

GUIA PARA A REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA USOS NÃO POTÁVEIS



Miguel Pires
5 anos



Água para Reutilização



apa agência portuguesa
do ambiente

GUIA PARA A REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA PARA USOS NÃO POTÁVEIS

Outubro de 2019

(versão 1.0)

Capa: Desenho realizado no âmbito do projeto “They are the Future!”, do comité técnico 282 da Organização Internacional de Normalização (ISO TC 282), para a reutilização da Água. No âmbito deste projeto foi solicitado aos funcionários da APA que tivessem familiares com idade igual ou inferior a 12 anos que lhes explicassem o que é a reutilização da água e pedissem um desenho com a sua interpretação. A imagem da capa deste Guia é a visão do Miguel Pires, uma criança de 5 anos.

FICHA TÉCNICA

Coordenação Geral

José Carlos Pimenta Machado

Coordenação Técnica

Felisbina Quadrado

Elaboração Técnica

Anabela Rebelo

Andreia Franco

Agradecimentos

A APA agradece a todos os que de alguma forma contribuíram para a realização deste guia, nomeadamente no decorrer das ações de divulgação decorridas no dia 21 de janeiro e no dia 22 de março de 2019. Dirige-se ainda um agradecimento especial ao grupo ADP, em particular ao Eng.º Nuno Brôco e respetiva equipa, à Professora Doutora Maria João Rosa, do LNEC e à ARS LVT, em especial ao Eng.º António Matos e sua equipa, pelos pertinentes contributos.

ÍNDICE GERAL

1.	ENQUADRAMENTO	15
1.1.	Introdução	15
1.2.	Modelo de gestão do risco	17
1.3.	Objetivos do guia	19
1.4.	Definições	20
1.5.	Interligação entre entidades competentes.....	23
2.	PRINCÍPIOS GERAIS.....	25
2.1.	Abordagem fit-for-purpose.....	25
2.2.	Princípios do licenciamento de produção e de utilização de ApR	25
2.3.	Sistemas de reutilização	26
2.3.1.	Sistemas centralizados.....	28
2.3.2.	Sistemas descentralizados	32
2.3.3.	Sistemas descentralizados em simbiose	33
3.	DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE REUTILIZAÇÃO.....	34
3.1.	Avaliação do potencial de reutilização de água para implantação de projetos de reutilização	34
3.2.	Normas de qualidade.....	37
3.3.	Avaliação do risco	39
3.3.1.	Avaliação do risco sobre a saúde.....	41
3.3.1.1.	Introdução	41
3.3.1.2.	Identificação de perigos.....	42
3.3.1.3.	Identificação de vias de exposição e recetores.....	44
3.3.1.4.	Avaliação dos possíveis cenários de exposição e da relação entre dose de agente contaminante e a probabilidade de ocorrência de doença.....	45
3.3.1.4.1.	Barreiras ou medidas de prevenção.....	49
3.3.1.4.2.	Eventos adversos.....	55
3.3.1.5.	Caraterização do risco.....	57
3.3.2.	Avaliação do risco sobre os recursos hídricos.....	60
3.3.2.1.	Identificação de perigos.....	60
3.3.2.2.	Identificação de vias de exposição, recetores, cenários de exposição e barreiras	62
3.3.2.3.	Eventos adversos	63

3.3.2.4.	Caraterização do risco.....	64
3.3.3.	Gestão do risco (normas de qualidade e de barreiras a aplicar).....	73
3.3.4.	Avaliação do risco simplificada (aplicável a usos próprios, em sistemas centralizados).....	79
4.	LICENCIAMENTO DE PRODUÇÃO E DE UTILIZAÇÃO DE APR.....	80
4.1.	Enquadramento	80
4.2.	Sistemas centralizados.....	85
4.2.1.	Produção de ApR, usos próprios e cedência a terceiros	85
4.2.2.	Utilização de ApR por terceiros	86
4.3.	Sistemas descentralizados	87
4.4.	Sistemas descentralizados em simbiose	88
4.5.	Transporte de ApR ou de água residual destinada à produção de ApR em sistemas descentralizados	89
4.6.	Situações existentes à data de entrada em vigor do regime jurídico de produção de água para reutilização	89
5.	PLANOS DE MONITORIZAÇÃO	92
5.1.	Amostragem e metodologias analíticas.....	92
5.2.	Monitorização de validação.....	94
5.3.	Monitorização de verificação de desempenho ou operacional	96
5.3.1.	Definição de planos de gestão do risco	99
5.4.	Monitorização de verificação de conformidade	105
5.5.	Monitorização das ApR.....	106
5.6.	Monitorização do meio recetor	109
5.7.	Verificação da conformidade com os requisitos da licença de produção ou utilização.....	110
6.	COMUNICAÇÃO DO RISCO.....	112
6.1.	Classificação de graus de qualidade da água	112
6.2.	Codificação (equipamentos para uso de ApR)	114
6.3.	Informação ao público e trabalhadores dos sistemas de produção de ApR	114
7.	EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS SEMI-QUANTITATIVAS DE AVALIAÇÃO DO RISCO.....	120
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	147
9.	BIBLIOGRAFIA.....	148
	APÊNDICE I	152
	PROCEDIMENTOS ASSOCIADOS À PRIMEIRA FASE DO DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO DE REUTILIZAÇÃO.....	152
	APÊNDICE II	153

DIAGRAMA DE AVALIAÇÃO DO RISCO	153
APÊNDICE III	155
DECISÃO DA LICENÇA DE PRODUÇÃO PARA SISTEMAS CENTRALIZADOS	155
APÊNDICE IV	156
DECISÃO DA LICENÇA DE PRODUÇÃO DE APR EM SISTEMAS CENTRALIZADOS	156
APÊNDICE V	157
DECISÃO DA LICENÇA DE UTILIZAÇÃO POR TERCEIROS DE APR POR PRODUZIDA EM SISTEMAS CENTRALIZADOS	157
APÊNDICE VI	159
DECISÃO DA LICENÇA DE PRODUÇÃO DE APR EM SISTEMAS DESCENTRALIZADOS (INCLUI USOS PRÓPRIOS)	159
APÊNDICE VII	160
DECISÃO DA LICENÇA DE PRODUÇÃO APR EM SISTEMAS DESCENTRALIZADOS EM SIMBIOSE (INCLUI USOS PRÓPRIOS)	160
ANEXO I	161
NORMAS DE QUALIDADE PARA ÁGUA PARA REUTILIZAÇÃO (APR)	161
ANEXO II	166
MODELO SEMI-QUANTITATIVO PARA AVALIAÇÃO DO RISCO	166
(IN ATAS DO 14º CONGRESSO DA ÁGUA, 2018)	166
ANEXO III	180
LISTAGEM DE ELEMENTOS A APRESENTAR COM OS REQUERIMENTOS PARA OBTENÇÃO DE LICENÇA DE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE APR	180
ANEXO IV	181
CRITÉRIOS PARA A DEFINIÇÃO DE VALORES DE CAUÇÃO A PRESTAR NO ÂMBITO DO LICENCIAMENTO DE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE APR	181
ANEXO V	182
METODOLOGIA PARA DEFINIÇÃO DE PROGRAMAS DE MONITORIZAÇÃO DO MEIO RECETOR	182

ROTEIRO PARA RESPOSTA A FAQ

O que é reutilização da água?

- É a utilização de águas residuais tratadas para determinados usos, minimizando os riscos associados e tornando-se uma fonte alternativa em termos de disponibilidade de água
- As águas residuais tratadas devem ser reutilizadas, sempre que possível ou adequado

Que tipo de usos podem estar associados?

- Usos não potáveis, de acordo com o Decreto-Lei n.º 119/2019, de 21/08. Os sistemas de reutilização não potáveis geralmente têm objetivos de qualidade da água mais baixos e o nível de tratamento varia dependendo do uso final - *fit for purpose*
- [Ver mais em capítulo 2.1](#)

O que é um sistema centralizado?

- Sistema de tratamento de águas residuais urbanas abrangidos pelo Decreto-Lei n.º 152/97, de 21/06
- [Ver mais em capítulo 2.3.1](#)

O que é um sistema descentralizado?

- Sistema coletivo ou particular, geridos por uma entidade coletiva ou particular, que apenas pode produzir ApR para usos próprios
- [Ver mais em capítulo 2.3.2](#)

O que é um sistema descentralizado em simbiose?

- Sistema de produção de ApR a partir de água remanescente, i.e., água sobrando da rega de culturas fora de solo e que pode ser utilizada para supressão das necessidades hídricas de outras culturas agrícolas
- [Ver mais em capítulo 2.3.3](#)

Como se desenvolve um projeto de reutilização?

- Consultar [Figura 10](#) (esquema de desenvolvimento)
- [Ver mais em subcapítulo 3.1](#)

O que é um sistema de distribuição de ApR?

- É o conjunto formado pela rede de recolha, drenagem, elevação ou armazenamento desde o ponto de entrega até ao ponto de aplicação
- Num sistema centralizado, o produtor de ApR assume a responsabilidade até ao ponto de entrega

A ApR pode ser armazenada antes da aplicação?

- Sim, nomeadamente em tanques, barragens, charcas ou qualquer outro meio de contenção de água

A ApR pode ser misturada com água de outras origens?

- Sim, nomeadamente para equalização de acudais face às variações de produção de ApR ou para melhoria de alguns aspetos qualitativos, em particular os que representam problemas para os solos ou vegetação, como por exemplo a salinidade

Como se avalia o potencial da reutilização para implantação de um projeto?

- Consultar **APÊNDICE I** (avaliação potencial)
- **Ver mais em subcapítulo 3.1**

Sou produtor num sistema centralizado. Preciso de licença de produção?

- Sim, exceto se for para reciclagem ou recirculação
- Consultar **APÊNDICE III** (esquema de decisão)
- **Ver mais em subcapítulo 4.2.1**

Sou um sistema centralizado e preciso de licença de produção. Quais os trâmites?

- Consultar **APÊNDICE IV** (Esquema de decisão)
- **Ver mais em subcapítulo 4.2.2**

Sou um utilizador 3º num sistema centralizado. Quais os trâmites para o licenciamento?

- Consultar **APÊNDICE V** (esquema de decisão)
- **Ver mais em subcapítulo 4.2.2**

Sou um sistema descentralizado. Quais os trâmites para o licenciamento?

- Consultar **APÊNDICE VI** (esquema de decisão geral ou Esquema de decisão para usos industriais)
- **Ver mais em subcapítulo 4.3**

Sou um sistema descentralizado em simbiose. Quais os trâmites para o licenciamento?

- Consultar **APÊNDICE VII** (esquema de decisão)
- **Ver mais em subcapítulo 4.4**

Tenho um TURH para reutilização válido à data de publicação do novo diploma. Preciso de nova licença?

- Os títulos emitidos para a aplicação de ApR mantêm-se em vigor até ao termo disposto na cláusula de revisão
- **Ver mais em subcapítulo 4.6**

Tenho de prestar uma caução?

- Sim, para fazer face a eventuais danos ocorridos por erros e omissões de projeto ou pelo incumprimento das disposições legais e regulamentares
- **Ver mais em subcapítulo 4.1 e Anexo IV** (critérios para determinação de valor)

Quais as normas de qualidade que se aplicam ao meu projeto?

- As normas a aplicar a cada projeto dependem dos resultados da avaliação de risco
- **Ver mais em capítulo 3 e Anexo I**

Quais os procedimentos para a avaliação de risco?

- Consultar **Figura 13** (âmbito da avaliação de risco)
- **Ver mais em capítulo 3**

Qual o modelo que se pode aplicar ao meu projeto de reutilização?

- Consultar **Figura 17** (Esquema de decisão para seleção de tipologia de modelo dose-resposta a aplicar por cenário de exposição)
- **Ver mais em subcapítulo 3.3**

Quais os passos a seguir numa avaliação de risco?

- Consultar **APÊNDICE II** (diagrama de avaliação)
- **Ver mais em subcapítulo 3.3**

<p>O que são barreiras ou medidas de prevenção?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Qualquer meio físico ou químico que reduza ou previna o risco de ocorrência de danos para a saúde ou para o ambiente
<p>O que é uma barreira equivalente?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Medida de controlo que produz um resultado equivalente a uma determinada redução microbiológica, correspondente à eliminação de um dado perigo ou redução do mesmo até um nível aceitável
<p>O que são multibarreiras?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • É a aplicação de um conjunto de diversas barreiras para obtenção do mais baixo valor de risco possível
<p>Como se aplicam as multibarreiras?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Consultar Figura 18 (esquema de decisão) • Ver mais em subcapítulo 3.3
<p>Como se aplicam as normas de qualidade com as multibarreiras?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Consultar Figura 19 (esquema de decisão) • Ver mais em subcapítulo 3.3
<p>Quais os planos de monitorização que se aplicam ao meu projeto?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Consultar Figura 29 (aplicabilidade dos sistemas de monitorização) • Ver mais em capítulo 5
<p>Quais os procedimentos de amostragem e metodologias analíticas aplicáveis ao meu projeto?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Depende da matriz a amostrar (ApR, água superficial ou subterrânea, solos ou vegetação) e parâmetros a analisar • Ver mais em subcapítulo 5.1

<p>Como posso saber se a minha ApR (produzida ou utilizada) está conforme?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Uma ApR está conforme se cumprir um dado conjunto de regras de conformidade • Ver mais em subcapítulo 5.7
<p>O que são graus de qualidade?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • São graus de classificação da qualidade da ApR para comunicação do risco ao público em geral
<p>Qual o grau de qualidade aplicável à minha ApR?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Consultar Figura 33 (graus de classificação) • Ver mais em subcapítulo 6.1
<p>Em função do grau de qualidade da minha ApR, onde a posso aplicar?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Ver exemplos na Tabela 33 • Ver mais em subcapítulo 6.1
<p>Há regras para identificação de equipamentos e tubagens, em projetos de reutilização?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • A nível nacional tem de ser avaliada a disponibilidade para a utilização de determinada cor para este tipo de equipamento, em virtude de já haver normalização nacional para o transporte de fluídos em tubagens • Ver mais em subcapítulo 6.1
<p>Há algum exemplo de como devo comunicar o risco aos trabalhadores e público?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Consultar desde a Figura 33 à Figura 40 • (identificação da ApR e simbologia para disponibilização de informação ao público) • Ver mais em subcapítulo 6.1
<p>As aplicações de efluentes pecuários ou de águas ruças em solos agrícolas é reutilização de água?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Não, estas aplicações têm regimes próprios e constituem utilizações dos recursos hídricos • A estas utilizações aplica-se o DL 226-A/2007, de 31 de maio

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Aspetos chave de um modelo de gestão do risco	17
Tabela 2: Microrganismos patogénicos vulgarmente detetados em águas residuais brutas (in ISO 20426:2018)	42
Tabela 3: Identificação de vias de exposição diretas por recetor para a rega de espaços verdes de uso público	44
Tabela 4: Identificação de vias de exposição diretas e indiretas para os seres humanos através de outros recetores	45
Tabela 5: Identificação de cenários de exposição afetos a um dado recetor (trabalhadores de exploração agrícola, produção de culturas)	46
Tabela 6: Distâncias mínimas entre o limite de áreas irrigadas e recetores, com velocidade máxima de 4 m/s	49
Tabela 7: Tipo de barreiras e correspondência com o número de barreiras equivalentes (in ISO 16075-2:2015, adaptado de OMS e USEPA)	52
Tabela 8: Reduções microbiológicas típicas de certas etapas de tratamento (adaptado de USEPA, 2012)	53
Tabela 9: Número mínimo de barreiras aplicáveis por uso previsto	54
Tabela 10: Barreiras ou medidas de prevenção adicionais que deverão ser utilizadas na rega agrícola	55
Tabela 11: Medidas de probabilidade de ocorrência de eventos adversos	56
Tabela 12: Exemplos de medidas de controlo ou prevenção (barreiras)	63
Tabela 13: Tabela do Nível importância (Saaty, 1980)	65
Tabela 14: Nível de perigo para aplicação de ApR em zonas sensíveis à eutrofização, vulnerabilidade à poluição por nitratos ou massas de água com estado inferior a bom (parâmetros responsáveis N ou P)	65
Tabela 15: Nível de perigo para aplicação de água para reutilização	66
Tabela 16: Nível de perigo para meios vulneráveis à poluição microbiológica	66
Tabela 17: Vulnerabilidade dos recursos hídricos expressa em importância	69
Tabela 18: Definição de barreiras a aplicar para proteção dos recursos hídricos	69
Tabela 19: Número de cenários de exposição	70
Tabela 20: Probabilidade ocorrência de exposição dos recursos hídricos à contaminação	71
Tabela 21: Severidade dos danos para os recursos hídricos	71
Tabela 22: Quadro-modelo para a gestão do risco	73
Tabela 23: Exemplo dos riscos comuns para os solos decorrentes da rega com ApR (adaptado de ISO 16075-1.2015)	76
Tabela 24: Condutividade elétrica das ApR para rega por aspersão em função da tolerância da folhagem das culturas	77
Tabela 25: Natureza das licenças associados a cada tipologia de sistemas	82
Tabela 26: Monitorização de validação (parâmetros e objetivos de desempenho)	95
Tabela 27: Exemplos de planos de monitorização de desempenho ou operacional por tipo de tratamento (adaptado de L. Alcalde-Sanz and Gawlik, 2017)	98

Tabela 28: Exemplos dos aspetos qualitativos problemáticos mais comuns no armazenamento de ApR (adaptado de ISO 20760-1:2018)	104
Tabela 29: Responsabilidade de implementação de programas de monitorização de verificação de conformidade	105
Tabela 30: Parâmetros a monitorizar nas ApR em função do tipo de usos	106
Tabela 31: Frequência de amostragem por tipo de uso	107
Tabela 32: Número máximo de amostras que poderão ser não conformes	111
Tabela 33: Graus de qualidade de água por exemplos de aplicação de ApR e por tipo de tratamento adequado	113
Tabela 34: Tabela do nível importância (Saaty, 1980)	122
Tabela 35: Níveis de perigo (adaptado de Rebelo, 2018)	122
Tabela 36: Identificação de vias de exposição diretas por recetor para a rega de espaços verdes de uso público	123
Tabela 37: Fatores de importância associados a cenários de exposição (adaptado de Rebelo, 2018)	123
Tabela 38: Fatores de importância aplicáveis a cada via de exposição	124
Tabela 39: Fatores de importância associados a cada cenário por recetor (crianças e adolescentes) e por local	125
Tabela 40: Fatores de importância associados a cada cenário por recetor (adultos) e por local	128
Tabela 41: Fatores de importância associados a cada cenário por recetor (idosos) e por local	131
Tabela 42: Risco associado à proposta de projeto de reutilização (rega de jardim urbano)	135
Tabela 43: Reavaliação de risco considerando três barreiras	136
Tabela 44: Reavaliação de risco considerando duas barreiras (sem cortina arbórea)	137
Tabela 45: Fatores de importância associados a cada cenário por recetor e por local	138
Tabela 46: Reavaliação de risco considerando três barreiras	139
Tabela 47: Reavaliação de risco considerando duas barreiras (sem cortina arbórea)	140
Tabela 48: Reavaliação do risco do projeto de reutilização de rega de campo de golfe	144

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Importância do estabelecimento de condições no ato de licenciamento	26
Figura 2: Sistema centralizado	28
Figura 3: Sistema centralizado, versão sistema único	29
Figura 4: Sistema centralizado, versão sistema em paralelo	29
Figura 5: Sistema centralizado, versão sistema em série	30
Figura 6: Ponto de entrega e partição de responsabilidades	31
Figura 7: Gestão de sistemas descentralizados e respetiva responsabilidade	32
Figura 8: Gestão de sistemas descentralizados para usos industriais e respetiva responsabilidade	32
Figura 9: Gestão de sistemas descentralizados em simbiose e respetiva responsabilidade	33
Figura 10: Esquema geral para o desenvolvimento de um projeto de reutilização	35
Figura 11: Avaliação do potencial de reutilização de água para implantação de projetos de reutilização	36
Figura 12: Esquema de definição do risco	39
Figura 13: Âmbito da avaliação do risco	40
Figura 14: Esquema de avaliação do risco sobre a saúde	41
Figura 15: Identificação de perigos e seleção de microrganismos indicadores	44
Figura 16: Relação entre a dose de contaminante e vias de exposição: Probabilidade de ocorrência de efeitos adversos na saúde pública	47
Figura 17: Esquema de decisão para seleção de tipologia de modelo dose-resposta a aplicar por cenário de exposição	48
Figura 18: Esquema de decisão para aplicação de barreiras	50
Figura 19: Aplicação do conceito multibarreira e a seleção de normas de qualidade	51
Figura 20: Critérios de seleção das medidas de controlo e prevenção	54
Figura 21: Eventos adversos mais prováveis	56
Figura 22: Matriz de caracterização do dano associado a cada cenário	57
Figura 23: Esquema de modelo semi-quantitativo de avaliação do risco	60
Figura 24: Esquema de modelo semi-quantitativo de avaliação do risco	61
Figura 25: Vias de exposição para os recursos hídricos (adaptado de Rebelo et al., 2014)	62
Figura 26: Matriz de avaliação do risco para as águas superficiais e subterrâneas (in ISO 16075-1:2015)	68
Figura 27: Matriz de determinação do dano (igual à Figura 3 do Anexo II)	71
Figura 28: Esquema do modelo semi-quantitativo de avaliação do risco para os recursos hídricos	73
Figura 30: Aplicabilidade dos sistemas de monitorização	94

