para 70 °C a 80 °C por um período de 1 a 2 horas antes de os colocar de novo em serviço.

\*\* Clorar a água com uma solução com cerca de 20 mg/L de cloro residual livre, garantindo que nos extremos da rede o residual de cloro seja 1-2 mg/L, durante 2 a 3 horas.

De notar que tanto as bactérias coliformes como a *Escherichia Coli*, *Enterococcus* e *Clostridium perfringens* apresentam menos resistência ao cloro, por esse motivo, espera-se que sejam eliminados com uma menor concentração de desinfetante, quando comparado com o utilizado para a *Legionella*.

Para o PCC 7 deve-se monitorizar a *Legionella*, trimestralmente, à saída do chuveiro presente na fábrica das garrafas, assim como, no chuveiro de emergência que se encontra no contentor dos químicos. Também se deve monitorizar, trimestralmente, a temperatura da água fria e da água quente. O plano de monitorização operacional para este PCC encontra-se na tabela 24.

Tabela 24. Plano de Monitorização Operacional para o PCC 7 – Chuveiros Água Bruta

Parâmetro (O quê?)	Limites Críticos		Local de monitorização (Onde?)	Como?	Quando?	Quem?	Ações Corretivas
	Valor	Unidades					
<i>Legionella</i> spp.	<100	UFC/L	À saída do chuveiro	Análise laboratorial	Trimestralmente	Laboratório Externo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetição da análise para confirmação do resultado.</li> <li>• Em caso de resultado não conforme na repetição realizar choque térmico* / choque químico**</li> <li>• Após o choque químico realizar nova amostra para avaliação da sua eficácia.</li> <li>• Caso se mantenham os valores, purga total do tanque e realizar limpeza/desinfecção do mesmo.</li> <li>• Purga da água do tanque para reencher com água fresca.</li> <li>• Aumentar a temperatura do termoacumulador de água.</li> </ul>
<i>Legionella pneumophila</i>	0						
<i>Temperatura água fria</i>	<20	°C		Termometria		Laboratório Interno	
<i>Temperatura água quente</i>	>50						

\* Aumentar a temperatura dos termoacumuladores para 70 °C a 80 °C por um período de 1 a 2 horas antes de os colocar de novo em serviço. Abrir sequencialmente as torneiras, a água deve sair pelo menos a 60 °C durante 5 minutos.

\*\* Clorar a água com uma solução com cerca de 20 mg/L de cloro residual livre, garantindo que nos extremos da rede o residual de cloro seja 1-2 mg/L, durante 2 a 3 horas. Abrir as torneiras sequencialmente e deixar descarregar durante 5 minutos, garantindo-se que há um residual de cloro de 1-2 mg/L.

Para o PCC 8 deve-se monitorizar a *Legionella*, mensalmente, no tabuleiro inferior que constitui a torre de refrigeração. Também se deve monitorizar o cloro residual diariamente. O plano de monitorização operacional para este PCC encontra-se na tabela 25.

Tabela 25. Plano de Monitorização Operacional para o PCC 8 – Torre de Refrigeração

Parâmetro (O quê?)	Limites Críticos		Local de monitorização (Onde?)	Como?	Quando?	Quem?	Ações Corretivas
	Valor	Unidades					
<i>Legionella</i> spp.	<1000	UFC/L	Tabuleiro inferior	Análise Laboratorial	Mensalmente	Laboratório Externo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetição da análise para confirmação do resultado.</li> <li>• Em caso de resultado não conforme na repetição dentro do mesmo intervalo, ajustar os parâmetros de tratamento (aumento do doseamento de cloro, aumento das purgas,...)</li> <li>• 10 dias após alteração do tratamento realizar nova amostra para avaliação da eficácia do tratamento.</li> <li>• Caso se mantenham os valores, purga total do tanque e realizar limpeza/desinfecção do mesmo.</li> </ul>
<i>Legionella pneumophila</i>	0						
<i>Cloro Residual</i>	[0,5 ; 1]	mg/L		Fotómetro	Diariamente	Técnico do SIG	

A “desinfecção” mencionada para as Torres de Refrigeração é baseada no protocolo presente na publicação do Instituto Português da Qualidade em parceria com a EPAL “Prevenção e Controlo da *Legionella* em Sistemas de Água” ((CS/04), 2014) que consiste em:

- a) Clorar a água do sistema até se conseguir pelo menos 20 mg/L de cloro residual livre e adicionar biodispersantes e anticorrosivos compatíveis, em quantidade adequada, mantendo os ventiladores desligados e, quando for possível, as aberturas fechadas para evitar a saída de aerossóis;
- b) Recircular o sistema durante 3 horas, medir o nível de cloro residual livre pelo menos de hora a hora, repondo-se a quantidade perdida;
- c) Neutralizar o cloro e proceder à recirculação de água de igual forma à do ponto anterior;
- d) Esvaziar o sistema e lavar com água sob pressão;
- e) Limpar as superfícies do sistema com detergentes e água sob pressão e lavar;
- f) Introduzir no fluxo de água cloro em quantidade suficiente para alcançar o nível de 20 mg/L de cloro residual livre, adicionando anticorrosivos compatíveis com o cloro em quantidade adequada. Manter durante 2 horas verificando o nível de cloro residual livre, cada 30 minutos, repondo a quantidade perdida. Recircular a água por todo o sistema mantendo os ventiladores desligados e as aberturas fechadas;
- g) Neutralizar o cloro e recircular de igual forma como no ponto anterior;
- h) Esvaziar o sistema, limpar e adicionar o desinfetante de manutenção. Quando o desinfetante é o cloro deve manter-se o nível de 2 mg/L de cloro residual livre e adicionar um anticorrosivo compatível com o cloro, em quantidade adequada;
- i) As peças desmontáveis devem ser limpas e submersas numa solução que contenha 20 mg/L de cloro residual livre, durante 20 minutos, lavando-se posteriormente com água fria abundante. Os elementos difíceis de desmontar ou de difícil acesso, devem ser pulverizados com a mesma solução durante o mesmo tempo. No caso de equipamentos que pelas suas dimensões ou conceção não possibilitem a pulverização, a limpeza e desinfecção deve realizar-se através de nebulização elétrica;
- j) Posteriormente continuar-se-á com as medidas de manutenção habituais.