Figura 31: Árvore de decisão para definição de pontos críticos de controlo num sistema de reutilização (adaptado de L. Alcalde-Sanz and Gawlik, 2017)	97
Figura 32: Aspetos-chave de um plano de gestão do risco da água	104
Figura 33: Graus de classificação da água	112
Figura 33: Simbologia para identificação de ApR	114
Figura 34: Simbologia a utilizar nos locais e produção de ApR	115
Figura 35: Simbologia a utilizar quando a qualidade da ApR é de Classe A ou B, nos termos definidos no Anexo I e para os usos definidos, no mesmo anexo, para as situações em que não existam restrições de acesso	115
Figura 36: Simbologia adicional a utilizar quando a qualidade da ApR é de Classe A ou B, descrita no Anexo I e para os usos definidos, no mesmo anexo, para as situações em que existam restrições de acesso	116
Figura 37: Simbologia a utilizar quando a qualidade da ApR é de Classe B ou C descrita no Anexo I e para os usos definidos no mesmo anexo, para as situações com restrição de acesso	116
Figura 38: Simbologia a utilizar quando a qualidade da ApR é de Classe B ou C, descrita Anexo I, destinada a enchimento de lagos paisagísticos ou outros reservatórios acessíveis	117
Figura 39: Simbologia a utilizar quando a qualidade da ApR é de Classe D,e ou F, descrita no Anexo I e para os usos definidos, no mesmo anexo, com acesso público limitado ou mesmo interdito	118
Figura 40: Simbologia a utilizar nos equipamentos utilizados para a lavagem de ruas e de recipientes de recolha de resíduos	118
Figura 41: Exemplo A – Rega de um jardim urbano	121
Figura 42: Matriz de determinação do dano parcial priorizado (adaptado de Rebelo, 2018)	134

Lista de Acrónimos

APA	Agência Portuguesa do Ambiente
ApR	Água para Reutilização
ARS	Administração Regional de Saúde
CBO ₅	Carência Bioquímica de Oxigénio
CQO	Carência Química de Oxigénio
COV	Compostos Orgânicos Voláteis
DALY	<i>Disability-Adjusted Life Year</i> (anos de vida ajustados por incapacidade)
DGADR	Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural
DGS	Direção-Geral da Saúde
DRAP	Direção Regional de Agricultura e Pescas
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
ERSAR	Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
ISO	Organização Internacional para a Normalização
JRC	<i>Joint Research Centre</i>
LD	Limite de Detecção
LQ	Limite de Quantificação
LUA	Regime do Licenciamento Único Ambiental
NQA	Norma de Qualidade Ambiental
OMS	Organização Mundial da Saúde
pH	potencial Hidrogeniónico
QMRA	<i>Quantitative Microbial Risk Assessment</i>
RJApR	Regime Jurídico de produção e utilização de Água para Reutilização
SILiAmb	Sistema Integrado de Licenciamento do Ambiente
SST	Sólidos Suspensos Totais
TURH	Título de Utilização de Recursos Hídricos
ufc	Unidades Formadoras de Colónias
YLD	<i>Years Lived with Disability</i> (anos de vida perdidos devido à doença)
YLL	<i>Years of Life Lost</i> (anos de vida perdidos devido à morte prematura)

1. ENQUADRAMENTO

1.1. INTRODUÇÃO

A água é essencial para qualquer forma de vida e embora esteja em constante renovação, a água doce é limitada, não podendo ser fabricada nem substituída por outros recursos. Nos últimos anos tem-se assistido a um aumento da pressão sobre os recursos hídricos a nível mundial, decorrente do aumento populacional e conseqüente crescente consumo de água associado, em particular o resultante do abastecimento público, da produção agrícola e pecuária, da produção industrial, do comércio e serviços diversos, da utilização recreativa e desportiva, entre outros.

Em certas regiões, onde se inclui a bacia mediterrânica, a pressão sobre as massas de água tem ainda vindo a ser agravada devido à crescente diminuição de pluviosidade e ocorrência de secas prolongadas, sendo ainda expectável que fenómenos meteorológicos extremos tendam a tornar-se mais frequentes, associados aos efeitos das alterações climáticas. Por outro lado, a pressão sobre os meios hídricos apresenta ainda uma variabilidade ao longo do ano, em função do aumento sazonal da procura de água, e.g., subsequente da atividade turística ou do aumento das necessidades de rega.

A conjugação de elevadas necessidades hídricas com períodos de precipitação diminuta ou ausente e elevada evapotranspiração, poderá provocar situações de insuficiência de água para os diversos fins requeridos pela sociedade. Deste modo, o aumento da procura de fontes alternativas de água tem vindo a crescer, onde a reutilização de água, apesar de não ser uma utilização nova, tem-se apresentado como uma alternativa com enormes potencialidades. A título de curiosidade refira-se que existem indícios deste uso, para irrigação agrícola, pela Civilização Minoica em Creta (Grécia) há cerca de 3000 anos e na Era Moderna remontar a meados do século XIX, com a introdução dos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas.

A multiplicação de situações de escassez de água e de episódios de seca na União Europeia levou a Comissão Europeia a adotar uma Comunicação, sobre a escassez de água e as secas, onde a utilização de águas residuais tratadas foi considerada como uma eventual origem alternativa de água. Também no âmbito do programa “Uma Matriz Destinada a Preservar os Recursos Hídricos da Europa”/”A *Blueprint to Safeguard Europe’s Water Resources*” identificou-se a **reutilização de água como uma prioridade na gestão dos recursos hídricos**. Mais recentemente, no âmbito do Plano de Ação para a Economia Circular, é referido que adicionalmente às medidas para o uso eficiente da água, a reutilização de forma segura e eficaz em termos de custos, apesar de ainda pouco implantada, constitui

uma importante medida para o aumento da disponibilidade de água, aliviando os recursos hídricos, em particular os que se encontram em sobre-exploração. No âmbito do planeamento, a reutilização da água pode igualmente ser utilizada como medida suplementar, a incluir nos Programas de Medidas para alcance ou manutenção do Bom Estado da Água.

A reutilização de água contribui para o uso sustentável dos recursos hídricos, na medida em que permite a manutenção de água no ambiente e a respetiva preservação para usos futuros, enquanto se salvaguarda a utilização presente. Uma dada água residual, desde que seja tratada a um nível compatível com determinados usos, garantindo assim que não constitui um risco para a saúde, pública e humana, e/ou ambiente, poderá ser reutilizada múltiplas vezes para esse mesmo fim.

Não obstante, para que se possa promover a prática, a mesma deve apresentar sustentabilidade económica e tem de ser aceite pela opinião pública.

A nível global, a reutilização de água expandiu-se desde a rega agrícola ou de espaços verdes e de usos urbanos restritos até aos usos potáveis (indiretos e diretos), tendo as águas residuais tratadas passado a ser encaradas como uma nova origem de água, adicional, alternativa para múltiplos fins. No entanto, é importante garantir que os possíveis efeitos adversos sobre a saúde e o ambiente não tenham expressão, o que leva a uma necessidade premente de definição de normas de qualidade.

Contudo, embora importantes, as normas numéricas aplicadas de forma indiscriminada a uma lista de contaminantes químicos e microbiológicos não garantem por si só o nível de segurança requerido em termos de utilização de águas residuais tratadas. Torna-se ainda necessário uma nova abordagem, dirigida a cada projeto, vulgarmente designada por *fit-for-purpose*, suportada na avaliação do risco inerente à prática, que preconize a adoção de normas suportadas nessa mesma avaliação bem como o seguimento dos projetos de reutilização através de planos de gestão do risco, que contemplem múltiplas medidas de controlo, ou barreiras, e planos de monitorização a fim de reduzir os riscos para um nível aceitável. A ausência destes mecanismos poderá levar à perda de oportunidade de desenvolvimento de práticas apropriadas e sustentáveis de reutilização de água.

Em Portugal, a reutilização da água deve ser encarada como uma oportunidade não só para viabilizar a expansão de alguns projetos fortemente dependentes de disponibilidades hídricas, minimizar os efeitos de secas e escassez, como também para melhorar o estado do ambiente, tanto quantitativamente, diminuindo os volumes de água captados, como qualitativamente, diminuindo a carga rejeitada, nomeadamente em zonas sensíveis. Além disso, quando comparada a outras origens

alternativas de abastecimento de água, como a dessalinização ou a transferência de água, a reutilização da água muitas vezes requer menos custos de investimento e energia, podendo em algumas situações contribuir também para reduzir as emissões de gases com efeito estufa.

A metodologia adotada e explanada no presente guia permite que a reutilização da água seja realizada de forma segura e adaptada a cada uso concreto e por isso suportada numa análise de custo-eficácia equilibrada e competitiva.

1.2. MODELO DE GESTÃO DO RISCO

Para assegurar uma promoção correta e segura de projetos de reutilização é essencial a aplicação de um modelo de gestão e de planeamento do risco, que permite garantir o cumprimento dos objetivos de qualidade aplicáveis à água para reutilização (ApR), sem colocar em causa a saúde pública e/ou a proteção dos recursos hídricos.

Um modelo de gestão do risco assenta em quatro aspetos fundamentais, descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Aspetos chave de um modelo de gestão do risco

Critérios	Descrição
Responsabilidade pela gestão de ApR	Definição clara das responsabilidades de cada uma das partes envolvidas em todo o processo, desde a produção à utilização de ApR (entidades com competência na gestão do saneamento e tratamento de águas residuais e utilizadores finais) e também a regulação, regulamentação, fiscalização e inspeção (autoridades de regulação dos sistemas de saneamento e tratamento, autoridades de saúde e de agricultura, autoridade para a gestão dos recursos hídricos, autoridades com competências para a fiscalização e inspeção).
Legislação e procedimentos formais	Publicação de diploma legal que regula a produção e utilização de ApR, definindo os requisitos formais aplicáveis aos projetos de reutilização. Podem ainda ser utilizados guias internacionais disponíveis, nomeadamente ao nível da Organização Internacional para a Normalização (ISO), da Organização Mundial da Saúde (OMS), <i>Joint Research Centre</i> (JRC) ou outra literatura considerada pertinente.
Atores e partes interessadas (<i>stakeholders</i>)	Definição de todos os atores e partes interessadas, incluindo o público, na reutilização e garantia de envolvimento dos mesmos, com vista à promoção da prática através de uma estreita ligação entre a oferta e a procura de ApR e a aceitação pública.
Política de reutilização	Definição de uma política de reutilização através de mecanismos que potenciem a ligação entre a oferta e a procura de ApR e de requisitos de licenciamento para a produção e utilização de ApR, garantindo que a reutilização é feita com critérios de segurança de saúde, pública e humana, e ambiental.

O modelo de gestão do risco é utilizado para o desenvolvimento de planos de gestão que descrevem como um sistema deve ser operado, monitorizado e gerido para garantia de um uso correto e seguro das ApR.

À escala de cada projeto de reutilização estes quatro aspetos também devem ser tidos em consideração, podendo, nos casos mais complexos (e.g., reutilização a partir de sistemas centralizados) ser criada uma equipa multidisciplinar de indivíduos com um nível de conhecimento e experiência adequados à compreensão de todas as componentes de um sistema de reutilização e avaliação de todos os respetivos riscos associados, com vista à proteção da saúde pública e do ambiente.

Investir num sistema de reutilização de água é uma decisão complexa, com custos e benefícios que se estendem por muitos anos. Geralmente, a reutilização de água é mais cara do que captar água de uma origem natural de água doce, mas é mais barata do que a dessalinização da água do mar ou do que construir novas barragens. Em muitos casos, as origens de água de «baixo custo» já estão a ser usadas, e por isso o custo de reutilização da água deve ser comparado com o custo de qualquer nova origem de água disponível. Os custos de reutilização da água variam muito de um lugar para outro, dependendo da localização, requisitos de qualidade da água, métodos de tratamento, necessidades do sistema de distribuição, custos de energia, taxas de juros, incentivos e muitos outros fatores.

Devem também ser considerados os custos não monetários e os benefícios associados aos projetos de reutilização, nomeadamente a garantia de disponibilidade do fornecimento de água em épocas de seca, a expansão de projetos com elevadas necessidades hídricas em locais com escassez hídrica, diminuição das emissões de gases com efeito estufa e diminuição das cargas rejeitadas nas massas de água, entre outros, para determinar a opção mais viável do ponto de vista social, ambiental e económico.

O público é um dos principais interessados em qualquer decisão de gestão da água, e os membros de uma comunidade geralmente desempenham um papel importante na tomada de decisão sobre projetos de reutilização de água. Como acontece com qualquer projeto de água, o sucesso ou fracasso de um projeto de reutilização proposto pode refletir a perceção pública de como o projeto se relaciona com saúde pública, segurança, proteção ambiental e crescimento económico.

Existe na sociedade uma repulsa natural à água que é definida como contaminada, e às vezes esse sentimento pode-se traduzir em oposição à utilização de águas residuais tratadas, mesmo quando a

água é comprovadamente de alta qualidade. Em alguns casos, as pessoas podem até preferir água de baixa qualidade de uma fonte “natural” em detrimento de água de alta qualidade proveniente de uma instalação avançada de tratamento de águas residuais. A utilização de águas residuais tratadas causa uma barreira psicológica para muitos que é importante superar, promovendo a divulgação da reutilização de água, garantindo um sistema de controlo das várias etapas do processo que transmitam segurança na utilização.

1.3. OBJETIVOS DO GUIA

Este guia pretende constituir-se como enquadramento para o modelo de gestão da produção e utilização de água para reutilização (ApR) para usos não potáveis, consistindo uma ferramenta complementar ao Regime Jurídico de produção e utilização de Água para Reutilização (RJApR), o Decreto-Lei n.º 119/2019, de 21 de agosto.

O guia define os procedimentos envolvidos no licenciamento da produção e utilização das ApR, incluindo as linhas de orientação para o desenvolvimento do processo de avaliação do risco, bem como orientações para a seleção das medidas de gestão do risco a adotar decorrentes da mesma.

São igualmente propostas normas orientadoras para o seguimento dos projetos, nomeadamente em termos de programas de monitorização de ApR e de meios recetores.

Apresentam-se também alguns elementos sobre a comunicação do risco, designadamente em termos de sinalética a aplicar na produção, distribuição, armazenamento e aplicação de ApR, bem como considerandos sobre a informação ao público, em conformidade com a Portaria n.º 266/2019, de 26 de agosto, e por último, alguns exemplos de aplicação das metodologias semi-quantitativas de avaliação do risco descritas no presente guia.

Guia - Documento de suporte ao desenvolvimento de projetos de reutilização, que inclui apoio ao:

- **Licenciamento de produção e utilização de ApR;**
- **Processo de avaliação de risco.**

O presente guia não exclui a necessidade de consulta de bibliografia especializada, em particular em termos do processo de avaliação do risco.

1.4. DEFINIÇÕES

Com vista a uma melhor interpretação do guia apresenta-se uma lista de termos e definições a considerar na leitura do presente documento.

Águas residuais: as águas resultantes de atividades domésticas, urbanas, industriais ou de serviços, as escorrências superficiais (onde se incluem as águas pluviais contaminadas), as águas pluviais de sistemas de drenagem unitários ou pseudo -separativos, ou de qualquer afluência ou infiltração accidental nos sistemas de drenagem de águas residuais, as quais se dividem em quatro:

- i. **Águas residuais domésticas:** as águas residuais de serviços e de instalações residenciais, essencialmente provenientes do metabolismo humano e de atividades domésticas;
- ii. **Águas residuais urbanas:** as águas residuais domésticas ou a mistura destas com águas residuais industriais e/ou com águas pluviais;
- iii. **Águas residuais industriais:** as águas residuais provenientes de qualquer tipo de atividade que não são suscetíveis de ser classificadas como águas residuais domésticas nem sejam águas pluviais;
- iv. **Águas pluviais contaminadas:** águas pluviais, que em contacto com superfícies impermeabilizadas, sejam passíveis de arrastar materiais em suspensão ou outros poluentes e contaminantes, cuja carga implique a necessidade de tratamento prévio à respetiva reutilização ou à rejeição direta para o meio recetor.

Água para Reutilização (ApR): água residual destinada à reutilização e que foi sujeita a tratamento necessário para alcançar uma qualidade compatível com o uso final pretendido sem deteriorar a qualidade dos recetores.

Água remanescente: água sobrante proveniente de certos tipos de cultura agrícola, nomeadamente culturas fora de solo e que pode ser utilizada para supressão das necessidades hídricas de outras culturas agrícolas.

Avaliação do Risco: Processo de comparação dos resultados da análise dos critérios de risco, para a saúde ou ambiente, associado a um dado sistema ou situação, com vista à aceitação do mais reduzido valor de risco possível, que engloba a recolha de informação relativa aos perigos,

cenários de exposição, caracterização e gestão do risco e pode ser efetuado com recursos a métodos quantitativos, semi-quantitativos ou qualitativos.

Barreira ou medida de prevenção: qualquer meio físico ou, químico ou biológico que reduza ou previna o risco de ocorrência de danos para a saúde ou para o ambiente.

Barreira equivalente: medida de controlo que produz um resultado equivalente a uma determinada redução microbiológica correspondente à eliminação de perigo ou redução do mesmo até um nível aceitável.

Contaminante: qualquer substância física, química ou biológica presente na água, independentemente de constituir ou não um perigo para a saúde ou ambiente

Desinfeção: processo de destruição, remoção ou inativação seletiva dos organismos passíveis de causarem doenças até ao nível previamente considerado como apropriado para o uso e definido na respetiva licença.

Licença de produção de ApR: licença emitida ao abrigo do Decreto-Lei 119/2019, de 21 de agosto (RJApR), para produção de ApR para uso próprio ou, nos sistemas centralizados, para cedência a terceiros da ApR.

Licença de utilização de ApR: licença emitida ao abrigo do Decreto-Lei 119/2019, de 21 de agosto (RJApR), para utilização de ApR produzida por terceiros.

Perigo: contaminantes ou poluentes bem como a respetiva origem, ou outra situação com potencial para provocar danos na saúde, a curto ou longo prazo, ou no ambiente, em particular nos recursos hídricos.

Poluente: qualquer substância física, química ou biológica presente na água que constitui um perigo para a saúde ou para o ambiente.

Ponto de aplicação: local onde a ApR é aplicada.

Ponto de entrega: local onde um sistema centralizado entrega ApR a um utilizador final.

Recetor: as pessoas, os animais ou as ou componentes ambientais naturais, designadamente os recursos hídricos, o solo, a vegetação, vulneráveis aos efeitos adversos de um dado perigo.

Recirculação ou reciclagem de água: utilização de água em circuito fechado dentro de um ou mais processos, e.g., a utilização de água residual tratada numa estação de tratamento de águas residuais (ETAR) como água de processo ou para lavagem de equipamentos. A rega de espaços verdes com água residual tratada, dentro do recinto de uma ETAR, não é considerada recirculação ou reciclagem.

Rega com ApR: uso de ApR para satisfazer ou complementar as necessidades hídricas de culturas agrícolas ou florestais, espaços verdes de uso público ou privado, podendo ser:

- i. **Rega sem restrição de acesso:** rega de áreas com ApR com possibilidade de permanência de pessoas no local durante o período de rega;
- ii. **Rega sem restrição de acesso:** rega de áreas com ApR durante determinados períodos e sem permanência de pessoas no local durante esses mesmos períodos.

Reutilização de água: a utilização de águas residuais tratadas ou de águas de drenagem de sistemas de rega para benefício de indivíduos particulares ou da comunidade em geral.

Reutilização não-potável ou usos não potáveis: todas as aplicações de ApR exceto as que envolvam usos que requeiram uma qualidade compatível com água para consumo humano.

Risco: possibilidade de ocorrência de danos, decorrentes de um determinado perigo, num dado período temporal ou sob certas circunstâncias.

Sistemas centralizados: sistemas de tratamento de águas residuais urbanas abrangidos pelo Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho, na sua redação atual, geridos por uma única entidade gestora, que podem produzir ApR para uso próprio, bem como para cedência a terceiros dessa ApR.

Sistemas descentralizados: sistemas coletivos ou particulares, geridos por uma entidade coletiva ou particular, que apenas podem produzir ApR para uso próprio.

Sistemas descentralizados em simbiose: sistemas de produção de ApR a partir de água remanescente.

Sistema de distribuição: rede de recolha, drenagem, elevação ou armazenamento de ApR desde o ponto de entrega até ao ponto de aplicação.

Sistema de produção de ApR: sistema de tratamento de águas residuais apto a produzir água com qualidade compatível com o uso final pretendido, que inclui a infraestrutura de drenagem até ao ponto de aplicação, ou, tratando-se de um sistema centralizado, o sistema de tratamento incluindo a infraestrutura até ao ponto de entrega, podendo a água ter uma qualidade inferior, desde que, após o ponto de entrega, exista um sistema de tratamento adicional que garanta a compatibilidade com o uso final pretendido.

Sistema de reutilização: sistema completo de um projeto de reutilização que engloba a produção, a distribuição e a aplicação final de ApR.

Usos industriais: utilização de ApR em atividades industriais ou serviços, incluindo os sistemas de arrefecimento e as lavagens de veículos em unidades industriais

Usos paisagísticos: utilização de ApR para criação ou manutenção de planos de água de enquadramento paisagístico ou de suporte de vida aquática, fora do contexto urbano.

Usos próprios: utilização de ApR em atividades afetas ao produtor de ApR.

Usos urbanos: utilização de ApR, produzidas em sistemas centralizados, em contexto urbano, designadamente para usos recreativos, para enquadramento paisagístico, designadamente fontes ou outros elementos de água, lavagem de ruas, combate a incêndio, sistemas de arrefecimento, sistemas de enchimento de autoclismos e sistemas de lavagem de veículos.

Utilizações indiretas de ApR: a utilização de ApR que, de forma indireta, possa afetar os recursos hídricos, como os fenómenos de lixiviação, percolação, escorrência ou a condução através de sistemas de drenagem de águas pluviais, e que não implique o retorno direto ao sistema de tratamento de águas residuais ou ao sistema de produção de ApR.

1.5. INTERLIGAÇÃO ENTRE ENTIDADES COMPETENTES

No âmbito da reutilização de água, dada a natureza dos diversos usos possíveis, bem como os possíveis riscos para a saúde pública e ambiente, com especial ênfase nos solos, vegetação e recursos hídricos, haverá necessidade de uma colaboração estreita entre a Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. (APA), enquanto autoridade nacional da água, com as demais entidades com competências na área da saúde, nomeadamente a Direção-Geral da Saúde (DGS) e as Administrações Regionais de Saúde (ARS)

territorialmente competentes, bem como com a Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR) e as respetivas Direções Regionais de Agricultura e Pescas (DRAP).

Por outro lado, no âmbito da gestão dos sistemas públicos de drenagem e tratamento de águas residuais e de produção de ApR, também a Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR) tem um papel fundamental na regulação do sistema. Esta entidade, de acordo com o art.º 27º, do RJApR, no prazo de 1 ano definir indicadores que permitam mensurar a salvaguarda dos aspetos ambientais associados aos sistemas centralizados no seu sistema de avaliação da qualidade do serviço prestado pelas entidades gestoras integradas no seu âmbito de aplicação.

No que reporta à fiscalização e inspeção, devem ser desenvolvidas ações em conformidade com o disposto no art.º 23º, do RJApR.

Todas as entidades envolvidas podem consultar as licenças emitidas e as respetivas condições através do Sistema Integrado de Licenciamento do Ambiente (plataforma eletrónica SILiAmb), no sentido de agilizar os procedimentos de seguimento, de fiscalização ou de inspeção, no âmbito das respetivas competências de cada entidade. A APA disponibilizará ainda, no seu sítio na Internet, informação relativa à lista dos produtores e à respetiva caracterização das ApR produzidas, que deve estar integrada na SILiAmb.

2. PRINCÍPIOS GERAIS

2.1. ABORDAGEM *FIT-FOR-PURPOSE*

A abordagem *fit-for-purpose* consiste no desenvolvimento de um projeto de reutilização adequado a cada situação, para o qual é definido um normativo de qualidade específico, tendo em conta o fim a que as ApR se destinam e as necessidades de proteção da saúde pública e do ambiente. Deste modo, o normativo de qualidade aplicável a cada caso, para além das características dos usos pretendidos, vai ainda depender das especificidades locais do ponto de aplicação das águas e das características ambientais (e.g., tipo de culturas, solos, predominância de ventos, hidrogeologia, etc.).

Numa abordagem *fit-for-purpose*, adequada caso-a-caso, os recursos são dirigidos para onde são efetivamente necessários, com garantia de que a qualidade da água é adequada ao fim pretendido, sem que se coloque em causa a proteção da saúde e do ambiente, adequando assim os custos associados de uma forma racional.

A abordagem *fit-for-purpose* preconiza o desenvolvimento de um projeto de reutilização suportado no uso de ApR com qualidade adequada ao fim a que se destina, com garantia de proteção da saúde e ambiente.

No subcapítulo 3.2 e Anexo I apresentam-se as normas de qualidade aplicáveis aos diversos tipos de utilização de ApR. Contudo, a definição do normativo adequado a cada situação específica de aplicação de ApR será obtido através de um procedimento de avaliação do risco, a elaborar de acordo com o descrito no subcapítulo 3.3.

2.2. PRINCÍPIOS DO LICENCIAMENTO DE PRODUÇÃO E DE UTILIZAÇÃO DE APR

As águas residuais tratadas devem ser reutilizadas, sempre que possível ou adequado. Por outro lado, as vias de eliminação das águas residuais devem minimizar os efeitos nocivos sobre o ambiente e esta deve ser sujeita a regulamentação e/ou autorizações específicas prévias. Assim, as licenças de produção e de utilização representam o instrumento que permite a gestão da reutilização em função das especificidades das águas residuais tratadas, dos recetores e dos usos previstos. Deste modo, as referidas licenças têm de contemplar todas as obrigações referentes à produção e à utilização, nomeadamente as normas de qualidade aplicáveis e o respetivo programa de autocontrolo, bem como as regras de verificação do respetivo cumprimento.

Na Figura 1 explica-se a importância da definição clara das regras aplicáveis quer à produção, quer à utilização de ApR, para um aumento da confiança no procedimento de licenciamento.

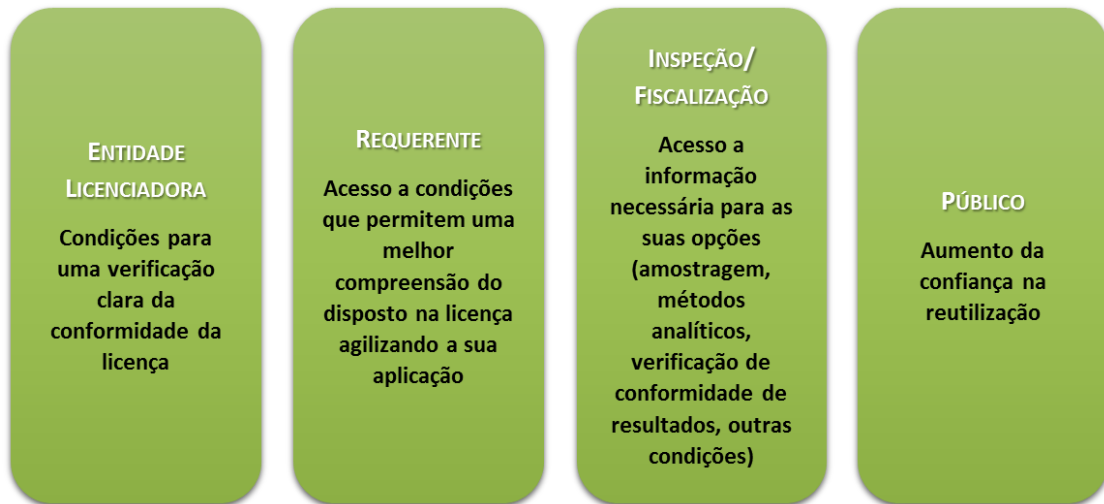


Figura 1: Importância do estabelecimento de condições no ato de licenciamento

A produção e utilização de ApR, por sistemas centralizados e descentralizados, estão sujeitas à obtenção prévia de licença, nos termos do art.º 7, do RJA_{Pr}, e do Regime do Licenciamento Único Ambiental (LUA).

As especificidades para a emissão das licenças de produção e de utilização serão posteriormente especificadas no capítulo 4, do presente guia.

2.3. SISTEMAS DE REUTILIZAÇÃO

Os sistemas de reutilização podem ser implantados a partir dos sistemas públicos de drenagem e tratamento de águas residuais ou a partir de um sistema particular e podem produzir ApR para um único uso ou para distintos usos com diferentes requisitos qualitativos.

Um sistema de reutilização pode produzir água para um único fim ou para distintos usos.

A produção de ApR tem o propósito específico de produzir uma água com determinada qualidade para posterior uso, para benefício de indivíduos particulares ou da comunidade em geral, podendo as ApR serem produzidas a partir do tratamento de águas residuais domésticas, urbanas, industriais, pluviais

contaminadas ou ainda a partir de águas remanescentes, i.e., as águas de rega excedentes de certos tipos de cultura agrícola, nomeadamente culturas fora do solo e que pode ser utilizada para supressão das necessidades hídricas de outras culturas.

Um sistema de reutilização engloba todas as etapas de um projeto desde a produção, à distribuição e à aplicação final de ApR.

Os sistemas de distribuição das ApR envolvem a rede de recolha, drenagem, elevação ou armazenamento desde o ponto de entrega até ao ponto de aplicação, podendo as ApR, antes da respetiva aplicação serem armazenadas em tanques, barragens, charcas ou qualquer outro meio de contenção de água, podendo igualmente serem misturadas com águas de outras origens, para melhoria de alguns aspetos qualitativos, como por exemplo a salinidade.

As ApR antes de serem utilizadas podem ser armazenadas em tanques, barragens, charcas ou qualquer outro meio de contenção de água

Conforme se referiu, as ApR podem ser utilizadas para um único fim ou terem múltiplas finalidades. Os usos mais comuns são a rega (agrícola, espaços verdes, floresta), os usos urbanos (suporte de ecossistemas, lavagem de ruas, enchimento de autoclismos, lavagem de equipamentos de recolha de resíduos sólidos urbanos, lavagem de veículos, usos recreativos de enquadramento paisagístico, combate a incêndios, águas de arrefecimento, outros) e os usos industriais, que dependem das especificidades de cada processo e das respetivas necessidades.

Uma dada ApR pode ser utilizada para um único fim ou ter diversas aplicações.

Para garantir a aplicação da abordagem *fit-for-purpose*, um sistema de produção de ApR deve adotar um esquema de gestão que se adequa aos usos previstos para a água produzida. Por outro lado, na definição do sistema devem também ser compatibilizados os usos em termos quantitativos, de modo a relacionar a oferta com a procura de água. Nas situações em que a procura seja superior à oferta, a ApR deverá ser disponibilizada em função do respetivo custo benefício, tendo em conta as variações sazonais de utilização da água. Em situações de seca, a decisão poderá passar pela administração em concordância com o disposto nos Planos de Gestão de Região Hidrográfica.

2.3.1. SISTEMAS CENTRALIZADOS

Um sistema centralizado de produção de ApR utiliza águas residuais tratadas oriundas de um sistema de águas residuais urbanas, o qual engloba o sistema de drenagem e tratamento de águas residuais de origem urbana provenientes de uma dada aglomeração, sujeito ao disposto no Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho, que transpõe para o ordenamento jurídico nacional a Diretiva 91/271/CEE, do Conselho de 21 de maio de 1991, com as alterações que lhe foram dadas pelos Decretos-Leis n.º 348/98, de 9 de novembro, n.º 149/2004, de 22 de junho, n.º 198/2008, de 8 de outubro e n.º 133/2015, de 13 de julho. Na Figura 2 ilustra-se, de forma sucinta, a relação entre a produção de ApR em sistemas centralizados e a sua potencial utilização.

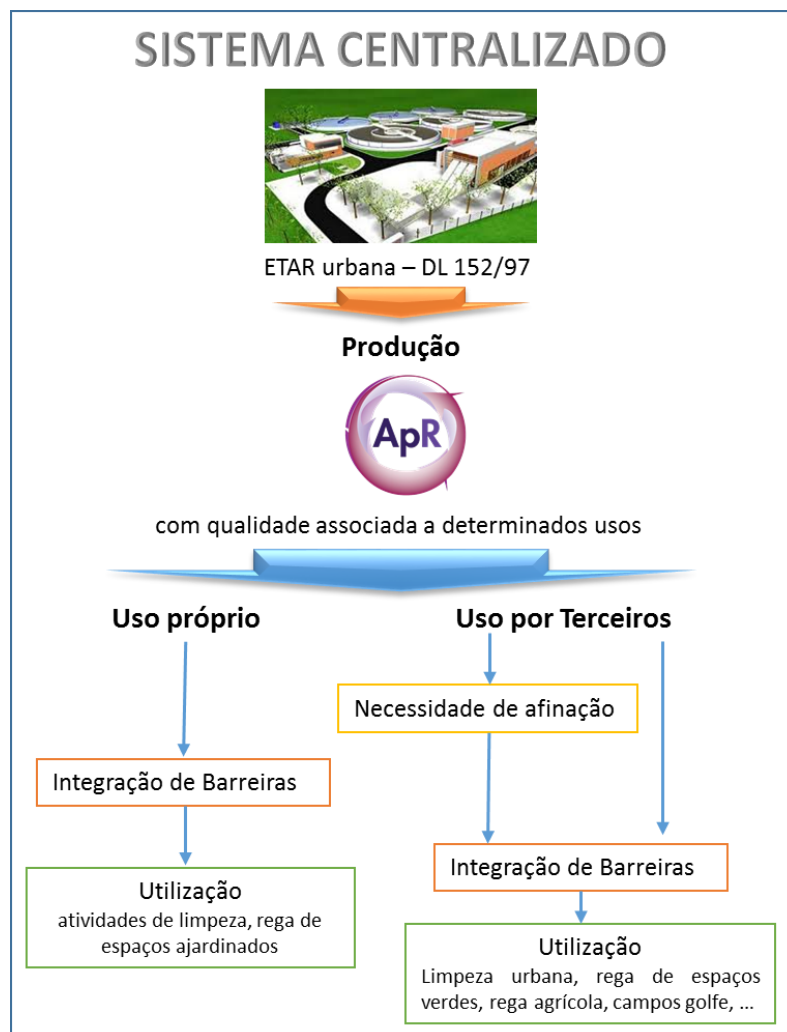


Figura 2: Sistema centralizado

Num sistema centralizado, o ponto de entrega deve ser definido em função das especificidades qualitativas requeridas, podendo ser adotados diversos esquemas de operação, nomeadamente:

- Sistema único, em que há apenas produção de água com um determinado nível de qualidade adequado a um determinado uso. Neste caso há apenas um ponto de entrega, conforme se pode ver na Figura 3:

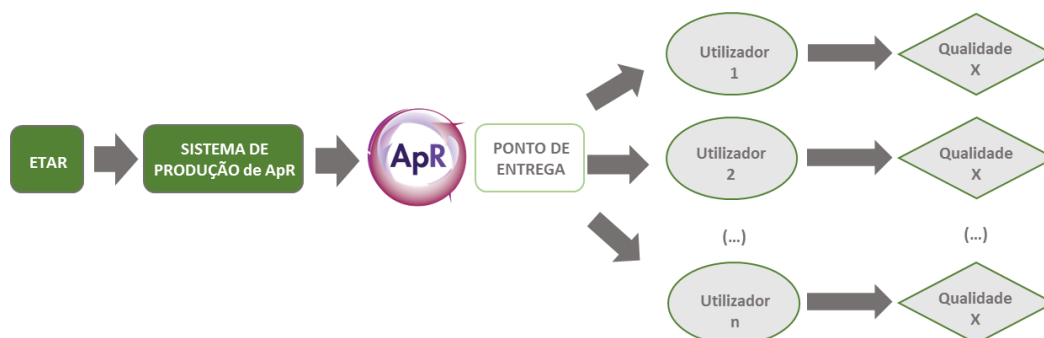


Figura 3: Sistema centralizado, versão sistema único

- Sistema em paralelo, em que um sistema de produção contempla duas ou mais linhas de tratamento com produção de água com distintos níveis de qualidade adequados a diferentes usos, podendo haver um ou mais pontos de entrega, dependendo se todas as linhas de tratamento estão incluídas no sistema de produção de ApR ou se constituem linhas adicionais geridas pelos utilizadores finais, conforme se pode observar na Figura 4 respetivamente;

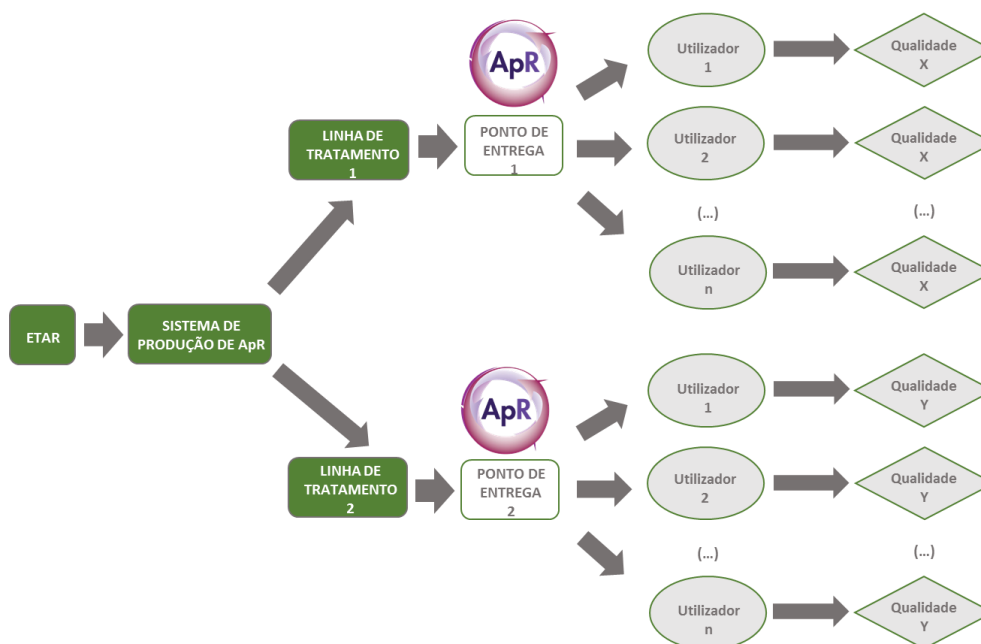


Figura 4: Sistema centralizado, versão sistema em paralelo

- Sistema em série, em que um sistema de produção contempla uma linha de tratamento para produção de água com qualidade compatível a determinado uso e a partir desta possa existir outra linha de tratamento subsequente para produção de água com outro nível de qualidade. Nestes casos a primeira linha de tratamento produz uma água com qualidade inferior às subsequentes. De um modo geral, este tipo de sistema contempla mais do que um ponto de entrega, de acordo com o descrito na Figura 5.

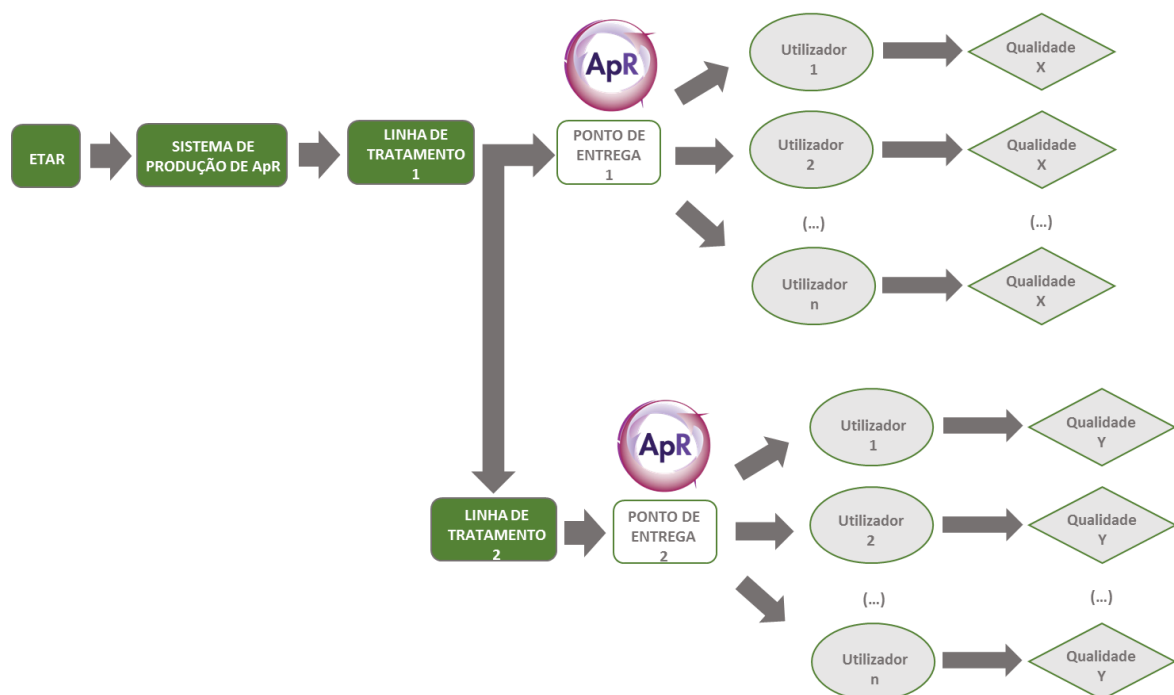


Figura 5: Sistema centralizado, versão sistema em série

Um sistema centralizado pode ser flexibilizado através da combinação de soluções em série e/ou paralelo de modo a adequar-se o melhor possível aos projetos e usos pretendidos.

Os esquemas de tratamento em série e paralelo podem ainda ser combinados em função das diferentes necessidades qualitativas de ApR e respetivas distâncias do ponto de produção ao ponto de entrega. As linhas de tratamento em série podem ser implementadas e operadas pelo utilizador final, caso se tratem de afinações específicas de tratamento requeridas em função da qualidade necessária ao fim a que a água se destina (e.g., linhas de pós-cloragem para prevenção de recontaminação).

Com vista a uma gestão do sistema adequada aos usos em presença, devem ser implantados sistemas em série quando a procura de água com uma qualidade inferior seja superior à procura de uma água com qualidade superior e desde que seja garantida a compatibilização dos usos com a proteção dos recetores em causa.

Um sistema centralizado pode utilizar a ApR produzida para usos próprios ou ceder a um ou mais utilizadores, com acordo de entrega de água com um determinado nível de qualidade previamente contratualizado, sendo da inteira responsabilidade do mesmo a verificação desta qualidade no ponto de entrega. A partir desta localização, o utilizador final assume a responsabilidade pela manutenção da qualidade da água até ao respetivo ponto de utilização, conforme descrito na Figura 6.

Um sistema centralizado pode produzir ApR para usos próprios e/ou para ceder a terceiros. Os usos próprios não incluem a água usada em circuito fechado ou que retorna na totalidade ao sistema de tratamento de águas residuais.