## 5.4 Planos de Gestão

Não importa quão completo seja o PSA, é possível que ocorram imprevistos ou desvios para os quais não exista uma ação corretiva. Sob tais circunstâncias, é necessário desenvolver ações corretivas sem aviso prévio. Embora não seja possível implementar ações corretivas específicas e detalhadas para responder a tais cenários, é apropriado possuir um plano genérico de resposta (WHO, 2005).

De modo a atingir os seus objetivos, o PSA deve conter planos de gestão. Estes planos devem descrever as ações a tomar e conter a documentação sobre a avaliação e a monitorização do sistema, assim como, os seguintes requisitos (Vieira & Morais, 2005; WHO, 2011):

- Avaliação do sistema de abastecimento;
- Monitorização operacional programada;
- Procedimentos sistematizados para a gestão de qualidade da água, incluindo documentação e comunicação;
- Desenvolvimento de programas para renovação e melhoramentos do sistema;
- Estabelecimento de protocolos apropriados para responder a incidentes (planos de emergência).

Assim sendo, uma gestão eficaz implica a definição de ações a serem tomadas durante condições operacionais normais (gestão de rotina) e de ações a implementar em situações específicas, incluindo procedimentos a serem seguidos em situações de incidentes “previsíveis”, eventos imprevistos ou de emergência (gestão em condições excecionais) (WHO, 2017).

### 5.4.1 Estabelecimento de procedimentos para a gestão de rotina

Segundo Vieira & Morais (2005), uma vez elaborado o PSA, as instruções nele contidas deverão ser seguidas diariamente de modo a garantir a qualidade da água. Deverão ser registados num relatório todos os dados do sistema, as medições efetuadas e todos os resultados obtidos nos PCC devem ser claros e regularmente avaliados. Desta forma, garante-se o cumprimento dos LC. Caso se registem desvios, deve ser assegurado que as ações corretivas sugeridas estão a ser bem executadas (Vieira & Morais, 2005).

Estando os perigos, os PCC, os LC, os procedimentos de monitorização e as ações corretivas definidas, torna-se necessário criar um mecanismo de verificação que garanta que o sistema, no seu todo, funciona em condições seguras. Na realidade, e apesar de um perfeito sistema de funcionamento e de

uma manutenção regular, pode verificar-se a ocorrência de incidentes pontuais ou graduais no sistema de abastecimento que podem pôr em causa a qualidade da água.

Estes perigos só podem ser mantidos sob controlo através de verificações sistemáticas e periódicas, como por exemplo, através de inspeções visuais, medições físicas *in situ* e análises laboratoriais da água em vários pontos do sistema. Por isso, torna-se necessário elaborar um caderno de instruções com o objetivo de controlar os PCC.

Nas tabelas de 26 a 32 encontram-se os planos de gestão de rotina para cada PCC identificado.

*Tabela 26. Plano de gestão de rotina dos tanques de água de consumo*

PCC 1 - Tanque Água Consumo					
Eventos Perigosos					
1. Mau Funcionamento do Filtro de Carvão Ativado					
Perigos					
Substâncias Químicas					
Medidas de Controlo					
Substituição do leito de carvão nos prazos planeados.					
Verificado <input type="checkbox"/>					
Data Realização_____					
Lavagem com água tratada e desinfecção do leito carbonatado em intervalos regulares.					
Verificado <input type="checkbox"/>					
Data Realização_____					
Lavagem em contra-corrente com um fluxo correto, em intervalos regulares.					
Verificado <input type="checkbox"/>					
Data Realização_____					
Monitorização Operacional					
O quê?	LC	Unidade	Quando?	Quem?	Ação Corretiva
<i>Cloro Residual</i>	0	mg/L	Semanalmente	Laboratório Interno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substituição do leito de carvão ativado.</li> <li>• Revisão dos parâmetros de lavagem em contra corrente (caudal, frequência,...).</li> </ul>