As linhas de tratamento em série situadas a jusante do ponto de entrega são da inteira responsabilidade do utilizador final, caso haja necessidade de implantação de um sistema de tratamento complementar ou de afinação para satisfazer os requisitos de qualidade e de gestão do risco exigíveis à finalidade pretendida.

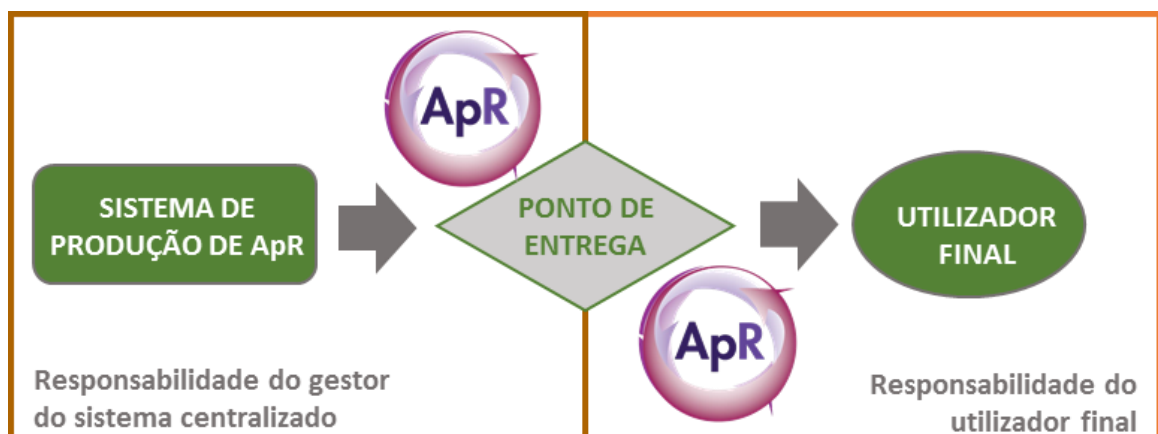


Figura 6: Ponto de entrega e partilha de responsabilidades

2.3.2. SISTEMAS DESCENTRALIZADOS

Um sistema descentralizado é gerido por um particular ou por uma entidade coletiva e engloba um sistema de produção de água com um nível de qualidade adequado ao fim a que se destina. As ApR produzidas em sistemas descentralizados só podem ser utilizadas pelo próprio gestor do sistema de produção de água, não podendo, em caso algum, ser cedidas a terceiros.

Um sistema descentralizado só pode produzir ApR para usos próprios.

O particular ou entidade coletiva que gere as ApR assume a total responsabilidade na gestão do próprio sistema de produção, transporte e aplicação das mesmas nos usos pretendidos, conforme descrito na Figura 7.

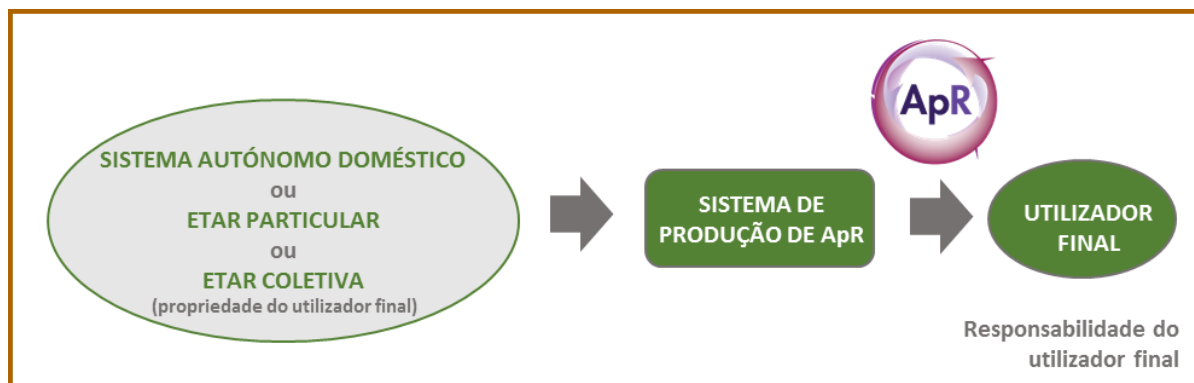


Figura 7: Gestão de sistemas descentralizados e respetiva responsabilidade

A produção de ApR a partir de águas residuais industriais pode ter origem nas instalações do utilizador final ou provir de terceiros, mas só podem ser utilizadas pelo próprio gestor do sistema de produção de ApR, não podendo, em caso algum, ser cedidas a terceiros, conforme se pode observar na Figura 8.

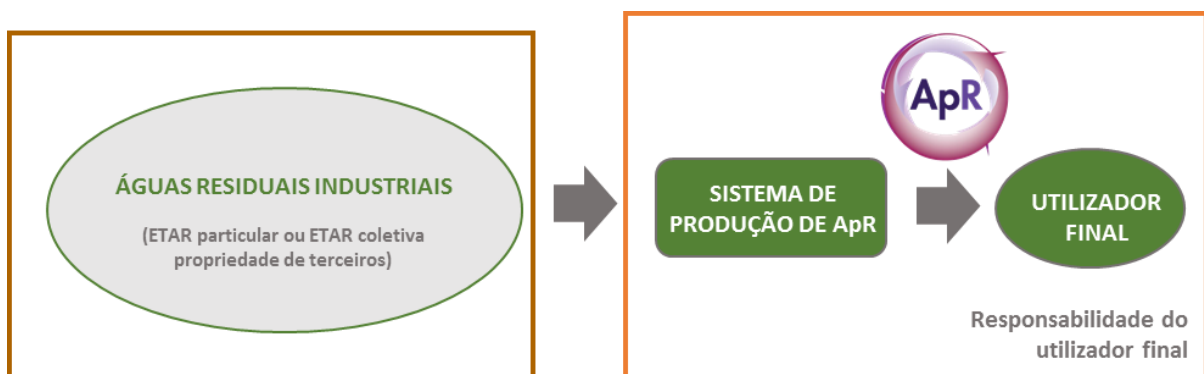


Figura 8: Gestão de sistemas descentralizados para usos industriais e respetiva responsabilidade

2.3.3. SISTEMAS DESCENTRALIZADOS EM SIMBIOSE

Um caso particular dentro dos sistemas descentralizados é a reutilização de águas de rega remanescentes de um dado tipo de culturas agrícolas, nomeadamente culturas fora de solo, que pelas suas características configuram águas residuais que podem ser reutilizadas na irrigação de outras explorações agrícolas. Este tipo de processo em simbiose é especialmente utilizado para reutilização de água proveniente de culturas hidropónicas (águas ricas em nutrientes) na rega de outro tipo de culturas agrícolas, que poderão pertencer a um mesmo proprietário ou não. Nestes casos específicos, não há propriamente um sistema autónomo de tratamento de águas residuais, mas uma eventual etapa de decantação ou apenas armazenamento, que já fará parte do sistema de produção de ApR.

A partir do ponto de entrega da água a responsabilidade é do utilizador final e esta poderá englobar a necessidade de implantação de um sistema de tratamento complementar ou de afinação para satisfazer os requisitos de qualidade e de gestão do risco exigíveis à finalidade pretendida. O esquema deste tipo de reutilização pode ser observado na Figura 9.

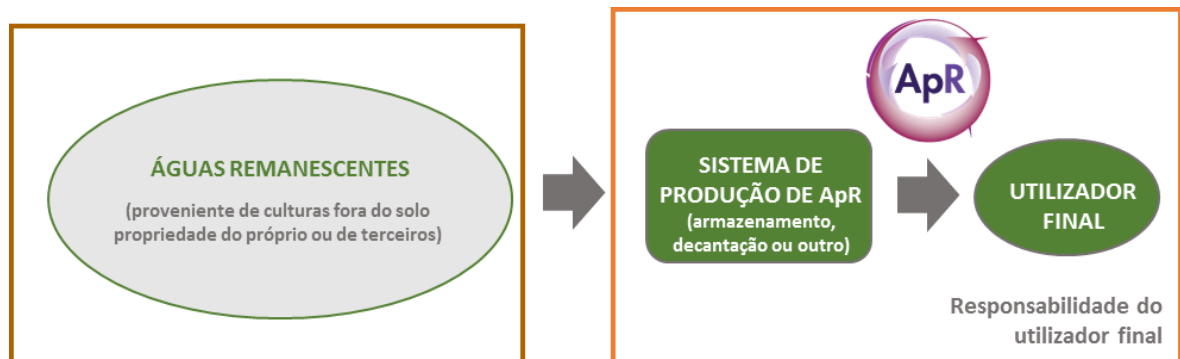


Figura 9: Gestão de sistemas descentralizados em simbiose e respetiva responsabilidade

3. DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE REUTILIZAÇÃO

3.1. AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA PARA IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS DE REUTILIZAÇÃO

O desenvolvimento de um projeto de reutilização de água deve ser pensado de forma faseada de modo a garantir a viabilidade e sustentabilidade do mesmo.

Numa **primeira fase** dever-se-á avaliar o potencial de reutilização de água através de uma análise entre a oferta, i.e., o potencial de produção de ApR, e a procura, ou seja, uma análise dos possíveis usos. Este processo, em sistemas centralizados envolve um entendimento entre os produtores e os utilizadores de ApR e a definição clara do ponto de entrega, com vista à definição inequívoca das responsabilidades de ambas as partes.

Potencial para reutilização de água:

- **Avaliação entre as disponibilidades de ApR (quantidade e qualidade) e as possíveis áreas de aplicação;**
- **Análise geográfica e avaliação do risco para verificação da viabilidade dos projetos de reutilização.**

A **segunda fase** compreende a avaliação do risco, onde em função dos perigos identificados e da caracterização de exposição dos diversos recetores envolvidos, de acordo com a tipologia de usos em causa, se caracteriza o risco associado ao projeto e as respetivas medidas de gestão para minimização e controlo do mesmo.

Os resultados da primeira e da segunda fase, conjugados com uma análise de custo-benefício, permitirão concluir sobre a viabilidade do projeto. Após a confirmação deste aspeto será necessário passar à **terceira fase**: a obtenção das licenças para produção e utilização de ApR, através do qual se definirão as medidas de gestão e de seguimento adequadas a cada caso e aplicáveis a cada interveniente por forma a permitir a utilização segura de ApR. Na Figura 10 pode-se observar a descrição geral deste processo.

A obtenção de licenças de produção e de utilização de ApR está ainda sujeita a parecer da ARS e, adicionalmente, da DRAP, em caso de rega agrícola ou florestal.

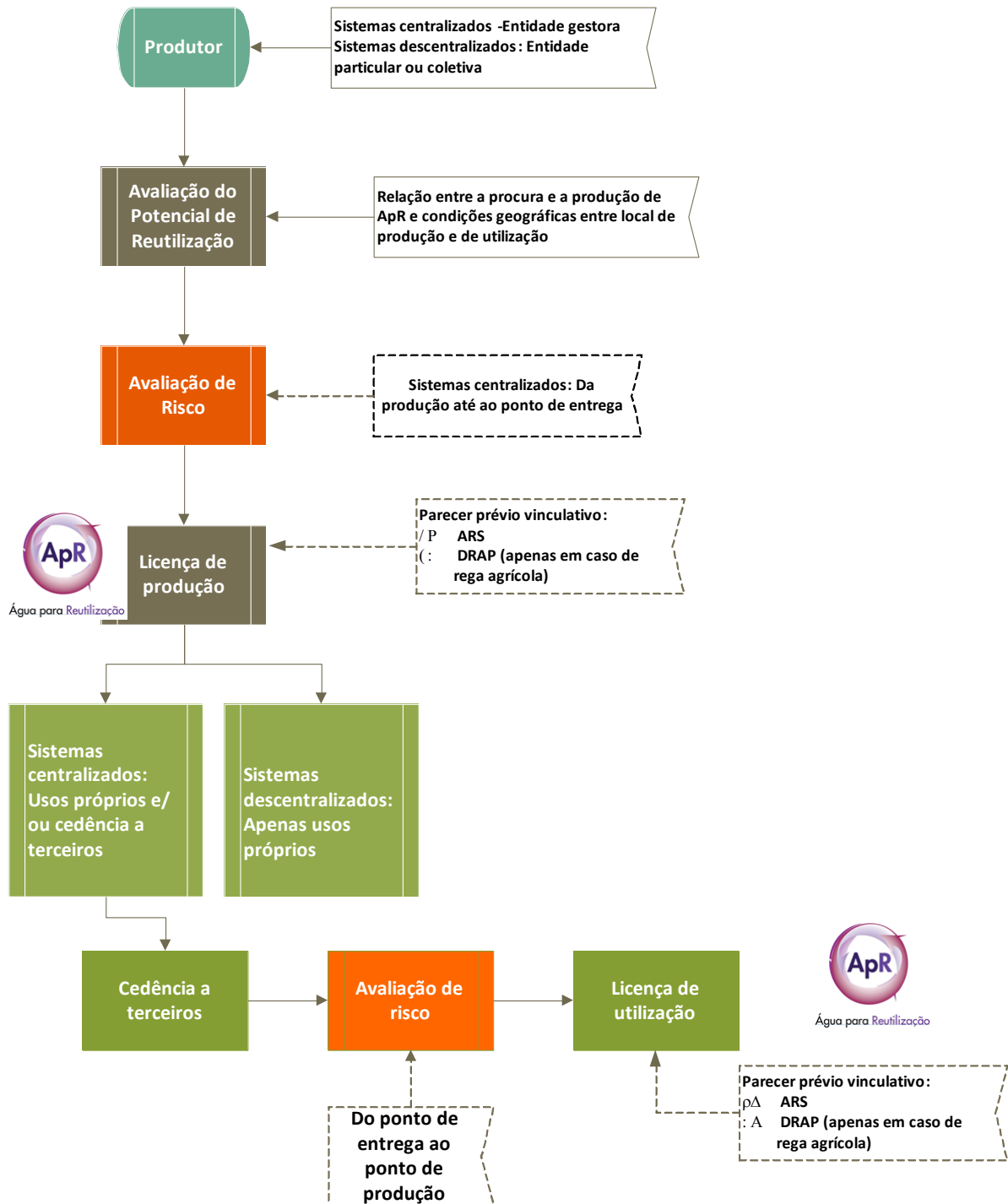
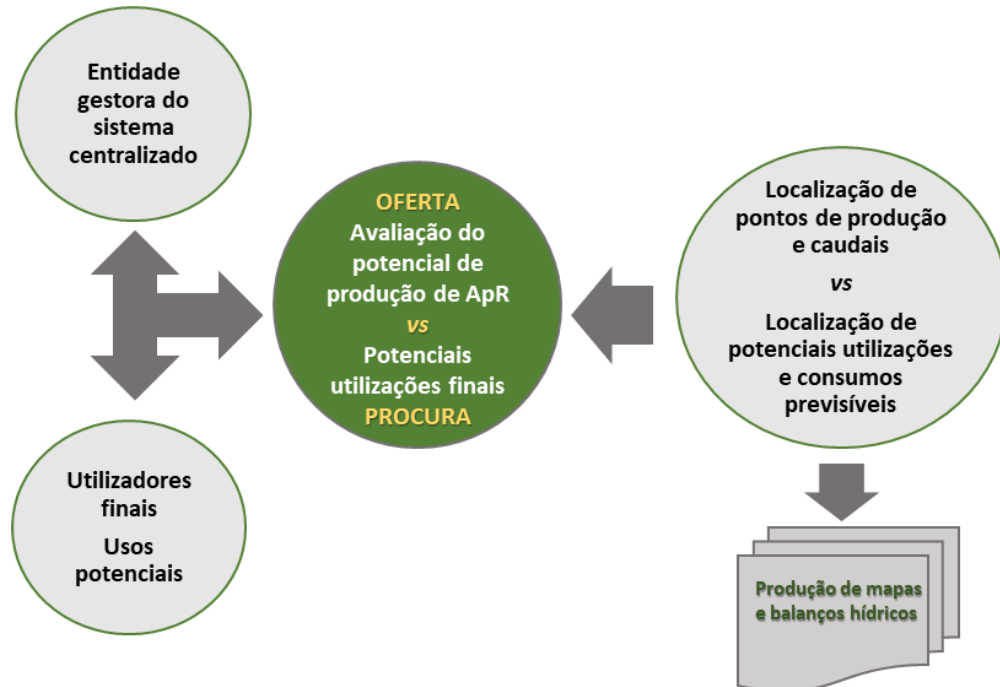


Figura 10: Esquema geral para o desenvolvimento de um projeto de reutilização

A primeira fase do desenvolvimento de qualquer projeto de reutilização é a avaliação da viabilidade do mesmo conforme descrito na Figura 10 e

Figura 11. Esta primeira fase contempla o cruzamento da informação referente aos potenciais usos (e.g., mapas contendo áreas regadas ou a regar e consumos de ApR previstos) e a produção de ApR,



nomeadamente em termos de pontos de produção e respetivos caudais.

Figura 11: Avaliação do potencial de reutilização de água para implantação de projetos de reutilização

Nesta etapa pretende-se apenas verificar os potenciais utilizadores finais, distâncias aos sistemas de produção de ApR e consumos previsíveis, sendo assim possível estabelecer prioridades de fornecimento de água, quando estejam em causa diversos usos concorrentes, bem como descartar situações inviáveis, e.g., devido à distância entre o ponto de produção e o ponto de utilização ou devido ao consumo previsto não ser suficiente para justificar a implantação de um sistema de produção de ApR.

No entanto, existem outros aspetos que devem ser tidos logo em conta nesta fase, em particular para descartar situações inviáveis. Estes aspetos compreendem a qualidade de água residual, fornecida ao sistema de produção de ApR, tendo em conta a admissão de efluentes industriais às redes, principalmente em sistemas urbanos, a topografia do local de produção e dos locais de aplicação e as variações diurnas e sazonais na produção de águas residuais.

Existem alguns fatores que poderão ser condicionantes limitativas para um dado projeto de reutilização, tais como, a admissão de certos efluentes industriais às redes urbanas (limitação química), topografia entre o ponto de produção e o(s) ponto(s) de aplicação (condicionante geográfica) ou mesmo as variações diárias ou sazonais na produção de águas residuais tratadas (condicionantes temporais).

No Apêndice I apresenta-se um esquema detalhado com os vários passos associados a esta primeira fase.

Por exemplo, nesta fase devem ser rejeitadas as águas residuais, brutas ou tratadas, passíveis de conter cargas significativas de poluentes tóxicos, persistentes ou passíveis de bioacumulação, e.g., efluentes urbanos com forte componente industrial.

Só é admissível a reutilização industrial que não requeira o uso de qualidade compatível com o consumo humano (i.e., água potável).

No caso de sistemas centralizados, a produção exclusiva de ApR para uso próprio, nas instalações da estação de tratamento de águas residuais, pode ser sujeita a um processo de avaliação do risco simplificado, descrito posteriormente no subcapítulo 3.3.4.

3.2. NORMAS DE QUALIDADE

No Anexo I do presente guia apresentam-se as normas de qualidade a aplicar por tipologia de uso e os tipos de tratamento de água que poderão ser aplicados para obtenção destes valores. As normas a aplicar a cada projeto devem resultar da avaliação do risco descrita no subcapítulo 3.3, incluindo a conjugação de barreiras para obtenção de efeito multibarreira, que poderá permitir a utilização de uma água de menor qualidade para um uso mais exigente, desde que as medidas de prevenção ou controlo aplicadas permitam o alcance do mais reduzido valor de risco possível, compatível com o valor correspondente à aplicação de um normativo mais exigente.

As normas de qualidade a aplicar a um dado projeto resultam da avaliação do risco e são definidas pela combinação das normas de qualidade previstas no Anexo I, do RJA_{ApR}, com barreiras ou medidas de prevenção que garantam o mais reduzido valor de risco possível que poderá ser similar ao valor resultante da aplicação de um normativo mais exigente ou até inferior.

No caso da rega, a qualidade da água descreve-se em cinco categorias de qualidade geral, de A a E. Contudo, caso se trate de rega agrícola, para além dos parâmetros previstos no Anexo I (Tabelas 1 e 2), a DRAP territorialmente competente, no âmbito das suas competências, em função das características de cada projeto, poderá vir a definir outros que considere necessários, devendo no entanto dar preferência ao disposto na norma ISO 16075-1:2015, referente ao desenvolvimento de projetos de rega com ApR.

Relativamente aos usos industriais, a utilização de ApR só é admissível em indústrias não alimentares ou outras que não requeiram o uso de água compatível com qualidade para consumo humano. A caracterização quantitativa e qualitativa da água a reutilizar depende de processo para processo e da qualidade requerida para o produto final, pelo que apenas é apresentada a qualidade da água com vista à proteção do contacto humano. A aplicação do normativo a cada projeto de reutilização tem de ser, à semelhança dos demais, suportada num processo de avaliação do risco. Outros parâmetros serão definidos caso a caso, em função do processo de avaliação do risco, da caracterização das águas residuais afluentes ao sistema de tratamento e do próprio processo industrial (e.g., eventual presença de substâncias prioritárias, perigosas prioritárias, outros poluentes e poluentes específicos).

Para proteção dos recursos hídricos poderá ser necessária incluir outros parâmetros para além dos referidos no Anexo I. Esta definição deve decorrer do processo de avaliação do risco descrito no subcapítulo 3.3.2.

No que concerne à rega agrícola, os utilizadores de ApR, para além das disposições do RJApR e do previsto no presente guia, têm prever e implementar as medidas que garantam a higienização e a segurança alimentar, tendo por base o descrito no Regulamento (CE) n.º 852/2004 do Parlamento e do Conselho, de 29 de abril de 2004, relativo à higiene dos géneros alimentícios, e no Regulamento (CE) n.º 178/2002 do Parlamento e do Conselho, de 28 de janeiro de 2002, estabelece procedimentos em matéria de segurança dos géneros alimentícios. Outro documento que deverá ser tido em consideração é a Comunicação da Comissão 2017/C 163/01, relativa ao documento de orientação em matéria de gestão dos riscos microbiológicos em frutos e produtos hortícolas frescos a nível da produção primária através de uma boa higiene.

Os usos agrícolas têm de cumulativamente dar cumprimento às medidas que garantam a higienização e a segurança alimentar, aos procedimentos em matéria de segurança dos géneros alimentícios e em matéria de gestão dos riscos microbiológicos em frutos e produtos hortícolas frescos a nível da produção primária através de uma boa higiene.

3.3. AVALIAÇÃO DO RISCO

A avaliação do risco é um método científico de confronto e expressão da incerteza na previsão de acontecimentos futuros, o qual se baseia na identificação dos perigos associados a um dado processo ou situação e numa estimativa qualitativa e/ou quantitativa do risco associado a estes mesmos perigos.

A avaliação do risco é a previsão da ocorrência de danos para os indivíduos ou ambiente, numa dada referência espacial e temporal.

O perigo pode ser descrito como o potencial para provocar danos enquanto o risco é a possibilidade de ocorrência desses mesmos danos, num dado espaço local e temporal e sob determinadas circunstâncias. Assim, o risco pode ser descrito pela multiplicação entre o perigo e a consequência, sendo esta última obtida pelo produto matemático entre a vulnerabilidade de um dado recetor e os danos passíveis de ocorrer decorrentes de um dado perigo, como se exemplifica na Figura 12.



Figura 12: Esquema de definição do risco

A ApR é passível de conter perigos que podem afetar de forma adversa a saúde pública e/ou o ambiente. O objetivo de uma avaliação do risco é estimar e reduzir o risco de possíveis eventos adversos até um nível considerado como aceitável para a sociedade em geral, para a comunidade local onde se irá efetuar a reutilização de água e para o ambiente, em particular os recursos hídricos. O processo de avaliação do risco é efetuado com base nas normas de qualidade previamente estabelecidas ou objetivos de desempenho que são utilizados para o desenvolvimento do esquema de tratamento a aplicar a cada projeto e para a definição de medidas de gestão do risco, por forma a garantir uma aplicação segura de ApR ao fim pretendido.

Neste tipo de avaliação deve ter-se sempre em conta que há um dado grau de incerteza associado, não quantificável (e.g., condições climáticas adversas, atos de vandalismo, etc.), o qual tem de ser

incorporado no processo de modo a aumentar a confiança das decisões. A incerteza poderá ser compensada através da inclusão de fatores de ponderação nas opções a tomar ao longo do processo de avaliação, devendo optar-se pelas soluções que conduzam ao mais reduzido valor do risco possível. A ponderação das decisões com base em fatores de importância é uma outra forma de minimização da incerteza.

O processo de avaliação do risco, dado consistir na previsão de “acontecimentos futuros” envolve incertezas não quantificáveis. Assim, estas devem ser incorporadas no processo, e.g., através do uso de escalas de importância, para aumentar a robustez da avaliação e consequentemente da decisão.

No contorno do presente guia, a avaliação do risco compreende dois âmbitos, abaixo descritos na Figura 13:

- O risco sobre a saúde, decorrente da ingestão, inalação ou adsorção dérmica de ApR, e
- O risco ambiental derivado da aplicação da água e eventual escorrência, infiltração, percolação ou lixiviação para os recursos hídricos superficiais ou subterrâneos.

A leitura do presente capítulo não exclui a necessidade de consulta de bibliografia especializada para o desenvolvimento de uma avaliação do risco.



Figura 13: Âmbito da avaliação do risco

Em projetos complexos, e.g., o caso de múltiplas utilizações com diferentes níveis de qualidade em sistemas centralizados ou situações de níveis significativos dos seres humanos à ApR, para o desenvolvimento do processo de avaliação do risco deverá ser criada uma equipa multidisciplinar, constituída por indivíduos com um nível de conhecimento e experiência adequados à compreensão de todas as componentes de um sistema de reutilização e avaliação de todos os respetivos riscos associados, com vista à proteção da saúde pública e do ambiente.

Um processo de avaliação do risco deve ser completado com a definição de um plano de gestão do risco, conforme descrito no subcapítulo 5.3.1, de modo a garantir que o nível de risco ao longo da vida útil de projeto de reutilização é mantido ao mais reduzido valor de risco possível.

3.3.1. AVALIAÇÃO DO RISCO SOBRE A SAÚDE

3.3.1.1. INTRODUÇÃO

A avaliação do risco sobre a saúde pública, de um modo geral, desenvolve-se ao longo de quatro etapas, com vista a dar resposta a questões fundamentais, conforme se pode ver na Figura 14:

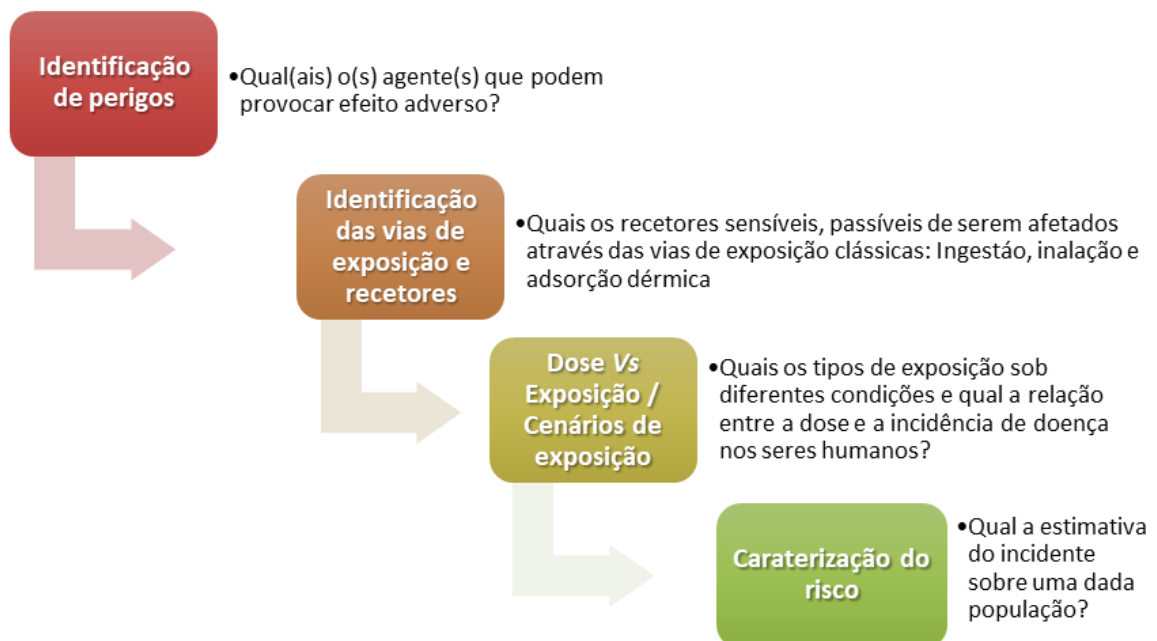


Figura 14: Esquema de avaliação do risco sobre a saúde

Quando haja disponibilidade de dados, este processo de avaliação poderá ser efetuado através de métodos quantitativos suportados em modelação matemática da resposta dos seres humanos à dose de exposição dos contaminantes.

Uma vez caracterizado o risco devem ser tomadas medidas de gestão, de modo a alcançar o mais reduzido valor do risco possível, dentro de um nível considerado como aceitável.

Note-se que em contexto de trabalho, o disposto no presente Guia não se sobrepõe, nem substitui, às obrigações das entidades empregadoras no que se refere à necessidade de avaliação do risco e respetivo controlo no âmbito da segurança e saúde no trabalho.

De seguida, descreve-se cada uma das etapas, com vista a uma maior perceção dos mecanismos envolvidos no procedimento de avaliação do risco.

3.3.1.2. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

A primeira etapa de um processo de avaliação do risco consiste na identificação dos perigos, ou seja, dos agentes com potencial para provocar dano na saúde pública. No caso específico da reutilização de água, os perigos estão associados à matriz de origem para produção de ApR, i.e., essencialmente ao conteúdo microbiológico das águas residuais tratadas.

Em termos de microbiologia, os perigos mais comuns associados às águas residuais e potenciais danos encontram-se descritos na Tabela 2.

Tabela 2: Microrganismos patogénicos vulgarmente detetados em águas residuais brutas (in ISO 20426:2018)

Organismos	Microrganismos patogénicos	Doenças provocadas
Bactérias	<i>Campylobacter</i>	Gastroenterite, artrite reativa e síndrome de Guillain-Barré
	<i>Escherichia coli</i> patogénica	Gastroenterite e septicémia, síndrome hemolítico-urémico
	<i>Salmonella</i>	Salmonelose, gastroenterite (diarreia, vómitos, febre), artrite reativa, febre tifoide
	<i>Shigella</i>	Shigelose (disenteria bacilar)
	<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera
Vírus	Enterovírus	Gastroenterite, anomalias coronárias, meningite, doenças respiratórias, desordens nervosas, outras

Organismos	Microrganismos patogénicos	Doenças provocadas
	Adenovírus	Doenças respiratórias, infeções oculares, gastroenterite
	Rotavírus	Gastroenterite
	<i>Entamoeba</i>	Amebíase (disenteria amebiana)
Protozoários	<i>Giardia</i>	Giardíase (gastroenterite)
	<i>Cryptosporidium</i>	Criptosporidíase, diarreia, febre
Helminfas	<i>Ascaris</i>	Ascariíase (infeção por vermes redondos ou lombrigas)
	<i>Ancylostoma</i>	Ancilostomíase (infeção por ancilóstomos)
	<i>Necator</i>	Necatoríase (infeção por vermes redondos ou lombrigas)
	<i>Trichuris</i>	Tricuríase (infeção por nemátodos)

No processo de avaliação do risco, devem ser utilizados como padrões de perigo os microrganismos vulgarmente utilizados como indicadores de contaminação microbiológica (e.g., *E. coli*), sem prejuízo de avaliação de outro indicador (e.g., ovos de parasitas intestinais ou enterococos) ou uma posterior monitorização de validação do sistema de reutilização (e.g., com utilização de indicadores de vírus e/ou protozoários), antes do arranque do mesmo para garantia do menor risco possível, dentro de um nível aceitável.

Os perigos microbiológicos vulgarmente considerados são microrganismos indicadores de contaminação fecal, como a *E. coli*, sem prejuízo de poderem ser utilizados outros (e.g., ovos de parasitas intestinais ou enterococos).

Resumindo, como se pode ver na Figura 14, apesar de serem conhecidos múltiplos agentes microbiológicos passíveis de provocarem doença, num processo de avaliação do risco apenas se utilizam microrganismos indicadores, os quais se referem a um tipo de microrganismo cuja presença na água determina se a mesma está poluída com material fecal de origem humana ou de outros animais de sangue quente.

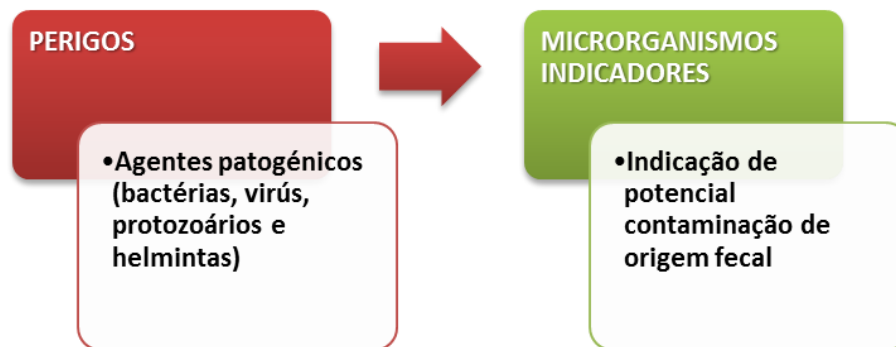


Figura 15: Identificação de perigos e seleção de microrganismos indicadores

3.3.1.3. IDENTIFICAÇÃO DE VIAS DE EXPOSIÇÃO E RECETORES

Num projeto de reutilização, para além dos seres humanos, poderão ser identificados outros recetores passíveis de constituírem um vetor para os mesmos (e.g., animais, vegetação, solos).

Assim, para os seres humanos, as vias de exposição a considerar são a ingestão, inalação ou adsorção. Devem igualmente ser avaliadas as vias diretas (contacto direto de ApR) e as vias indiretas (contacto indireto com microrganismos eventualmente presentes na ApR). Deste modo, para cada projeto de reutilização, devem cruzar-se os possíveis recetores com as vias de exposição, para identificação dos casos possíveis. Sempre que ocorra coincidência de via de exposição entre homem e outro recetor, essa via deve ser considerada como indireta entre o outro recetor e o homem.

As vias de ingestão clássicas são a ingestão, inalação ou adsorção e podem ocorrer direta ou indiretamente para o homem. As vias de ingestão indiretas são as que ocorrem indiretamente através de outros recetores (e.g., um animal pode ingerir ApR e, indiretamente, o homem pode ingerir alguma da contaminação destas ApR a partir do animal, sendo este tipo de via ser bastante comum em crianças).

Na Tabela 3 e Tabela 4 ilustra-se o exemplo do uso de ApR para rega de espaços verdes públicos:

Tabela 3: Identificação de vias de exposição diretas por recetor para a rega de espaços verdes de uso público

Vias de exposição	Recetores				
	Homem	Animais domésticos	Animais de pecuária	Vegetação agrícola	Vegetação paisagística
Ingestão	x	x			
Inalação	x	x			
Adsorção	x	x			x

Tabela 4: Identificação de vias de exposição diretas e indiretas para os seres humanos através de outros recetores

Outros Recetores	Ser Humano
Animais domésticos	Ingestão indireta, inalação indireta, adsorção indireta
Vegetação paisagística	Adsorção indireta

3.3.1.4. AVALIAÇÃO DOS POSSÍVEIS CENÁRIOS DE EXPOSIÇÃO E DA RELAÇÃO ENTRE DOSE DE AGENTE CONTAMINANTE E A PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE DOENÇA

Uma vez identificados os recetores e as vias de exposição, devem ser avaliados os possíveis cenários em que a referida exposição pode ocorrer, e.g., ingestão direta de ApR presente na superfície de culturas irrigadas, inalação de microgotículas em rega por microaspersão, ingestão de leite de gado alimentado com pastagens irrigadas com ApR, adsorção dérmica através de animais domésticos, etc. Na avaliação dos cenários de exposição direta dever-se-ão ter em conta os recetores presentes na área de aplicação de ApR e envolvimento (e.g., trabalhadores agrícolas, presença de habitações). No caso da exposição indireta ter-se-á que ter em conta os potenciais cenários de afetação pela ApR (e.g., consumidores de culturas agrícolas regadas com ApR).

A definição e caracterização de cenários é uma das fases mais críticas do processo da avaliação do risco, onde o objetivo é retratar com o maior detalhe possível, quer no espaço, quer no tempo, as potenciais situações de exposição dos recetores às ApR, independentemente de se tratarem de ocorrências pouco prováveis ou mesmo improváveis. Quanto mais extenso for este processo, maior será a incorporação das incertezas associadas, aumentando a confiança dos resultados do processo de avaliação do risco. Face ao exposto, convém ter presente que a definição e caracterização de cenários é um processo casuístico uma vez que depende sempre das características locais (e.g., tipo de ocupação e organização dos espaços, períodos temporais e modos de aplicação das ApR, barreiras físicas artificiais e naturais em presença, condições climatéricas e respetivo modo habitual de variação, etc.). A exclusão de cenários considerados como absurdos poderão ser descartados, desde que devidamente justificados.

A definição e caracterização de cenários é uma etapa crucial no processo de avaliação do risco. A variabilidade de cenários deve ser a mais completa possível, em termos de possíveis modos exposição dos recetores às ApR, tendo em conta as características espaciais e variações temporais.

Devem ser tidos em conta todos os possíveis cenários, independentemente da sua probabilidade de ocorrência. Poderão ser descartados cenários de exposição considerados como absurdos, desde que esta exclusão seja devidamente justificada no processo de avaliação do risco.

Nesta fase, para cada recetor deve elaborar-se uma grelha com os diferentes cenários de exposição possível, conforme descrito na Tabela 5, para o exemplo dos trabalhadores agrícolas de uma dada exploração para produção de uma determinada cultura:

Tabela 5: Identificação de cenários de exposição afetos a um dado recetor (trabalhadores de exploração agrícola, produção de culturas)

Recetor	Cenários de exposição	Tipo de via de exposição
Trabalhadores de exploração agrícola	Ingestão de água	Direto
	Ingestão de culturas	Direto
	Ingestão de solos	Direto
	Inalação (microgotículas)	Direto
	Adsorção dérmica	Direto (contacto com água)
		Indireto (contacto com plantas, solos ou animais)

Também o cruzamento da existência de determinada via de exposição (direta ou indireta) com a probabilidade de ocorrência de determinado cenário permite determinar a vulnerabilidade de cada recetor. Um recetor será mais vulnerável caso estejam presentes vias de exposição diretas e cenários devidamente comprovados.

Após o estabelecimento dos diversos cenários de exposição ter-se-á de analisar a relação entre a dose de um determinado microrganismo patogénico a que o público-alvo (população potencialmente afetada pelo projeto) está sujeito e a probabilidade de ocorrência de efeitos adversos na saúde (infecção, doença, morte), descrita na Figura 16. Esta relação permite estimar a severidade dos danos.

Figura 16: Relação entre a dose de contaminante e vias de exposição: Probabilidade de ocorrência de efeitos adversos na saúde pública



No caso de ocorrência de exposição direta, em particular ingestão ou inalação, poderá ser utilizado um modelo matemático quantitativo, similar ao utilizado nas águas para consumo humano, como o *Quantitative Microbial Risk Assessment* (QMRA), conforme proposto pela OMS¹, a qual se baseia na aplicação de modelos de dose-resposta. Os dados de entrada englobam a frequência e duração da aplicação de ApR, dose de ingestão inadvertida, de inalação e de contacto com a pele por cenário de exposição, tendo em conta as características do projeto. Na literatura existem algumas gamas de valores típicos, no entanto, dever-se-á ter em conta que os mesmos variam de país para país, entre regiões dentro de um mesmo país, entre épocas intranuais e interanuais e por tipologia de uso.

Trata-se de um processo complexo que requer uma quantidade de dados considerável, pelo que na ausência de elementos que permitam o recurso a esta análise quantitativa, poder-se-á um modelo qualitativo ou semi-quantitativo, onde os dados de entrada poderão ser as normas de qualidade base descritas no Anexo I, do presente documento, que representam indiretamente as doses eventualmente toleráveis.

Quando existe uma a disponibilidade significativa de dados sobre os modos e vias de infeção diretas podem ser usados modelos quantitativos do tipo dose-resposta (modelação matemática). Na ausência deste tipo de elementos devem ser utilizados modelos semi-quantitativos ou qualitativos.

¹ WHO (2006) Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. World Health Organization, Geneva.

Na aplicação de modelos qualitativos ou semi-quantitativos, a severidade dos danos pode ser definida empiricamente com base nos dados da literatura existentes para a ocorrência de doença decorrentes do tipo de exposição. Ou seja, por exemplo, no caso de ingestão direta de água contaminada deve ser considerada uma severidade elevada devido à existência de dados científicos sobre o desenvolvimento de doença por esta via de exposição. Quanto maior for o nível de contaminação, pior será a severidade dos danos.

Os modelos semi-quantitativos e qualitativos são os mais adequados para os usos não potáveis.

Na Figura 17 apresenta-se um possível esquema de decisão para opção da tipologia de modelos a aplicar a cada projeto:

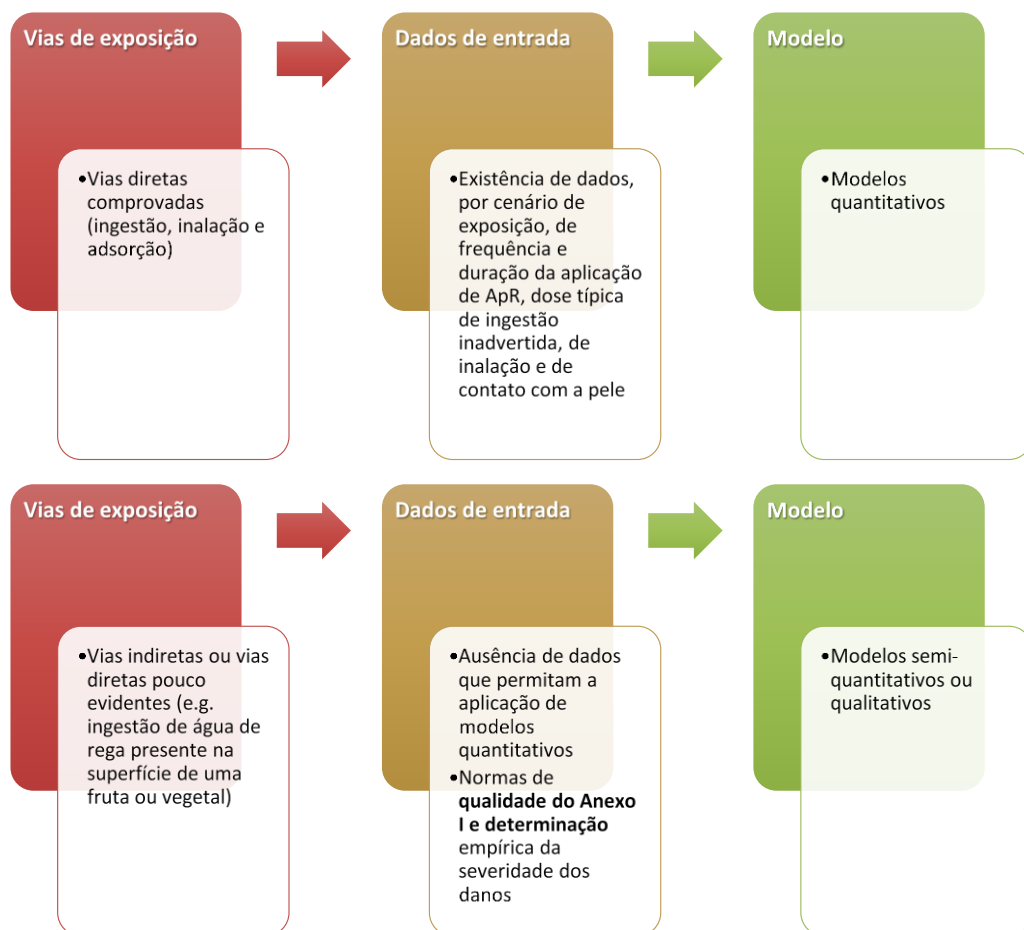


Figura 17: Esquema de decisão para seleção de tipologia de modelo dose-resposta a aplicar por cenário de exposição

No caso de aplicação de modelos semi-quantitativos ou qualitativos, devem ser selecionadas as normas a aplicar a cada cenário na ausência de qualquer barreira física ou química adicional, de modo a garantir-se a cenarização do pior caso possível (e.g., para rega de culturas consumidas em cru em que a parte consumível está em direto contacto com a água, considerar *Escherichia coli* ≤ 10 ufc/100 mL para qualquer um dos cenários identificados na Tabela 5).