Tabela 27. Plano de gestão de rotina do tanque 60000

PCC 2 e 3 - Tanque 60000					
Eventos Perigosos					
1. Formação de Biofilmes 2. Higienização Inadequada 3. Acumulação de Sedimentos					
Perigos					
1.1. Microrganismos Patogénicos 1.2. Turvação 2.1. Microrganismos Patogénicos 3.1. Turvação					
Medidas de Controlo					
Cumprimento do plano de limpeza e desinfeção.  Verificado <input type="checkbox"/> Data Realização _____					
Monitorização Operacional					
O quê?	LC	Unidade	Quando?	Quem?	Ação Corretiva
<i>Coliformes Totais</i>	0	UFC/100mL	Semanalmente	Laboratório Interno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetição da análise para confirmação do resultado.</li> <li>• Em caso de resultado não conforme na repetição realizar choque químico à água do tanque.</li> <li>• Após o choque químico realizar nova amostra para avaliação da sua eficácia.</li> <li>• Caso se mantenham os valores, purga total do tanque e realizar limpeza/desinfeção do mesmo.</li> </ul>
<i>Coliformes Fecais</i>					
<i>Escherichia Coli</i>					
<i>Enterococcus</i>			Semestralmente		
<i>Clostridium perfringens</i>					
<i>Legionella pneumophila</i>	0	UFC/L	Trimestralmente	Laboratório Externo	
<i>Legionella spp.</i>	<100				
<i>Turvação</i>	<4	UNT	Semanalmente	Laboratório Interno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocação de um sistema de filtração à saída do tanque.</li> </ul>
pH	[5;8]	-			
<i>Condutividade</i>	[95;130]	µS/cm			

Tabela 28. Plano de gestão de rotina do tanque de rega

PCC 4 - Tanque Rega					
Eventos Perigosos					
1. Formação de Biofilmes					
Perigos					
Microrganismos Patogénicos Transmitidos por inalação ( <i>Legionella</i> )					
Medidas de Controlo					
Cumprimento do plano de limpeza e desinfeção.					
<p style="text-align: right;">Verificado <input type="checkbox"/>      Data Realização _____</p>					
Monitorização Operacional					
O quê?	LC	Unidade	Quando?	Quem?	Ação Corretiva
<i>Legionella pneumophila</i>	0	UFC/L	Trimestralmente	Laboratório Externo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetição da análise para confirmação do resultado.</li> <li>• Em caso de resultado não conforme na repetição realizar choque químico à água do tanque.</li> <li>• Após o choque químico realizar nova amostra para avaliação da sua eficácia.</li> <li>• Caso se mantenham os valores, purga total do tanque e realizar limpeza/desinfeção do mesmo.</li> </ul>
<i>Legionella spp.</i>	<100				

Tabela 29. Plano de gestão de rotina do sistema de rega

PCC 5 - Sistema de Rega					
Eventos Perigosos					
1. Formação de aerossóis					
Perigos					
Microrganismos Patogénicos Transmitidos por inalação ( <i>Legionella</i> )					
Medidas de Controlo					
Verificação do funcionamento diário do sistema de rega (controlador de rega).					
Verificado <input type="checkbox"/> Data Realização _____					
Monitorização Operacional					
O quê?	LC	Unidade	Quando?	Quem?	Ação Corretiva
<i>Legionella pneumophila</i>	0	UFC/L	Trimestralmente	Laboratório Externo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetição da análise para confirmação do resultado.</li> <li>• Em caso de resultado não conforme na repetição realizar choque químico à água do tanque.</li> <li>• Após o choque químico realizar nova amostra para avaliação da sua eficácia.</li> <li>• Caso se mantenham os valores, purga total do tanque e realizar limpeza/desinfecção do mesmo.</li> </ul>
<i>Legionella spp.</i>	<100				

Tabela 30. Plano de gestão de rotina das tubagens de água bruta

PCC 6 - Tubagens Água Bruta					
Eventos Perigosos					
1. Estagnação e baixos fluxos de água 2. Formação de Biofilmes 3. Deficiente Controlo de Temperatura					
Perigos					
Microrganismos Patogénicos					
Medidas de Controlo					
Medição da temperatura da água quente à saída do ponto de utilização (trimestral). Verificado <input type="checkbox"/> Data Realização _____					
Verificação da temperatura de funcionamento dos termoacumuladores (trimestral). Verificado <input type="checkbox"/> Data Realização _____					
Monitorização Operacional					
O quê?	LC	Unidade	Quando?	Quem?	Ação Corretiva
<i>Coliformes Totais</i>	0	UFC/100mL	Semanalmente	Laboratório Interno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetição da análise para confirmação do resultado.</li> <li>• Em caso de resultado não conforme na repetição realizar choque térmico nas tubagens / choque químico no tanque.</li> <li>• Após o choque químico realizar nova amostra para avaliação da sua eficácia.</li> </ul>
<i>Coliformes Fecais</i>	0				
<i>Escherichia Coli</i>	0				
<i>Enterococcus</i>	0				
<i>Clostridium perfringens</i>	0				
<i>Legionella spp.</i>	0	UFC/L	Trimestralmente	Laboratório Externo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caso se mantenham os valores, purga total do tanque e realizar limpeza/desinfecção do mesmo.</li> </ul>
<i>Legionella pneumophila</i>	<100				
<i>Temperatura água quente</i>	>50	°C		Laboratório Interno	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar a temperatura do termoacumulador de água.</li> </ul>

Tabela 31. Plano de gestão de rotina dos chuveiros abastecidos com água bruta

PCC 7 – Chuveiros					
Eventos Perigosos					
1. Formação de Biofilmes					
Perigos					
Microrganismos Patogénicos Transmitidos por inalação ( <i>Legionella</i> )					
Medidas de Controlo					
Verificação da temperatura de funcionamento dos termoacumuladores (trimestral).					
Verificado <input type="checkbox"/> Data Realização _____					
Monitorização Operacional					
O quê?	LC	Unidade	Quando?	Quem?	Ação Corretiva
<i>Legionella</i> spp.	0	UFC/L	Trimestralmente	Laboratório Externo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetição da análise para confirmação do resultado.</li> <li>• Em caso de resultado não conforme na repetição realizar choque térmico / choque químico.</li> <li>• Após o choque químico realizar nova amostra para avaliação da sua eficácia.</li> <li>• Caso se mantenham os valores, purga total do tanque e realizar limpeza/desinfecção do mesmo.</li> </ul>
<i>Legionella pneumophila</i>	<100				
<i>Temperatura água fria</i>	<20				
<i>Temperatura água quente</i>	>50	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar a temperatura do termoacumulador de água.</li> </ul>			