Na rega por aspersão, as normas de qualidade a aplicar variam em função do raio do jato de água e da pressão máxima de operação, conforme descrito na Tabela 6.

Tabela 6: Distâncias mínimas entre o limite de áreas irrigadas e recetores, com velocidade máxima de 4 m/s

Classe de qualidade	Caraterísticas do sistema de rega		Distância mínima entre a área regada ^a e o recetor ^b (m)	
	Raio do jato de água (m)	Pressão máxima de operação ^c (bar)	Com cortina de proteção ^d	Sem cortina de proteção
A	Sem restrições	Sem restrições	Sem restrições	Sem restrições
B	Baixo: <10	$\leq 3,5$	5	20
	Médio: Entre 10 a 20	$\leq 4,0$	10	30
	Alto: >20	$\leq 5,5$	10	40
C	Baixo: <10	$\leq 3,5$	10	40
	Médio: Entre 10 a 20	$\leq 4,0$	15	50
	Alto: >20	$\leq 5,5$	20	60
D, E	Baixo: <10	$\leq 3,5$	20	50
	Médio: Entre 10 a 20	$\leq 4,0$	30	60
	Alto: >20	$\leq 5,5$	40	70

^a Área regada (recetora de água) na ausência de vento

^b Habitações, parques infantis, zonas de permanência de pessoas, edifícios industriais

^c O sistema de rega deve incluir dispositivo que previna a ocorrência de pressões superiores às definidas

^d Cortina arbórea ou qualquer outro tipo de barreira física (e.g. muro), cuja altura mínima corresponderá à altura máxima do jato de água

3.3.1.4.1. BARREIRAS OU MEDIDAS DE PREVENÇÃO

Uma vez conhecidos os vários cenários de exposição, para cada recetor, devem identificar-se para cada um dos mesmos as possíveis barreiras ou medidas de prevenção. As barreiras físicas ou químicas são mecanismos que reduzem o contacto da água com o recetor de modo a minimizar as vias de exposição diretas e indiretas por ingestão, inalação ou contacto dérmico.

De um modo geral poderão ser aplicadas barreiras na fonte de perigo, no sistema de tratamento ou nos sistemas de distribuição, armazenamento e aplicação das ApR, de acordo com o descrito na Figura 18:



Figura 18: Esquema de decisão para aplicação de barreiras

Assim, são diversas as medidas de prevenção ou controlo que podem ser utilizadas e combinadas num projeto de reutilização, e.g., para além da desinfeção podem ser adotadas outras técnicas que minimizam o contacto da água com as pessoas, animais e culturas agrícolas e, conseqüentemente, minimizam o risco de transmissão de contaminação para o ser humano. Por outro lado, as próprias características das culturas agrícolas minimizam só por si o contacto direto com a água.

As barreiras podem ser utilizadas de forma individual ou em conjunto para a aplicação de uma proteção do tipo multibarreira. Note-se que a probabilidade de falha de uma única barreira é sempre superior à probabilidade de falha em simultâneo de várias, pelo que da aplicação de multibarreiras resulta sempre um nível de risco mais reduzido face à aplicação de medidas de prevenção singulares.

Existem vários tipos de barreiras que podem ser aplicadas individualmente ou em conjunto, adicionando uma proteção do tipo multibarreira. O uso deste conceito permite o uso de água de menor qualidade para determinados usos, conforme se pode observar na Figura 19.



Figura 19: Aplicação do conceito multibarreira e a seleção de normas de qualidade

Alguns métodos que podem ser utilizados para minimizar a passagem de microrganismos patogénicos da água para os recetores são:

- Desinfeção – processo de destruição ou remoção seletiva dos organismos passíveis de causarem doenças, até um determinado nível previamente considerado como apropriado; não permite a eliminação total, sendo este processo a esterilização;
- Separação física pré-existente apropriada entre a água e os recetores (vegetais ou frutos, seres humanos ou animais);
- Instalação de barreiras físicas, e.g. coberturas resistentes ao sol entre o solo e as plantas, sebes;
- Sistemas de rega ao nível do solo ou das raízes (rega gota-a-gota e rega subsuperficial);
- Suspensão de rega num período adequado antes da colheita;
- Horários de rega fora das horas de uso dos espaços;
- Etc.

Cada barreira permite uma determinada redução microbiológica e algumas barreiras, dada a sua natureza, permitem maiores reduções e por conseguinte devem ser consideradas *per si* como barreiras múltiplas.

A medida de controlo que produz um resultado equivalente a uma dada redução microbiológica correspondente à eliminação de um dado perigo ou redução do mesmo até um nível aceitável é definida como barreira equivalente. Na Tabela 7 apresenta-se um exemplo de lista de barreiras e respetiva classificação em termos de barreiras equivalentes.

Uma barreira equivalente é uma barreira que corresponde a uma dada redução microbiológica (conceito da OMS, USEPA e ISO),

Tabela 7: Tipo de barreiras e correspondência com o número de barreiras equivalentes (in ISO 16075-2:2015, adaptado de OMS e USEPA)

Tipo de barreira	Aplicação	Redução microbiológica (em unidades logarítmicas)	N.º de barreiras equivalentes
Rega gota-a-gota	Culturas de crescimento lento (≥ 25 cm do solo)	2	1
	Culturas de crescimento elevado (≥ 50 cm do solo)	4	2
	Rega subsuperficial, que não permite que a água ascenda à camada superficial do solo por capilaridade	6	3
Rega por aspersão	Rega por aspersão e microaspersão de culturas de crescimento lento (≥ 25 cm do jato de água)	2	1
	Rega por aspersão e microaspersão de culturas de crescimento elevado e árvores de fruto (≥ 50 cm do jato de água)	4	2
	Rega por aspersão a distâncias superiores a 70 m de áreas residenciais ou espaços de uso público	1	1
Pós-desinfecção (no local de aplicação da água)	Baixo nível de desinfecção	2	1
	Alto nível de desinfecção	4	2
Coberturas resistentes ao sol	Em sistemas de rega gota-a-gota para separar a rega das culturas agrícolas	2 a 4	1
Decaimento natural de microrganismos	Cessação da rega ou interrupção em período de tempo anterior à colheita	0,5 a 2 ¹ por dia	1 a 2 ¹
Secagem ao sol	Culturas secas ao sol antes da colheita (e.g., girassol)	2 a 4	2
Controlo de acesso a áreas regadas	Restrição de acesso de pelo menos 24 h após a rega (e.g. acesso de animais a pastagens ou de trabalhadores)	0,5 a 2	1
	Restrição de acesso de pelo menos 5 dias após a rega	2 a 4	2

Tipo de barreira	Aplicação	Redução microbiológica (em unidades logarítmicas)	N.º de barreiras equivalentes
	Restrição de acesso durante as horas de rega em áreas públicas, de lazer ou desportivas (e.g., rega noturna)	0,5 a 1	1

¹ Dependendo das culturas e das condições climáticas

Outros exemplos de barreiras poderão ser encontrados na literatura. Por outro lado, as várias etapas de tratamento também constituem barreiras às quais estão associadas determinadas reduções microbiológicas, as quais dependem das condições específicas de operação do processo, tais como o tempo de retenção, tempo de contacto e concentração das soluções químicas utilizadas, porosidade, altura do meio filtrante, pré-tratamentos e outros fatores. Na Tabela 8 apresentam-se alguns exemplos de gamas de reduções microbiológicas associadas a certos tipos de tratamento que poderão ser utilizadas como termo de comparação na seleção de processos.

Tabela 8: Reduções microbiológicas típicas de certas etapas de tratamento (adaptado de USEPA, 2012)

Tipo de tratamento	Microrganismos indicadores				Microrganismos patogénicos			
	<i>E. coli</i>	<i>Clostridium perfringens</i>	Colifagos totais	Bactérias entéricas (e.g., <i>Campylobacter</i>)	Vírus entéricos	<i>Giardia lamblia</i>	<i>Cryptosporidium parvum</i>	Helmintas
	Unidades Log ₁₀							
Tratamento secundário	1-3	0.5-1	0.5-2.5	1-3	0.5-2	0.5-1.5	0.5-1	0-2
Filtração em meio duplo¹	0-1	0-1	1-4	0-1	0.5-3	1-3	1.5-2.5	2-3
Filtração por membranas²	4->6	>6	2->6	>6	2->6	>6	4->6	>6
Reservatório de armazenamento/equalização	1-5	nd ³	1-4	1-5	1-4	3-4	1-3.5	1.5->3
Ozonização	2-6	0-0.5	2-6	2-6	3-6	2-4	1-2	nd
Desinfecção por radiação ultravioleta	2->6	nd	3->6	2->6	1->6	3->6	3->6	nd
Oxidação avançada	>6	nd	>6	>6	>6	>6	>6	nd
Cloragem	2->6	1-2	0-2.5	2->6	1-3	0.5-1.5	0-0.5	0-1

¹ Inclui coagulação

² Ultrafiltração, nanofiltração e osmose inversa. As taxas de remoção variam drasticamente dependendo da instalação e manutenção das membranas

³ nd – Não disponível

As barreiras a aplicar a cada cenário devem ser selecionadas pelo critério de minimização ou redução do contacto da água com o recetor em causa. No cômputo geral, as medidas de controlo e prevenção devem ser selecionadas tendo em conta o descrito na Figura 20.



Figura 20: Critérios de seleção das medidas de controlo e prevenção

Na Tabela 9 apresenta-se o número mínimo de barreiras a aplicar por uso previsto.

Tabela 9: Número mínimo de barreiras aplicáveis por uso previsto

Classe de qualidade	Áreas sem restrição de acesso (usos urbanos e agrícolas)	Áreas com restrição de acesso (usos urbanos e agrícolas)	Culturas consumidas em cru	Culturas destinadas a processamento e consumo animal, exceto suínos	Pomares	Produção de sementes	Produção de sementes / Outras áreas privadas de uso restrito
A	0	0	0	0	0	0	0
B	1	0	1	0	0	0	0
C	Proibido	1	3	2	1	0	0
D	Proibido	Proibido	Proibido	Proibido	3	0	0
E	Proibido	Proibido	Proibido	Proibido	3	1	0
Águas residuais não tratadas	Proibido	Proibido	Proibido	Proibido	Proibido	Proibido	Proibido

De acordo com a literatura, não devem ser utilizadas ApR para rega de culturas destinadas a consumo animal (suínos), devido a esta espécie constituir um vetor de elevado risco para a saúde, a não ser que, para um projeto específico, haja disponibilidade suficiente de dados que permita indicar que o risco pode ser gerido e mantido a um nível aceitável.

A ApR não deve ser utilizada para rega de culturas destinadas à alimentação de suínos (vetor de elevado risco para a saúde).

Na rega, a conjugação do raio do jato de água com a pressão máxima de operação, descrita na Tabela 6, constitui também uma barreira.

Outros exemplos de barreiras ou medidas de prevenção adicionais que devem ser utilizadas na rega agrícola encontram-se descritos na Tabela 10.

Tabela 10: Barreiras ou medidas de prevenção adicionais que deverão ser utilizadas na rega agrícola

Classe de qualidade	Barreiras ou medidas de prevenção adicionais
A	Os animais de espécie suína não devem ser expostos às culturas irrigadas, a não ser que, para um projeto específico, haja disponibilidade suficiente de dados que permita indicar que o risco pode ser gerido e mantido a um nível aceitável
B	Proibição de colheitas de culturas húmidas, incluindo as produções com rega gota-a-gota Proibição de pastagem de gado leiteiro em culturas húmidas As culturas forrageiras devem ser secas ou armazenadas em silos antes de serem embaladas Os animais de espécie suína não devem ser expostos às culturas irrigadas, a não ser que, para um projeto específico, haja disponibilidade suficiente de dados que permita indicar que o risco pode ser gerido e mantido a um nível aceitável
C	Proibição de colheitas de culturas húmidas, incluindo as produções com rega gota-a-gota Proibição de pastagem de gado nos cinco dias subsequentes à irrigação As culturas forrageiras devem ser secas ou armazenadas em silos antes de serem embaladas Os animais de espécie suína não devem ser expostos às culturas irrigadas, a não ser que, para um projeto específico, haja disponibilidade suficiente de dados que permita indicar que o risco pode ser gerido e mantido a um nível aceitável
D	Proibição de colheitas de culturas húmidas, incluindo as produções com rega gota-a-gota

3.3.1.4.2. EVENTOS ADVERSOS

Ainda dentro da análise dos cenários de exposição, o passo seguinte no processo de avaliação do risco consiste na identificação dos eventos adversos possíveis que poderão provocar uma rutura ou falha

nas barreiras e/ou potenciar determinado cenário de exposição. Este processo é variável de projeto para projeto e depende da respetiva configuração prevista para uma dada reutilização. Por outro lado, à medida que o projeto vai sendo melhorado de acordo com as medidas de prevenção que vão sendo adotadas como barreiras, a identificação dos possíveis eventos adversos também tem de ser ajustada. De acordo com a literatura, os eventos adversos mais prováveis encontram-se descritos na Figura 21.

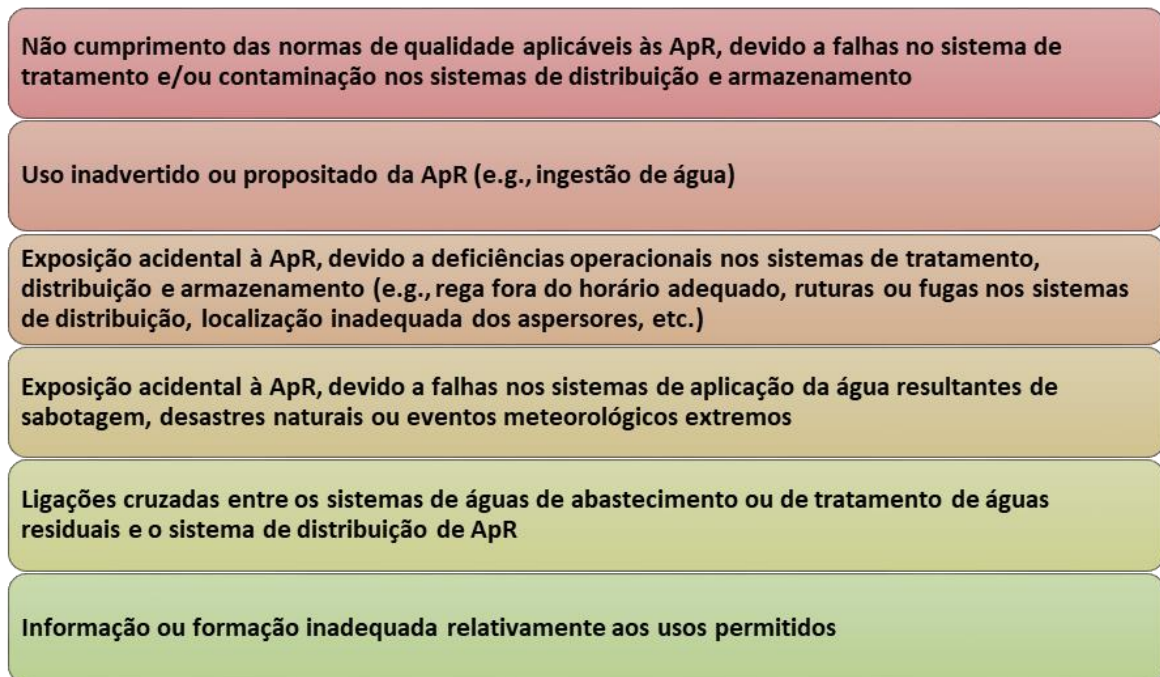


Figura 21: Eventos adversos mais prováveis

A presença de redundâncias nos sistemas de tratamento, distribuição e/ou armazenamento diminui a probabilidade de ocorrência de eventos adversos. A probabilidade de ocorrência pode ser determinada através de uma escala empírica, conforme se pode observar na Tabela 11.

Tabela 11: Medidas de probabilidade de ocorrência de eventos adversos

Descritor de probabilidade	Descrição
Raro	Nunca ocorreu no passado e é altamente improvável que ocorra num período de tempo razoável ¹
Pouco provável	Nunca ocorreu no passado mas pode ocorrer em circunstâncias excecionais num período de tempo razoável
Possível	Pode ter ocorrido no passado e/ou pode ocorrer em circunstâncias normais num período de tempo razoável
Provável	Há registos de ocorrência no passado e é provável que ocorra num período de tempo razoável

Descritor de probabilidade	Descrição
Quase certo	Há registos de ocorrência frequente no passado e/ou é quase certo que ocorra na maioria das circunstâncias num período de tempo razoável

¹ Período de tempo razoável que tem de ser definido de acordo com a importância do perigo e o prazo máximo para revisão dos títulos para produção e utilização de água para reutilização.

3.3.1.5. CARATERIZAÇÃO DO RISCO

Uma vez seleccionadas as barreiras a aplicar a cada cenário de exposição, e definidos os eventos adversos e respetiva probabilidade, torna-se necessário proceder à caracterização do risco inerente a cada cenário, perante determinado evento.

Para a caracterização do risco, o primeiro passo será uma caracterização qualitativa do dano associado aos cenários de exposição referentes às vias diretas para o ser humano (ingestão, inalação e adsorção dérmica). Este passo é essencial para verificação da necessidade de se efetuar uma caracterização quantitativa do risco para a saúde pública. O dano qualitativo associado a cada cenário é obtido através do produto matemático entre a probabilidade de ocorrência (falha na barreira) e a severidade dos danos. Para o efeito recorre-se à matriz apresentada na Figura 22:

		Rara	Pouco provável	Possível	Provável	Quase certa
		Probabilidade de falha na barreira				
Severidade dos danos	Insignificante	Muito baixo	Muito baixo	Baixo	Baixo	Moderado
	Fraco	Muito baixo	Baixo	Baixo	Moderado	Elevado
	Moderado	Baixo	Baixo	Moderado	Elevado	Elevado
	Forte	Baixo	Moderado	Elevado	Elevado	Muito elevado
	Severo	Moderado	Elevado	Elevado	Muito elevado	Muito elevado

Figura 22: Matriz de caracterização do dano associado a cada cenário

Se o dano obtido a partir da matriz anterior for igual ou superior a moderado têm de ser definidas medidas de minimização, i.e., o dano tem de ser gerido até obtenção de um nível baixo ou muito baixo.

Desta forma, para minimização do mesmo devem ser adicionadas novas barreiras e efetuada nova caracterização do dano para a saúde pública até obtenção do valor desejado.

Devem ser adotadas barreiras ou redundâncias adicionais às mesmas para obtenção de um dano de nível baixo ou muito baixo.

Para obtenção do nível total do risco para a saúde pública associado a cada projeto, as situações que determinem um dano elevado a muito elevado devem seguir para caracterização quantitativa do risco, caso haja disponibilidade de dados e permitam a mesma, enquanto as restantes situações poderão seguir para uma caracterização semi-quantitativa ou qualitativa.

Conforme descrito no subcapítulo 3.3.1.4, a norma de qualidade disposta no Anexo I, para efeitos de proteção da saúde pública, pode ser definida como ponto de partida em cada processo de avaliação do risco, podendo ser validada para as situações que revelem um risco global aceitável. Os casos que apresentem níveis do risco superiores, o normativo a aplicar deve ser restringido e efetuada nova caracterização. Outra opção neste passo é a avaliação da possibilidade de utilização de normas menos restritivas e aplicação de mais barreiras, e.g., pode-se avaliar a rega de culturas destinadas ao consumo em cru com uma água com qualidade A e sem barreiras adicionais, com classe B e uma barreira adicional ou classe C e três barreiras adicionais, permitindo uma otimização do projeto.

Nas situações que revelem a necessidade de uma caracterização quantitativa do risco, a mesma poderá seguir a abordagem QMRA descrita pela OMS². Os resultados de saída deste tipo de modelação são um valor ou um conjunto de valores expressos em “anos de vida ajustados por incapacidade”, i.e., unidades *Disability-Adjusted Life Year* (DALY), que no léxico da saúde é a medida do impacto da doença, em tempo, e que combina os anos de vida perdidos devido à doença (*Years Lived with Disability*, YLD) ou à morte prematura (*Years of Life Lost*, YLL). Os anos de vida ajustados por incapacidade são obtidos a partir da soma entre os anos de vida perdidos devido à doença e à morte prematura (DALY = YLD + YLL). De acordo com as orientações do JRC, em projetos de reutilização, poder-se-á considerar como tolerável um risco com um valor associado de 10^{-6} DALY por pessoa por ano.

² WHO (2006) Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. World Health Organization, Geneva.

O modelo quantitativo QMRA origina resultados em termos de “anos de vida ajustados por incapacidade” (DALY), que resultam da soma entre anos de vida perdidos por doença e por morte prematura. Um nível de risco tolerável para um projeto de reutilização é de 10^{-6} DALY.

Note-se que os dados de entrada do modelo QMRA só podem ser estabelecidos de forma apropriada quando existam dados reais ou teóricos fiáveis, pelo que só nestas situações a caracterização quantitativa deve ser utilizada. Este tipo de metodologia apresenta larga aplicabilidade no caso de utilização de água compatível com qualidade para consumo humano. No entanto, a nível mundial, no que concerne aos usos não potáveis, os dados disponíveis em termos de vias e mecanismos de exposição e a ausência de estudos epidemiológicos dificultam a aplicação destes modelos quantitativos.

O QMRA tem sido bastante aplicado para usos potáveis de água.

Na ausência de dados que invalide a aplicação de modelos dose-resposta, devem utilizar-se modelos qualitativos ou semi-quantitativos, os quais se baseiam na aplicação de matrizes de probabilidade de ocorrência *versus* severidade dos danos, similares à da Figura 22. A integração matricial ou mesmo a aplicação de escalas de fatores de importância poderá resultar numa melhoria da abordagem. No Anexo II apresenta-se um modelo semi-quantitativo que pode ser utilizado para a caracterização do risco associado à reutilização de água para fins não potáveis, o qual inclui um exemplo de aplicação. Na Figura 23 apresenta-se um esquema do referido modelo.

No Anexo II apresenta-se um modelo semi-quantitativo, para a avaliação do risco (microbiológico) para projetos de reutilização envolvendo usos não potáveis de água.

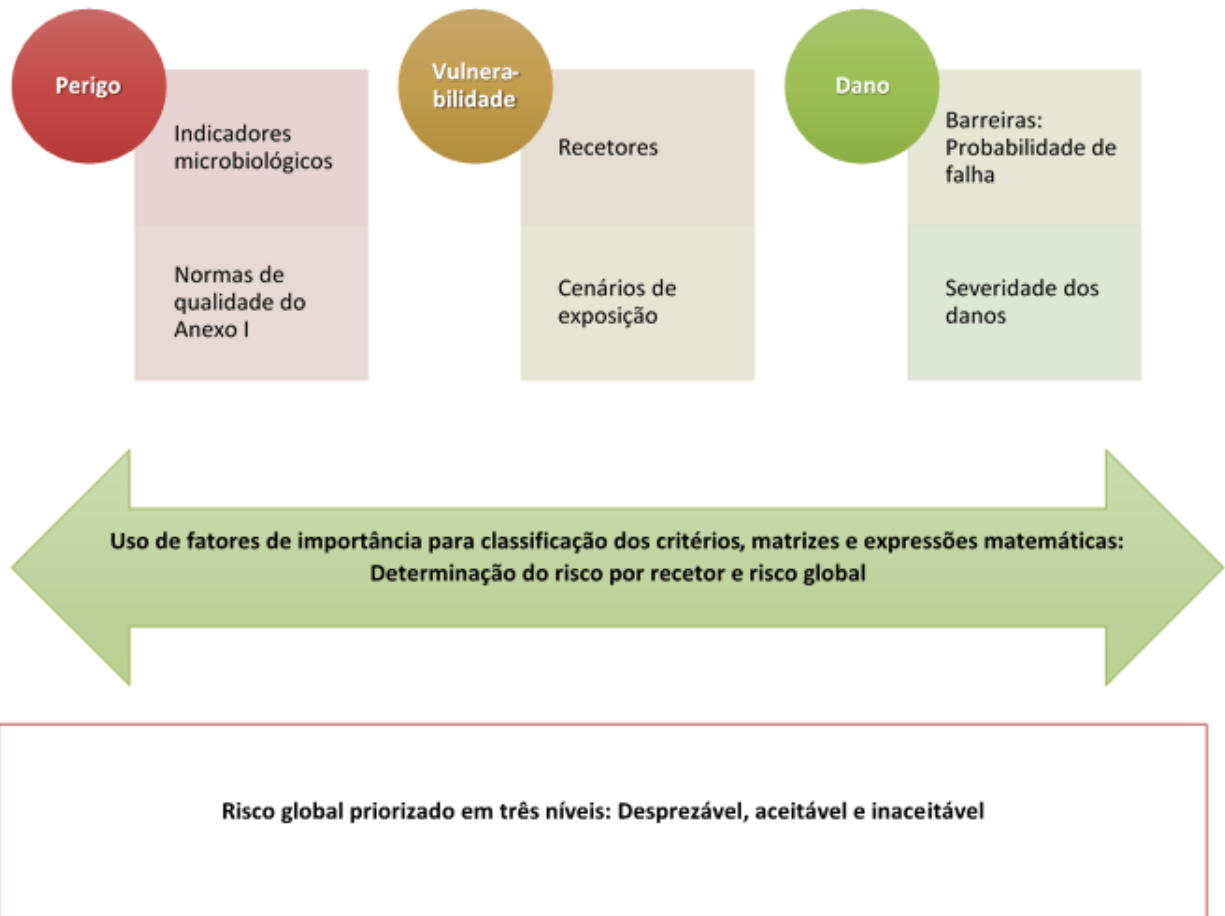


Figura 23: Esquema de modelo semi-quantitativo de avaliação do risco

3.3.2. AVALIAÇÃO DO RISCO SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS

3.3.2.1. IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS

Os potenciais perigos para os recursos hídricos são os perigos químicos, nomeadamente todas as substâncias e compostos químicos passíveis de provocarem danos nos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, quer por não contribuírem para o alcance ou manutenção do bom estado da água, quer por poderem afetar possíveis usos em presença. Tendo em conta os usos, também os perigos microbiológicos devem ser considerados como fator passível de causar dano aos usos da massa de água em presença. E.g., numa análise do risco, dever-se-ão considerar como principais perigos os nutrientes (azoto e fósforo) em zonas classificadas como sensíveis (critério eutrofização ou produção de água para consumo humano) ou em zonas de vulnerabilidade hidrogeológica. Nestas zonas também, dever-se-á dar especial atenção às substâncias alvo de preocupação emergente quando

estejam em causa usos intensivos e prolongados no tempo, a fim de prevenir a contaminação de águas subterrâneas devido a fenómenos de lixiviação e percolação. Nas zonas de baixa vulnerabilidade e perto de massas de água superficiais dever-se-ão ter em conta os parâmetros de classificação do estado ecológico e as substâncias prioritárias, perigosas prioritárias ou poluentes específicos passíveis de estarem nas águas residuais utilizadas na produção de ApR.

Para os recursos hídricos devem ser considerados perigos químicos (nutrientes, substâncias prioritárias e perigosas prioritárias, poluentes específicos, poluentes alvo de preocupação emergente, parâmetros críticos para o estado das massas de água e, para proteção dos usos e perigos microbiológicos.

No caso de zonas balneares, zonas de produção de água para consumo humano ou zonas de produção de espécies aquícolas ou piscícolas devem ser considerados os parâmetros microbiológicos nas situações em que da avaliação do risco para a saúde pública resulte a aplicação de uma norma de qualidade superior ao objetivo de qualidade previsto para o uso em causa. Na Figura 24 representam-se os principais perigos a considerar em função do recetor (águas superficiais, podendo estas se interiores, costeiras ou de transição, e águas subterrâneas).



Figura 24: Esquema de modelo semi-quantitativo de avaliação do risco

Para a seleção de perigos químicos, em particular, no caso de substâncias alvo de preocupação emergente, substâncias prioritárias, perigosas prioritárias ou poluentes específicos devem usar-se as várias fontes de informação disponível, nomeadamente em termos de caracterização das águas residuais (e.g. programas de autocontrolo no âmbito das licenças de rejeição, dados dos inventários E-PRTR, programas de monitorização das massas de água ao abrigo da Lei da Água e demais legislação relacionada (e.g. diploma relativo às substâncias prioritárias ou o referente às águas subterrâneas), incluindo os resultados dos programas da lista de vigilância ou outros resultados de outros estudos ou programas e literatura específica). Os parâmetros que apresentem resultados consistentes no âmbito dos programas de monitorização referidos devem ser identificados como potenciais perigos químicos.

3.3.2.2. IDENTIFICAÇÃO DE VIAS DE EXPOSIÇÃO, RECETORES, CENÁRIOS DE EXPOSIÇÃO E BARREIRAS

Num projeto de reutilização, e no que se refere ao impacto nos recursos hídricos, os recetores a considerar são as águas superficiais e subterrâneas. As vias de exposição são as dispostas na Figura 25, em que a rejeição, infiltração e deposição constituem vias diretas, enquanto as restantes (ressuspensão, lixiviação e percolação) constituem vias indiretas.

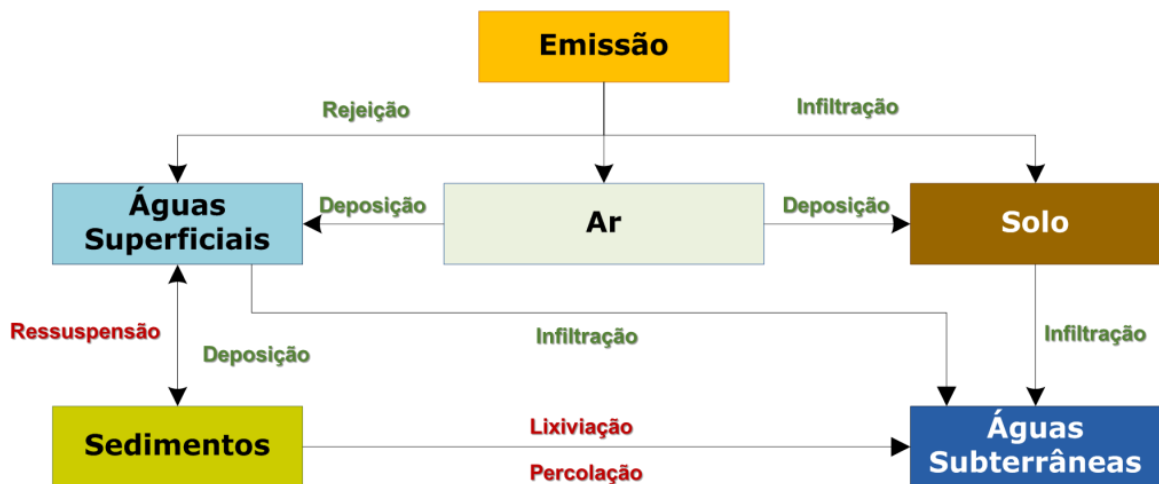


Figura 25: Vias de exposição para os recursos hídricos (adaptado de Rebelo et al., 2014)

Os cenários de exposição a considerar são as emissões, rejeições ou fugas a partir dos sistemas de produção, distribuição, armazenamento e aplicação das ApR.

No âmbito dos recursos hídricos não se considera o conceito de barreira equivalente. Neste caso, cada barreira ou medida de minimização equivale a uma única e poderão ser aplicadas às diversas fases do projeto de reutilização para minimização ou eliminação dos cenários de exposição acima identificados. Poderão ser definidas barreiras para a fonte, via de exposição ou para o recetor.

Na avaliação de risco, para os recursos hídricos, não se aplica o conceito de barreira equivalente, pelo que cada barreira é sempre considerada como apenas uma medida de prevenção singular.

Na Tabela 12 descrevem-se algumas medidas de controlo (barreira) que poderão ser aplicadas:

Tabela 12: Exemplos de medidas de controlo ou prevenção (barreiras)

Tipo de barreira	Descrição
Retenção parcial/ sistema de rega adequado às necessidades hídricas	<p>Fonte: Controlo de águas residuais industriais às redes de drenagem de águas residuais urbanas</p> <p>Via de exposição: Tratamento mais avançado que secundário de águas residuais (remoção de N, P ou outras substâncias por sistemas de membranas ou oxidação avançada)</p> <p>Recetor: Sistema de controlo de dotação de água à vegetação para garantia de uso mínimo para satisfação das necessidades hídricas</p>
Retenção total	<p>Sistemas de interrupção imediata do fornecimento de água para reutilização em caso de anomalia (e.g. alteração da turvação) na fonte (produção), na via de exposição (distribuição/armazenamento) e no recetor (na aplicação)</p>
Sistemas de deteção de fugas	<p>Qualquer sistema de alerta que permite identificar fugas nos sistemas de tubagem, armazenamento ou alterações da qualidade da ApR, que podem ser aplicados quer na fonte (produção), (distribuição/armazenamento) e no recetor (na aplicação)</p>

A adoção de diversas barreiras conjugadas entre si (multibarreiras) é a melhor opção para a redução do risco associado a um dado projeto de reutilização, atendendo a que a probabilidade de falha de uma única medida é sempre superior à probabilidade de falha simultânea de múltiplas barreiras.

3.3.2.3. EVENTOS ADVERSOS

O passo seguinte no processo de avaliação do risco para os recursos hídricos consiste na identificação dos eventos adversos possíveis que poderão provocar uma rutura ou falha nos sistemas de tratamento

de águas residuais, de produção, de distribuição, armazenamento e aplicação de ApR e/ou potenciar determinado cenário de exposição. À semelhança do previsto para a avaliação do risco para a saúde pública, este processo é variável de projeto para projeto e depende da respetiva configuração prevista para uma dada reutilização, até esta fase do processo avaliação, i.e., decorrente da variação da configuração do mesmo devido à adoção de novas barreiras. De acordo com a literatura, os eventos adversos mais prováveis são similares aos descritos no subcapítulo 3.3.1.4.2.

A definição e caracterização de cenários de exposição é um passo crucial na avaliação do risco e, à semelhança da avaliação para a saúde, também um processo casuístico que depende das características locais e do projeto a ser implementado.

A presença de redundâncias (barreiras) nos sistemas de tratamento, distribuição e/ou armazenamento diminui a probabilidade de ocorrência de eventos adversos. A probabilidade de ocorrência pode ser determinada através da escala empírica já descrita na Tabela 11.

As árvores de falhas poderão ser uma ferramenta muito útil para o processo de caracterização na avaliação do risco para os recursos hídricos.

Nesta etapa poderão ser elaboradas árvores de falhas que permitam identificar todos os cenários possíveis, quer em caso de situação normal, quer em situação de avaria ou acidente.

3.3.2.4. CARACTERIZAÇÃO DO RISCO

Para a caracterização do risco sobre os recursos hídricos deve ser preferencialmente seguida uma abordagem qualitativa ou semi-quantitativa. Os métodos quantitativos baseiam-se no cálculo do quociente entre a “quantidade de poluente previsível” num dado meio recetor e a “quantidade de poluente sem efeito”. Este tipo de metodologia requer a existência de um significativo número de dados de monitorização de projetos de reutilização para estabelecimento das concentrações previsíveis associadas a cada cenário de exposição, uma vez que nesta prática não ocorre rejeição direta para o meio hídrico. A ausência deste tipo de informação limita a aplicabilidade desta abordagem a projetos de reutilização de água.

Os modelos quantitativos envolvem a determinação do quociente entre a “quantidade de poluente previsível” num dado meio recetor e a “quantidade do mesmo poluente sem efeito”. A sua aplicabilidade depende da existência de um conjunto significativo de dados de monitorização de projetos de reutilização.

Na literatura existem diversos modelos de avaliação do risco, com predominância para os modelos qualitativos, que podem ser utilizados. Os dois principais fatores a considerar são a vulnerabilidade do meio recetor à poluição (águas superficiais e subterrâneas) e as características dos contaminantes ou poluentes. Para este tipo de avaliação poderá usar-se uma metodologia semi-quantitativa similar à do Anexo II, com as diferenças a seguir descritas. A metodologia é suportada na escala proposta por Saaty³ para níveis de importância, apresentada na Tabela 13.

Tabela 13: Tabela do Nível importância (Saaty, 1980)

Nível de importância	Fator de importância (f _i)
Importância baixa	1
Importância fraca	3
Importância essencial ou forte	5
Importância demonstrada	7
Importância absoluta	9
Importâncias intermédias entre dois níveis de decisão	2, 4, 6 ou 8

Os níveis de perigo (P) devem variar em função dos dados de monitorização dos meios recetores potencialmente afetados e em função da classificação dos meios recetores (zonas sensíveis ou vulneráveis à poluição por nitratos e do estado das massas de água). De forma similar ao disposto no Anexo II, os níveis de perigo a considerar são os definidos na Tabela 14 e na Tabela 15:

Tabela 14: Nível de perigo para aplicação de ApR em zonas sensíveis à eutrofização, vulnerabilidade à poluição por nitratos ou massas de água com estado inferior a bom (parâmetros responsáveis N ou P)

Tipo de tratamento	Nível	Nutrientes (mg /L)	Classificação (P)
Sem remoção de nutrientes	V	N > 15 e P > 3	9
Com remoção parcial de N ou P ¹	IV	N ≤ 15 ou P ≤ 3	7
Com remoção parcial de N ou P ¹	III	N ≤ 15 ou P ≤ 3	5

³ Saaty, T.L. (1980) The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation, McGraw-Hill, New York, NY.

Tipo de tratamento	Nível	Nutrientes (mg /L)	Classificação (P)
Com remoção parcial de N e P	II	$N \leq 10$ e $P \leq 3$	3
Com remoção avançada de N e P	I	$N \leq 5$ e $P \leq 0,5$	1

¹ Em zonas vulneráveis à poluição por nitratos ou estado da massa de água inferior a Bom devido a parâmetro N, considerar N no nível IV e P no nível III; Em zonas sensíveis à eutrofização ou estado da massa de água inferior a Bom devido a parâmetro P, considerar P no nível IV e N no nível III

Tabela 15: Nível de perigo para aplicação de água para reutilização

Presença de poluentes no meio recetor afetado	Nível	Classificação (P)
>NQA ou >30LQ ^{1,2}	V	9
>10LQ	IV	7
>LQ	III	5
>LD ³	II	3
<LD	I	1

¹ NQA – Norma de qualidade ambiental, LQ – Limite de quantificação

² Dever-se-á usar 30LQ para os parâmetros que não tenham NQA definida

³ LD – Limite de deteção

Para os poluentes específicos, substâncias prioritárias, substâncias perigosas prioritárias ou poluentes da lista de vigilância só haverá necessidade de definição de norma de qualidade nas situações em que o nível do risco se mantenha elevado ou muito elevado, mesmo após a aplicação de barreiras ou medidas de minimização.

Para os meios recetores vulneráveis à poluição microbiológica, os níveis de perigo são os identificados na Tabela 16 (igual à Tabela 2 do Anexo II).

Tabela 16: Nível de perigo para meios vulneráveis à poluição microbiológica

Tipo de tratamento	Nível	<i>E. coli</i> (ucf/100 mL)	Classificação (P)
SEC	V	$\geq 10^4$	9
SEC+desinfeção	IV	$10^3 < E. coli < 10^4$	7
Avançado	III	$10^2 < E. coli \leq 10^3$	5
SEC+desinfeção+pós-cloragem	II	$10^1 < E. coli \leq 10^2$	3
Avançado+pós-cloragem	I	$\leq 10^1$	1

A vulnerabilidade será obtida através da conjugação da vulnerabilidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos com os cenários de exposição e o número de barreiras consideradas.

A vulnerabilidade dos recursos hídricos obtém-se partir da matriz disposta na Figura 26, em função das correspondentes características hidrogeológicas. Desta matriz obtém-se uma vulnerabilidade parcial para as águas superficiais e subterrâneas ($V_{p_{ag\ sup}}$ e $V_{p_{ag\ sub}}$, respetivamente), através da leitura direta da mesma:

Infiltração nas águas subterrâneas			Ausência de infiltração	Baixa infiltração	Média infiltração	Elevada infiltração
			I	II	III	IV
Risco para águas subterrâneas	Aquífero superficial com ausência de camada protetora de argila	I	2	4	6	6
	Aquífero profundo com camada protetora de argila	II	2	4	4	6
	Aquífero profundo com camada protetora de argila significativa	III	2	2	4	4
	Ausência de aquífero com continuidade hidrológica na área	IV	2	2	4	4
Risco para águas superficiais			6	6	4	2
			IV	III	II	I
			Elevada escorrência superficial	Média escorrência superficial	Baixa escorrência superficial	Ausência escorrência superficial
			Escorrência superficial			

Figura 26: Matriz de avaliação do risco para as águas superficiais e subterrâneas (in ISO 16075-1:2015)

A vulnerabilidade global para os recursos hídricos (V_{RH}) poderá ser obtida através da seguinte expressão:

$$V_{RH} = V_{p_{ag\ sub}} \times f_{p_{ag\ sub}} + V_{p_{ag\ sup}} \times f_{p_{ag\ sup}} \quad (1)$$

Onde,

$V_{p_{ag\ sub}}$ – Vulnerabilidade parcial das águas subterrâneas

$V_{p_{ag\ sup}}$ – Vulnerabilidade parcial das águas superficiais

$f_{p_{ag\ sub}}$ – Fator de ponderação para as águas subterrâneas ($f_{p_{ag\ sub}} = V_{p_{ag\ sub}} / (V_{p_{ag\ sub}} + V_{p_{ag\ sup}})$)

$f_{p_{ag\ sup}}$ – Fator de ponderação para as águas superficiais ($f_{p_{ag\ sup}} = V_{p_{ag\ sup}} / (V_{p_{ag\ sub}} + V_{p_{ag\ sup}})$)

A partir da expressão acima podem obter-se quatro valores de vulnerabilidade para os recursos hídricos que adotam a importância definida na Tabela 17.