Tabela 32. Plano de gestão de rotina da torre de refrigeração

PCC 8 – Torres de Refrigeração					
Eventos Perigosos					
1. Formação de Aerossóis 2. Estagnação e baixos fluxos de água 3. Formação de Biofilmes 4. Avaria Controlador de Cloro 5. Tempo de contacto insuficiente da água com o cloro 6. Rutura de stock de cloro 7. Funcionamento Intermitente 8. Falhas elétricas/mecânicas (sistemas de alarme/equipamento de monitorização)					
Perigos					
Microorganismos Patogénicos Transmitidos por inalação ( <i>Legionella</i> )					
Medidas de Controlo					
Realização de análises para deteção da presença de <i>Legionella</i> (mensal).					
<div style="text-align: right;">Verificado <input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: right;">Data Realização _____</div>					
Programa de controlo e desinfeção da água das torres (adição de hipoclorito de sódio e biocida não oxidante).					
<div style="text-align: right;">Verificado <input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: right;">Data Realização _____</div>					
Verificação do funcionamento do equipamento de doseamento de cloro e biocida (diário).					
<div style="text-align: right;">Verificado <input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: right;">Data Realização _____</div>					
Análise de parâmetros de controlo da qualidade da água de refrigeração (pH, residual de cloro, entre outros) (semanal).					
<div style="text-align: right;">Verificado <input type="checkbox"/></div> <div style="text-align: right;">Data Realização _____</div>					
Monitorização Operacional					
O quê?	LC	Unidade	Quando?	Quem?	Ação Corretiva
<i>Legionella</i> spp.	0	UFC/L	Mensalmente	Laboratório Externo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Repetição da análise para confirmação do resultado.</li> <li>• Em caso de resultado não conforme na repetição dentro do mesmo intervalo, ajustar os parâmetros de tratamento (aumento do doseamento de cloro, aumento das purgas,...)</li> <li>• 10 dias após alteração do tratamento realizar nova amostra para avaliação da eficácia do tratamento.</li> <li>• Caso se mantenham os valores, purga total do tanque e realizar limpeza/desinfeção do mesmo.</li> </ul>
<i>Legionella pneumophila</i>	<100				

Tabela 32. Plano de gestão de rotina da torre de refrigeração (continuação)

O quê?	LC	Unidade	Quando?	Quem?	Ação Corretiva
<i>Cloro Residual</i>	[0.5 ; 1]	mg/L	Diariamente	Técnico do SIG	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se houver excesso de cloro residual, corrigir o sistema de doseamento (dose e frequência).</li> <li>• Se houver défice de cloro residual, reforçar o doseamento.</li> <li>• Ajustar o tempo de contacto do cloro com a água.</li> </ul>
pH	[6.5 ; 9]	-	Mensalmente	Empresa Externa	-
<i>Condutividade</i>	<800	µS/cm			
<i>ATP Total</i>	<400	RLU			
<i>Inibidor corrosão (Fosfatos)</i>	[3 ; 10]	ppm PO <sub>4</sub>			
<i>Ciclos de concentração</i>	[2 ; 6]	-			

#### 5.4.2 Estabelecimento de procedimentos para a gestão em condições excecionais

Como referido anteriormente, devem fazer parte do PSA procedimentos de gestão para responder a incidentes “previsíveis”, assim como, a eventos imprevistos e emergências.

Em relação aos incidentes “previsíveis”, estes correspondem a um desvio significativo na monitorização operacional, isto é, quando um LC é excedido.

Alguns cenários que levam a que a água seja considerada potencialmente insegura podem não ser especificamente identificados nos planos de resposta a incidentes. Tal situação deve-se ao facto dos eventos serem imprevistos ou porque foram considerados muito improváveis para justificar a elaboração de planos de ação corretivos detalhados.

Relativamente aos planos de emergência, estes devem considerar eventuais desastres naturais (por exemplo, sismos, cheias, secas) e acidentes (por exemplo, interrupções no fornecimento de eletricidade). Posto isto, estes planos devem especificar claramente os responsáveis pela coordenação das medidas a serem tomadas, um plano de comunicação para alertar e informar os consumidores e os esquemas alternativos para o abastecimento de água de emergência (Vieira & Morais, 2005).

Após qualquer uma destas situações deve ser realizada uma investigação considerando os seguintes fatores (WHO, 2005; WHO, 2017):

- Qual foi a causa inicial do problema?
- Como o problema foi identificado ou reconhecido pela primeira vez?
- Quais as principais ações tomadas?
- Que problemas de comunicação surgiram e como foram abordados?
- Quais foram as consequências imediatas e de longo prazo?
- Como se comportou o plano de resposta a emergências?

A organização deve aprender o máximo possível com estas situações, de modo a melhorar a preparação e o planeamento de situações semelhantes que possam vir a ocorrer no futuro.

Para fazer face a eventos que ocorrem em situações excepcionais, aconselha-se a elaboração de planos de ação para dar resposta a estas situações. Estes planos consistem num documento de gestão, cujo objetivo é descrever as ações a tomar em resposta a várias situações excepcionais (Vieira & Morais, 2005; WHO, 2005).

Na tabela 33 encontram-se listados os eventos perigosos que foram classificados como “Baixo” na “Avaliação do Sistema”, e por esse motivo não foram analisados na árvore de decisão e consequentemente não foram considerados PCC, não tendo assim ações corretivas associadas. Apesar de apresentarem baixa probabilidade, isto é, serem improváveis de acontecer, são eventos perigosos com severidade máxima e por essa razão deve existir um plano de resposta (ações).

Podem ainda ocorrer eventos que, pela sua natureza, apenas se verifiquem em situações excepcionais, tais como desastres naturais e acidentes, que tenham impacto negativo na qualidade da água e, consequentemente, possam pôr em perigo a saúde pública. Na tabela 34 encontram-se alguns exemplos desses eventos, assim como, o respetivo plano de resposta.

Tabela 33. Plano de resposta em caso de ocorrência de eventos imprevistos

Perigo	Parâmetro	LC	Unidade	Eventos Perigosos	Plano de Resposta
Microorganismos Patogénicos	<i>Coliformes Totais</i>	0	UFC/100mL	Ações de Vandalismo e Sabotagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desvio / Rejeição da água contaminada.</li> <li>• Rejeição da água restante na etapa de armazenamento.</li> <li>• Paragem do sistema de abastecimento de água.</li> <li>• Comunicar ao diretor da qualidade a situação.</li> <li>• Analisar as causas que levaram à ocorrência do perigo.</li> </ul>
				Aquífero Contaminado	
	<i>Coliformes Fecais</i>			Oscilação Nível da Água	
	<i>Escherichia Coli</i>			Deficiente Controlo de Temperatura	
				Estagnação e baixos fluxos de água	
	<i>Enterococcus</i>			Formação de Biofilmes	
				Manutenção Inadequada	
	<i>Clostridium perfringens</i>			Higienização Inadequada	
Residual de cloro insuficiente					
Microorganismos Patogénicos transmitidos por inalação	<i>Legionella spp.</i>	0	UFC/L	Formação de Aerossóis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consultar a autoridade responsável pela Saúde Pública (DGS), em caso de <i>Legionella</i> superior ao LC.</li> </ul>
				Estagnação e baixos fluxos de água	
	<i>Legionella pneumophila</i>	<100		Ações de vandalismo e sabotagem	
				Manutenção Inadequada	
				Higienização Inadequada	
Substâncias Químicas	<i>Toxinas</i>	0	nº células/mL	Crescimento Anormal de Algas	

Tabela 34. Plano de resposta em caso de ocorrência de situações de emergência

Eventos Perigosos	Plano de Resposta
Sismos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliar o impacto do evento perigoso no terreno.</li> <li>• Caso o evento perigoso tenha causado danos de grandes dimensões e tenha colocado a segurança da água em risco, desviar / rejeitar a água contaminada.</li> <li>• Rejeição da água restante na etapa de armazenamento.</li> <li>• Paragem do sistema de abastecimento de água.</li> <li>• Comunicar ao diretor da qualidade a situação.</li> </ul>
Incêndio	
Explosão	
Contaminação accidental	
Rutura no abastecimento de eletricidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliar o impacto do evento perigoso.</li> </ul> <p><u>Em caso de situação momentânea:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tentar identificar a causa.</li> <li>• Repor o funcionamento do sistema de abastecimento de água.</li> </ul> <p><u>Em caso de situação prolongada:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tentar identificar a causa.</li> <li>• Desviar / rejeitar a água contaminada.</li> <li>• Rejeição da água restante na etapa de armazenamento.</li> <li>• Paragem do sistema de abastecimento de água.</li> <li>• Comunicar ao diretor da qualidade a situação.</li> </ul>

#### 5.4.3 Estabelecimento de documentação e protocolos de comunicação

O registo de informação é essencial para avaliar a consistência de um PSA e para demonstrar o grau de adesão do sistema de abastecimento de água ao PSA. Devem considerar-se vários tipos de registos (Vieira & Morais, 2005; WHO, 2005):

- Documentação de suporte para o desenvolvimento do PSA;
- Registos gerados através de monitorização e verificação operacional;
- Resultados de investigações de incidentes;
- Documentação dos métodos e procedimentos utilizados;
- Registos de programas de formação de funcionários.

Ao analisar os registos gerados por meio de monitorização operacional, um operador/gestor pode detetar se um dado processo está a atingir o seu LC. Esta análise pode ser fundamental para

identificar tendências e fazer ajustes operacionais. A revisão periódica dos registos de um PSA é recomendada para a deteção de falhas no sistema e, uma vez definidas as ações corretivas, proceder à sua efetiva execução. Os registos também são essenciais quando a avaliação externa do sistema é implementada por meio de abordagens baseadas em auditoria (Vieira & Morais, 2005; WHO, 2017).

As estratégias de comunicação devem incluir (WHO, 2017):

- Procedimentos para prontamente informar qualquer incidente significativo, dentro do fornecimento de água, incluindo a notificação da autoridade de saúde pública, da proteção civil e dos consumidores;
- Informação resumida a ser disponibilizada aos consumidores, por exemplo, através de relatórios anuais ou na internet;
- Estabelecimento de mecanismos para receber e tratar ativamente as reclamações da comunidade em tempo útil.

Posto isto, na Etanor/Penha deve-se proceder à elaboração de relatórios mensais, de modo, a gerir os PCC. Nestes relatórios devem constar diversos elementos, como a análise dos dados de monitorização, verificação das medidas de controlo, análise das não-conformidades ocorridas e as suas causas (sempre que ocorra qualquer não-conformidade no sistema deve ser aberta uma Ficha de não-conformidade, onde se registam a descrição da não-conformidade, as ações corretivas a implementar e o respetivo encerramento), verificação da adequabilidade de ações corretivas e implementação das alterações necessárias.

Também deve proceder à elaboração de um relatório anual para avaliar o funcionamento do PSA. Nestes relatórios devem constar a análise dos riscos mais relevantes ao longo do ano, a reavaliação de riscos associados a cada PCC, a avaliação da justificação de novas medidas de controlo e a avaliação crítica do funcionamento do PSA (Vieira & Morais, 2005).

## **5.5 Validação e Verificação**

A validação e verificação são importantes para compreender se os componentes dentro do PSA estão a funcionar como esperado e se o PSA como um todo está a atingir os resultados necessários (WHO, 2005). Esta tarefa pode ser feita, de forma sintética, através do preenchimento de uma check-list onde constam os principais parâmetros, como se encontra na tabela 35, que poderão ser auditados para validar e verificar um PSA (Vieira & Morais, 2005).

Tabela 35. Check-list para validação e verificação do PSA (adaptada de WHO, 2005)

Parâmetro	Verificado	Observações
Constituição da equipa e atribuição de responsabilidades		
Diagrama de fluxo do sistema		
Identificação de perigos		
Método para avaliação de riscos, nomeadamente as escalas de probabilidade e ocorrência e de severidade de consequências		
Identificação de medidas de controlo		
Locais que definem PC		
Método para avaliação de PCC		
Locais que definem PCC		
Medidas de controlo associadas a cada PCC		
Adequabilidade das medidas de controlo aplicadas		
LC definidos em cada PCC		
Plano de monitorização definido		
Conjunto de ações corretivas		
Subprodutos que podem ser formados		
Formação à equipa responsável pela operação do sistema		
Apreciação da idoneidade do laboratório responsável pelas análises laboratoriais		
Planos de manutenção preventiva do sistema		
Plano de calibração dos equipamentos		
Especificações de equipamentos		
Especificações do material utilizado na construção do sistema de abastecimento		
Análise dos registos dos dados do sistema (verificação das medidas de controlo)		
Análise das não-conformidades ocorridas		
Análise dos desvios dos LC que ocorreram no sistema e das ações corretivas aplicadas		
Verificação da adequabilidade dos planos de emergência		
Formação anual dada à equipa		
Análise das propostas de alteração ao PSA no que respeita a medidas de controlo e LC		
Análise da reavaliação anual do PSA		

### 5.5.1 Validação

A validação deve ser direcionada para a avaliação do funcionamento do PSA e deve assegurar que as informações que apoiam o plano estejam corretas e que os elementos do PSA sejam efetivos, permitindo, assim, a conformidade com as metas de saúde e com a política de saúde pública.

De uma forma sintetizada, a validação envolve a obtenção de evidências de que os elementos do PSA são eficazes. Estas evidências podem surgir de várias fontes, como literatura científica, dados históricos, entre outros. Isto pode fornecer informações sobre os requisitos de testes posteriores.

Parâmetros microbianos que podem ser inadequados para monitorização operacional, podem ser usados para fins de validação, pois não fazem parte da gestão de rotina e assim, o tempo de atraso na receção dos resultados não é um problema (WHO, 2005; WHO, 2017).

### 5.5.2 Verificação

A verificação pode ser realizada recorrendo tanto a auditorias, métodos, procedimentos ou testes, além daqueles usados na monitorização para determinar se o PSA está em conformidade com os objetivos estabelecidos nas metas de qualidade da água e/ou se o PSA precisa de ser modificado e revalidado (WHO, 2005).

#### 5.5.2.1. Testes

Os testes referidos anteriormente correspondem a testes microbiológicos e químicos. Para a verificação microbiana, o teste é tipicamente direcionado para bactérias indicadoras de origem fecal na água, para a verificação química o teste é para produtos químicos perigosos. A amostragem e análise são necessárias com maior frequência para microrganismos e menos frequentemente para constituintes químicos, isto porque mesmo pequenos episódios de contaminação microbiana podem conduzir diretamente a doenças nos consumidores, ao passo que episódios de contaminação química que constituiriam um problema de saúde agudo, na ausência de um acontecimento específico (por exemplo, ação de vandalismo), são raros (WHO, 2017).

#### 5.5.2.2. Auditorias

A verificação deve incluir auditorias do PSA, tanto internas como externas, para demonstrar que os planos foram adequadamente projetados, que estão a ser implementados corretamente e que são eficazes (WHO, 2011).

Os fatores a serem considerados incluem (WHO, 2017):

- todos os perigos significativos e eventos perigosos foram identificados;
- medidas de controlo apropriadas foram incluídas;
- procedimentos de monitorização operacional apropriados foram estabelecidos;
- limites operacionais apropriados foram definidos;
- ações corretivas foram identificadas;
- foram estabelecidos procedimentos adequados de monitoramento de verificação.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O estágio realizado tinha como principal objetivo a implementação de um Plano de Segurança da Água (PSA) na empresa Etanor/Penha.

A presente secção serve para apresentar um resumo dos principais resultados obtidos através da avaliação do sistema de água, assim como uma análise crítica.

### **6.1 Resultados**

A Etanor/Penha através da implementação do PSA pretende garantir a qualidade e segurança da água em todos os pontos de utilização da mesma.

Como descrito ao longo da dissertação, a elaboração dos PSA passa por identificar, avaliar e aplicar medidas de controlo a perigos, identificados ao longo de todo o sistema de abastecimento de água. Os perigos com classificação de risco igual ou superior a “Moderado” foram considerados pontos de controlo (PC).

Realizada a avaliação do sistema foram identificados cinco PC com classificação “Moderado”, catorze PC com classificação “Elevado” e três PC com classificação “Extremo”. Os PC identificados foram analisados na árvore de decisão de modo a concluir se uma determinada fase do processo constitui, ou não, um ponto de controlo crítico (PCC).

No total foram considerados oito PCC, quatro no subsistema armazenamento e quatro no subsistema distribuição. Para cada um dos PCC identificados foi desenvolvido um plano de monitorização operacional, de forma a garantir o correto funcionamento do sistema.

### **6.2. Análise Crítica**

A elaboração de um PSA implica um trabalho moroso, intensivo e extensivo, ainda assim, é possível afirmar que os objetivos delineados para este trabalho foram atingidos, o PSA está elaborado e apto para entrar em funcionamento na empresa.

Após o PSA se encontrar em funcionamento, sugere-se que a empresa proceda à sua validação e verificação, uma vez que são fases importantes para compreender se os componentes dentro do PSA estão a funcionar como esperado e se este está a atingir os resultados expectáveis.

Por fim, é possível destacar o cumprimento dos objetivos de estágio, tanto em termos acadêmicos como pessoais, uma vez que foi possível desenvolver o PSA e adquirir novos conhecimentos, ao nível do ambiente, da qualidade e da segurança alimentar.

## BIBLIOGRAFIA

- (CS/04), C. S. (2014). *Prevenção e Controlo de Legionella nos Sistemas de Água*.
- APIAM. (s.d.). *Diferentes tipos de água*. Obtido em 11 de fevereiro de 2019, de Associação Portuguesa dos Industriais de Águas Minerais Naturais e de Nascentes: <https://www.apiam.pt/conteudo/Diferentes-tipos-de-%C3%A1gua/-/48>
- Banco de Portugal. (Novembro de 2016). Estudos da Central de Balanços. *Análise setorial das sociedades não financeiras em Portugal 2011-2016*. Obtido em 12 de fevereiro de 2019, de [https://www.bportugal.pt/sites/default/files/anexos/pdf-boletim/estudos\\_da\\_cb\\_26\\_2016.pdf](https://www.bportugal.pt/sites/default/files/anexos/pdf-boletim/estudos_da_cb_26_2016.pdf)
- Baptista, F. P. (2011). *Sistemas Prediais de Distribuição de Água Fria*. Dissertação, Universidade Técnica de Lisboa, Departamento de Engenharia Civil, Lisboa.
- Brito, A. G., Oliveira, J. M., & Peixoto, J. M. (2010). Adsorção em Carvão Activado. Em *Tratamento de água para consumo humano e uso industrial* (pp. 92-95). Publindústria.
- Capela, H. S. (2015). *Avaliação de um chiller de absorção numa unidade de cogeração e trigeração*. Dissertação, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Departamento de Engenharia Química, Porto.
- Carpinteiro, J. (2011). *Aquecimento, Ventilação, Ar condicionado* (3<sup>o</sup> ed.). Verlag Dashofer.
- Casimiro, P. N. (2010). *Materiais de contacto com água para consumo humano, mecanismos de degradação e contaminação*. Dissertação, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia dos Materiais, Lisboa.
- CEEETA. (Dezembro de 2001). Tecnologias de Aproveitamento de Calor. *Tecnologias de Micro-Geração e Sistemas Periféricos*, pp. 55-61.
- Costa, P. B. (Setembro de 2010). *Plano de Segurança da Água. Caso de Estudo: Sistema de Abastecimento Público de Água de Castro Verde*. Dissertação, Universidade do Algarve, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Faro.
- Decreto-Lei n.º 152/2017 de 7 de dezembro. *Diário da República, 1.ª série – N.º 235 – 7 de dezembro de 2017*. Ambiente.
- Decreto-Lei n.º 156/98 de 6 de junho. *Diário da República – I série – A, N.º 131 – 6 de junho de 1998*. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas.
- Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de agosto. *Diário da República – I série – A, N.º 176 – 1 de agosto de 1998*. Ministério do Ambiente.

Decreto-Lei n.º 306/2007 de 27 de agosto. *Diário da República*, 1.ª série – N.º 164 – 27 de agosto de 2007. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

Decreto-Lei n.º 382/99 de 22 de setembro. *Diário da República – I série – A*, N.º 222 – 22 de setembro de 1999. Ministério do Ambiente.

Dudeja, P., & Singh, A. (2017). Chapter 27 - Food safety in large organized eating establishments. Em R. K. Gupta, Dudeja, & S. Minhas (Edits.), *Food Safety in the 21st Century* (pp. 339-353).

Dufour, A., Snozzi, M., Koster, W., Bargram, J., Ronchi, E., & Fewtrell, L. (1 de setembro de 2004). Science of The Total Environment. (D. Culleres, & J. Gan, Edits.) *Assessing Microbial Safety of Drinking Water Improving Approaches and Methods: WHO Drinking Water Quality Series, 330*, pp. 277-278.

EPAL Grupo Águas de Portugal. (dezembro de 2015). Cloro. *Ficha Informativa*. Obtido em 1 de Março de 2019, de <https://www.epal.pt/EPAL/docs/default-source/agua/ficha-cloro.pdf?sfvrsn=2>

ERSAR. (2017). Utilização de captações particulares de água para consumo humano. *Cadernos de Sensibilização: O consumidor e os serviços de águas e resíduos*. Obtido em 20 de fevereiro de 2019, de [https://www.aguasdegondomar.pt/uploads/Destaques/Caderno04\\_Captacoes\\_particulares.pdf](https://www.aguasdegondomar.pt/uploads/Destaques/Caderno04_Captacoes_particulares.pdf)

ERSAR. (s.d.). *Avaliação do Risco*. Obtido em 11 de janeiro de 2019, de ERSAR: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos: <http://www.ersar.pt/pt/o-que-fazemos/controlo-da-qualidade-da-agua/avaliacao-do-risco>

ERSAR. (s.d.). *Características da Água*. Obtido em 26 de fevereiro de 2019, de ERSAR: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos: <http://www.ersar.pt/pt/consumidor/qualidade-da-agua/caracteristicas-da-agua>

ERSAR. (s.d.). *Redes Prediais*. Obtido em 28 de fevereiro de 2019, de ERSAR: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos: <http://www.ersar.pt/pt/consumidor/qualidade-da-agua/redes-prediais>

Etanor/Penha. (2019). Obtido em 6 de fevereiro de 2019, de Etanor: <https://www.etanor.pt>

INAG, I.P. (2009). *Manual para a avaliação da qualidade biológica da água. Protocolo de amostragem e análise para o Fitoplâncton*.

Laranjeira, V. F. (2017). *Caracterização físico-mecânica do granito de Guimarães*. Dissertação, Universidade do Porto, Faculdade de Ciências, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Porto.

- Lei n.º 52/2018 de 20 de agosto. *Diário da República*, 1.ª série – N.º 159 – 20 de agosto de 2018. Assembleia da República.
- Martinelli Jr., L. C. (2013). *Introdução às Máquinas Térmicas - Caldeiras*.
- Moerman, F., Majoor, F. A., & Rizoulières, P. (2014). 10 - Cleaning in place (CIP) in food processing. Em H. Lelieveld, J. Holah, & D. Napper (Edits.), *Hygiene in Food Processing* (2º ed., pp. 305-383).
- Pereira, M. G. (2011). *Análise técnico-económica dos diferentes tipos de tubagens e acessórios utilizados nas instalações prediais de água e esgotos*. Tese de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento Engenharia Civil, Lisboa.
- Probeb. (s.d.). Obtido em 8 de fevereiro de 2019, de Probeb: Associação Portuguesa das Bebidas Refrescantes Não Alcoólicas: <https://www.probeb.pt>
- Santos Jr, A. G., Biehl, L. V., & Antonini, L. M. (30 de agosto de 2017). Revista Matéria. *Efeito do tratamento de passivação química na resistência à corrosão por pite dos aços inoxidáveis ferrítico AISI 430 e austenítico AISI 316L*.
- Serra, J. A., Domenech, E., Escriche, I., & Martorell, S. (1998). Risk assessment and critical control points from the production. *International Journal of Food Microbiology*, 9-14.
- Setty, K. E., Kayser, G. L., Bowling, M., Enault, J., Loret, J.-F., Serra, C. P., . . . Bartram, J. (2017). Water quality, compliance, and health outcomes among utilities implementing Water Safety Plans in France and Spain. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 513-522.
- Silva Mendes, L. F. (2010). *Radioactividade de águas subterrâneas em terrenos cristalinos: caso de estudo na região de Ponte de Lima (Noroeste de Portugal)*. Dissertação, Universidade do Minho, Escola de Ciências, Braga.
- SPX Cooling Technologies. (2009). *Cooling Tower Fundamentals* (2º ed.). (J. C. Hensley, Ed.) Overland Park, Kansas, USA.
- Teixeira, F., Pereira, I., Santos, R., & Beleza, V. (1997). *Cadernos Profissionais 5, Tratamento de Águas de Arrefecimento*. (Politema, Ed.) Escola Superior de Educação - IPP.
- Tsoukalas, D. S., & Tsitsifli, S. (2 de agosto de 2018). The 3rd EWaS International Conference on “Insights on the Water-Energy-Food Nexus”. *A Critical Evaluation of Water Safety Plans (WSPs) and HACCP Implementation in Water Utilities*, pp. 1-6.
- Vieira, J. P., & Morais, C. (2005). *Planos de segurança da água para consumo humano em sistemas públicos de abastecimento*. Instituto Regulador de Água e Resíduos; Universidade do Minho.

- WHO. (2005). *Water Safety Plans: Managing drinking-water quality from catchment to consumer*. Geneva.
- WHO. (2006). *Protecting Groundwater for Health: Managing the Quality of Drinking-water Sources*. (O. Schmoll, G. Howard, J. Chilton, & I. Chorus, Edits.) IWA Publishing.
- WHO. (2007). *Legionella and the prevention of legionellosis*. (J. Bartram, Y. Chartier, J. V. Lee, K. Pond, & S. Surman-Lee, Edits.) Geneva.
- WHO. (2011). *Water safety in buildings*. Geneva.
- WHO. (2017). *Guidelines for Drinking-water Quality: fourth edition incorporating the first addendum (4th ed + 1st add ed.)*. Geneva.