Tabela 17: Vulnerabilidade dos recursos hídricos **expressa** em importância

V_{RH}	$V_{RH\ i}$
5,2	9
5,0	7
4,0	5
3,3	3

A vulnerabilidade global vai depender da conjugação da vulnerabilidade inerente aos recursos hídricos, expressa em importância, com as medidas de minimização ou barreiras instaladas para minimizar ou obviar os cenários de exposição considerados. As barreiras ou medidas de minimização a considerar e os respetivos fatores de importância são os definidos na Tabela 18.

Tabela 18: Definição de barreiras a aplicar para proteção dos recursos hídricos

Barreira	Fator de Importância ($f_{i\ barreira}$)
Ausência de barreiras	9
Sistema de deteção de fugas	7
Capacidade de retenção parcial/sistema de rega adequado às necessidades hídricas	5
Capacidade de retenção total	3

Para o efeito, e conforme já referido, consideram-se como cenários, a exposição a partir dos sistemas de produção, distribuição, armazenamento e aplicação das ApR. A cada via de exposição podem ser aplicadas uma ou duas barreiras que se traduzem no número total de cenários passíveis de estarem presentes, conforme exposto na Tabela 19.

Tabela 19: Número de cenários de exposição

	Barreira	N.º de cenários de exposição (n_{cen})
Via de exposição	Ausência de barreiras	1
	Sistema de deteção de fugas	1
	Capacidade de retenção parcial/sistema de rega adequado às necessidades hídricas	1
	Capacidade de retenção total	1
	Sistema de deteção de fugas	2
	Capacidade de retenção parcial/sistema de rega adequado às necessidades hídricas	
	Sistema de deteção de fugas	2
Capacidade de retenção total		

A vulnerabilidade global (V_G) é então obtida a partir da seguinte expressão:

$$V_G = V_{RH\ i} \times \frac{\sum f_{i\ barreira}}{f_{max} \times n_{cen}} \quad (2)$$

Sendo,

$V_{RH\ i}$ – Vulnerabilidade dos recursos hídricos expressa em importância

$f_{i\ barreira}$ – Fator de importância associado a cada barreira implantada

f_{max} – Fator de importância máximo da escala de Saaty ($f_{max} = 9$)

n_{cen} – Número de cenários de exposição

Cada barreira implantada pode falhar, originando uma possível contaminação. Assim, em função da disponibilidade de dados, pode-se atribuir uma dada probabilidade de ocorrência de falha, i.e., de exposição (contaminação) de acordo com o disposto na Tabela 20.

Tabela 20: Probabilidade ocorrência de exposição dos recursos hídricos à contaminação

Probabilidade de ocorrência de exposição	Valor	Observações
Quase certa	5	Via de contaminação demonstrada
Provável	4	Via de contaminação possível
Possível	3	Eventual via de contaminação
Pouco provável	2	Ausência de dados sobre a via de contaminação

A severidade dos danos decorre da classificação do meio recetor, usos e estado da massa de água, conforme se pode ver na Tabela 21.

Tabela 21: Severidade dos danos para os recursos hídricos

Severidade dos danos	Valor	Observações
Severo	5	Massa de água com estado inferior a bom
Forte	4	Massa de água em bom estado, com uso definido e com classificação (vulnerável à poluição por nitratos ou zona sensível)
Moderado	3	Massa de água em bom estado, com uso definido ou com classificação (vulnerável à poluição por nitratos ou zona sensível)
Fraco	2	Massa de água em bom estado, sem uso definido ou classificação

O dano (di) associado às vias e cenários de exposição considerados é dado pela matriz apresentada na Figura 27, através da conjugação dos valores obtidos na Tabela 20 com os dados da Tabela 21.

		Probabilidade de ocorrência de exposição			
		Pouco provável	Possível	Provável	Quase certa
		2	3	4	5
Severidade dos danos	Fraco	2	4	4	5
	Moderado	4	4	6	7
	Forte	4	6	8	9
	Severo	5	7	9	9

Figura 27: Matriz de determinação do dano (igual à Figura 3 do Anexo II)

Por fim, o risco para os recursos hídricos (R_{RH}) é obtido a partir da seguinte expressão:

$$R_{RH} = \frac{P \times V_G \times D}{9} \quad (3)$$

Sendo,

P – Perigo (nível de perigo)

V_G – Vulnerabilidade global

D – Valor do dano normalizado, obtido a partir da equação (4) (resultante das equações 7 e 8 do Anexo II)

$$D = \frac{\sum(d_i \times n)}{f_{i \max} \times n} \quad (4)$$

Onde,

d_i – Dano associado às vias e cenários de exposição considerados

n – Número de cenários considerados

$f_{i \max} \times n$ – Fator de normalização ($f_{i \max}$ é o fator de importância máxima)

O valor de R_{RH} varia entre um valor acima de zero e um valor máximo de nove, dependendo das características dos recursos hídricos em presença, dos cenários de exposição e barreiras consideradas.

Os respetivos resultados podem ser expressados em três níveis, similares aos descritos no Anexo II, para os riscos microbiológicos para a saúde pública. Assim, o risco para os recursos hídricos é:

- Desprezável, se $R_{RH} < 3$
- Aceitável, se $3 \leq R_{RH} < 7$
- Inaceitável, se $R_{RH} \geq 7$

O facto do risco global para os recursos hídricos ser sempre superior a zero traduz a existência de um risco mínimo associado quando se reutilizam águas com origem no tratamento de águas residuais. Sempre que o risco global para os recursos hídricos seja inaceitável, o processo deve ser repetido com novas conjugações de barreiras de modo a obter-se um nível desprezável ou aceitável. Quando tal não seja possível, o projeto poderá não apresentar viabilidade dada a elevada vulnerabilidade das massas de água.

A Figura 28 apresenta um esquema do modelo do risco semi-quantitativo para os recursos hídricos.

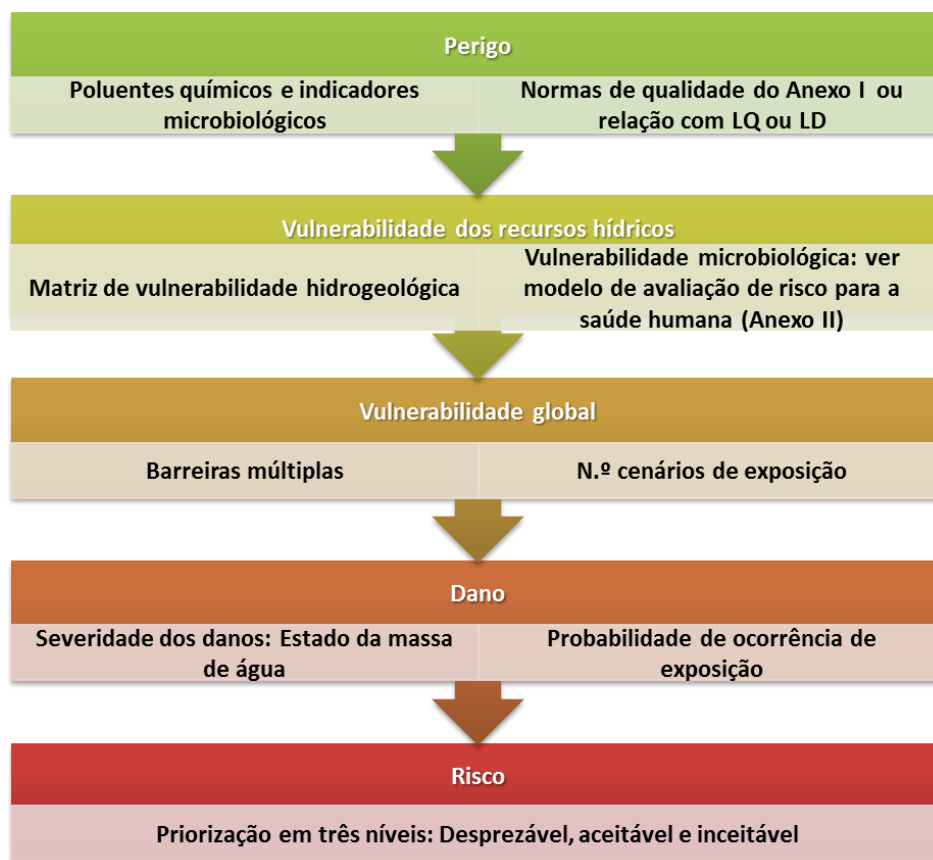


Figura 28: Esquema do modelo semi-quantitativo de avaliação do risco para os recursos hídricos

3.3.3. GESTÃO DO RISCO (NORMAS DE QUALIDADE E DE BARREIRAS A APLICAR)

Como se viu na caracterização do risco, à medida que se definem medidas de prevenção ou controlo (barreiras), o risco deve ser reavaliado por forma a garantir-se que se obtém um risco residual com o mais reduzido valor possível. Na Tabela 22 apresenta-se um exemplo de um quadro-modelo que pode ser utilizado para gestão do risco, onde P representa o nível de perigo, V_R a vulnerabilidade do recetor, D_R , o dano para o recetor e R_R o risco para o recetor.

Tabela 22: Quadro-modelo para a gestão do risco

Perigo	Origem das águas residuais	Finalidade pretendida	Evento adverso considerado	Risco máximo				Medida de prevenção ou controlo (barreira)	Risco residual			
				P	V_R	D_R	R_R		P	V_R	D_R	R_R

A caracterização do risco deve ser efetuada parâmetro a parâmetro. Como se referiu, à exceção de alguns poluentes químicos, o nível de perigo associado corresponde a uma norma de qualidade para o parâmetro correspondente, sendo que o valor a adotar será o que resulte no mais reduzido valor do risco residual possível.

A caracterização do risco deve ser efetuada parâmetro a parâmetro, para permitir a definição das normas de qualidade aplicáveis.

No que concerne aos poluentes alvo de preocupação emergente, poluentes específicos, substâncias prioritárias e perigosas prioritárias só deve ser definida norma de qualidade nas situações em que o risco residual seja inaceitável, devido a uma elevada consequência, ou seja o produto da vulnerabilidade pelo dano, por forma a introduzir uma medida de prevenção na fonte. Na reavaliação do risco deve ser considerada como barreira adicional a “retenção parcial” ao nível do tratamento. Caso o risco se mantenha inaceitável devido a uma elevada vulnerabilidade dos recursos hídricos, o projeto deve ser encarado com precaução e, eventualmente, considerado como não viável. A definição de normas de qualidade para este tipo de parâmetros deve seguir a metodologia de abordagem combinada descrita na Lei da Água.

Quando o risco inerente a determinados poluentes químicos for significativo, i.e., inaceitável ou muito próximo deste valor, devido à elevada vulnerabilidade dos recursos hídricos, o projeto de reutilização deverá ser encarado como possivelmente não viável.

Uma vez definido o nível do risco mais reduzido possível para o projeto de reutilização, o mesmo terá de ser gerido de modo a manter esse nível, pelo que têm de ser aplicadas as várias barreiras que foram definidas para a caracterização do risco. A aplicação de diversas barreiras complementares e faseadas, i.e., a aplicação de multibarreiras, permite aumentar a segurança de um projeto de reutilização. No entanto, devem também ser definidos planos de manutenção das mesmas, bem como planos de ação com identificação de medidas corretivas em caso de anomalias ou acidente, para garantia da respetiva integridade.

Complementarmente à definição de barreiras deverão ser elaborados planos de ação com medidas de manutenção e de correção, para eventuais casos de acidente ou anomalia.

Estes planos devem também definir regras para controlo e gestão de equipamentos, monitorização de parâmetros de desempenho em pontos de controlo devidamente selecionados para garantia da segurança da água e planos de monitorização para verificação da qualidade das ApR e dos meios recetores, em conformidade com o que vier a ser definido nas respetivas licenças de produção e utilização. No subcapítulo 4.4 explicam-se os procedimentos para o desenvolvimento deste tipo de planos de monitorização.

Como se referiu no subcapítulo 3.3, a avaliação do risco compreende sempre alguma incerteza, que será tanto maior quanto menor for o conhecimento das características dos perigos, eventos adversos e recetores, pelo que o desempenho de planos de monitorização adequados, ao longo da vida de um projeto de reutilização, permitirão aumentar, de forma continuada o conhecimento das características suprarreferidas. Destarte, num projeto de reutilização, o risco deve ser reavaliado periodicamente numa perspetiva de melhoria contínua, no sentido de se garantir que o projeto estará sempre a ser operado ao mais reduzido valor do risco possível.

A revisão periódica do risco associado ao projetos de reutilização permite a gestão do mesmo, numa perspetiva de melhoria contínua, bem como a garantia de que o risco é mantido tão reduzido quanto possível.

Complementarmente, em função do risco associado a cada projeto, para além das medidas de redução ou de eliminação do risco acima indicadas, será necessária a definição de medidas de retenção do risco, designadamente através da adoção de uma caução para recuperação ambiental, nos termos previstos do art.º 12º, do RJA_{ApR}. A aplicação de medidas de transferência do risco para terceiros, através da realização de seguros, não se considera admissível.

A realização de uma caução, que garanta o pagamento de indemnizações por eventuais danos causados por erros ou omissões de projeto ou pelo incumprimento das disposições legais e regulamentares aplicáveis, constitui uma medida de retenção do risco. O diploma não prevê a possibilidade de transferência do risco para terceiros (i.e. a contratação de uma apólice de seguro).

A última fase da avaliação do risco (ou fase de seguimento) incorpora o processo de licenciamento da produção e utilização das ApR, que por sua vez irá incluir os procedimentos de monitorização e de autocontrolo, com base nos resultados do processo anterior, que será necessário cumprir durante a

fase de gestão da exploração do projeto de reutilização, numa perspetiva constante de melhoria contínua de modo a que esta exploração mantenha sempre o menor nível do risco possível.

A gestão do risco envolve o processo de licenciamento de produção e de utilização da ApR, no qual são definidos os procedimentos de monitorização dos recetores, de autocontrolo da ApR e medidas de gestão das barreiras, decorrentes da avaliação do risco.

No Apêndice II apresenta-se o modelo esquemático global do processo de avaliação do risco a seguir em projetos de reutilização de água.

Os riscos inerentes aos solos e à vegetação decorrentes da reutilização para rega também devem ser tidos em conta, devendo a avaliação dos mesmos ter em consideração os pressupostos da norma ISO 16075-1:2015.

As principais características dos solos que influenciam a respetiva sensibilidade à qualidade da água aplicada sobre o mesmo são a textura, pH, teor de matéria orgânica, densidade, condutividade hidráulica e capacidade de retenção de água.

Para a avaliação dos riscos inerentes aos solos e vegetação dever-se-á ter em conta o disposto nas normas ISO 16075.

Na Tabela 23 apresentam-se alguns dos riscos comuns para os solos decorrentes da rega com ApR.

Tabela 23: Exemplo dos riscos comuns para os solos decorrentes da rega com ApR (adaptado de ISO 16075-1:2015)

Perigo	Via de Exposição	Cenário de exposição	Riscos	Fatores que afetam a via de exposição
Poluentes inorgânicos adsorvíveis (e.g., metais pesados)	Mobilização nos solos	Alteração da capacidade tampão para poluentes inorgânicos adsorvíveis	Mobilização de poluentes orgânicos adsorvíveis	Textura dos solos, matéria orgânica e pH
ApR	Camada superficial de solo	Alteração do solo superficial	Abatimento da camada superficial de solo	Textura e matéria orgânica
Teor de sais que afetam a pressão osmótica, teor de cloretos, boro, sódio e respetiva razão de adsorção (SAR)	Lixiviação	Acumulação de sais nas raízes das plantas	Salinização dos solos	Textura, densidade, profundidade da zona de raízes, altura de solo, capacidade de campo, condutividade

Perigo	Via de Exposição	Cenário de exposição	Riscos	Fatores que afetam a via de exposição
				hidráulica saturada e taxa de lixiviação
Boro	Mobilização nos solos	Alteração da capacidade tampão para o boro	Mobilização de boro	Textura, matéria orgânica e pH
Fósforo	Mobilização e lixiviação nos solos	Mobilização e lixiviação nos solos	Acumulação ou lixiviação de fósforo nos solos	Teor de argila e minerais, óxidos, matéria orgânica e pH

O risco para a vegetação depende da respetiva sensibilidade, i.e., quanto mais sensível for uma dada planta maior será o risco decorrente da aplicação de ApR. Estes riscos poderão ser decorrentes das alterações nos solos (e.g., salinidade) ou da aplicação direta da água sobre as plantas (e.g., rega por aspersão). Na Tabela 24 apresenta-se a condutividade elétrica máxima que uma ApR para rega por aspersão deve ter, em função da tolerância da folhagem das culturas.

Tabela 24: Condutividade elétrica das ApR para rega por aspersão em função da tolerância da folhagem das culturas

Tolerância da folhagem	Condutividade elétrica máxima da ApR (dS/m)
Muito baixa¹	0,5
Baixa	1,0
Moderada	2,0
Elevada	4,0
Muito elevada	8,0

¹ Inclui a maioria das árvores de fruto, tais como, citrino e prunóideas, vagens e morangueiros

A sensibilidade das plantas à salinidade decorre da concentração de sais na solução de solo e não diretamente da concentração destes na ApR. Para uma mesma água de rega, a concentração de sais na solução de solo aumenta com a diminuição de água no solo, pelo que a qualidade da água a que as raízes das plantas estão sujeitas depende da qualidade da ApR e da gestão da rega. Entre regas, tende a diminuir o teor de água no solo, o que é diminuído em sistemas onde a frequência de rega é maior (e.g. rega gota-a-gota).

Assim, para diminuir os riscos para os solos e plantas, a rega com ApR deve ser gerida de modo a minimizar os impactes negativos sobre estes recetores.

Deverão ser adotadas medidas adequadas de gestão de culturas agrícolas e de rega por forma a minimizar os impactes negativos sobre os solos e vegetação, eventualmente decorrentes do uso de ApR.

Algumas medidas de gestão que poderão ser tomadas são:

- Seleção de culturas ou variedades com rendimento de produção satisfatório sob determinadas condições de salinidade ou sodicidade;
- Adoção de procedimentos de plantação que minimizem ou compensem a acumulação de sais na vizinhança das sementes;
- Irrigação de modo a manter um elevado nível de mistura no solo e que permita a lixiviação periódica do mesmo;
- Preparação do terreno de modo a garantir a uniformização da distribuição da água, da infiltração, da lixiviação e da remoção da salinidade;
- Rega por aspersão:
 - Selecionar culturas de elevada tolerância;
 - Regar durante a noite;
 - Regar durante os períodos de baixa temperatura e fracas condições de vento;
 - Aumentar a velocidade de rotação dos aspersores;
 - Aumentar a taxa de aplicação, mantendo a mesma abaixo da taxa de infiltração no solo;
 - Diminuir a frequência da rega;
 - Alterar o sistema de rega para evitar contacto com a folhagem (e.g., para sistemas de microaspersão);
 - Aumentar o tamanho das gotas de água (diminuindo o grau de aerolização⁴).

O crescimento das plantas, a qualidade da ApR, os padrões de precipitação, outras condições climatéricas e as propriedades dos solos são determinantes para a definição das efetivas medidas de gestão a aplicar. Outro aspeto que tem de ser tido em conta nesta gestão da aplicação da ApR decorre do facto de que alguns poluentes alvo de preocupação emergente poderão tender a acumular-se nos solos e posteriormente lixiviados para as águas subterrâneas, pelo que devem ser evitadas práticas que promovam a acumulação de poluentes nos solos.

⁴ Formação de aerossóis.

3.3.4. AVALIAÇÃO DO RISCO SIMPLIFICADA (APLICÁVEL A USOS PRÓPRIOS, EM SISTEMAS CENTRALIZADOS)

Nos sistemas centralizados, sempre que se preconize a utilização exclusiva de ApR para usos próprios, a avaliação do risco pode seguir um procedimento simplificado, em particular no que concerne à avaliação dos riscos sobre a saúde, tendo em conta que dada a natureza dos sistemas de produção de ApR, a mesma incide nos trabalhadores da própria unidade de tratamento.

A avaliação do risco para usos próprios em sistemas centralizados deve ser efetuada no âmbito da segurança e saúde ocupacional e respetivo controlo dos riscos.

Deste modo, a avaliação do risco sobre a saúde a aplicar corresponde à efetuada no âmbito da segurança e saúde ocupacional e respetivo controlo dos riscos, incluindo os decorrentes da rega, nos casos em que a mesma ocorra.

Relativamente aos recursos hídricos, em função das características hidrogeológicas em presença, pode ser seguida uma metodologia semi-quantitativa conforme descrito no subcapítulo 3.3.2. Não obstante, em função da complexidade do projeto, em algumas situações poderá ser necessário desenvolver um procedimento completo de avaliação do risco, em consonância com o previsto no subcapítulo 3.3.

4. LICENCIAMENTO DE PRODUÇÃO E DE UTILIZAÇÃO DE ApR

4.1. ENQUADRAMENTO

Conforme já referido no subcapítulo 2.2, a produção e utilização de ApR estão sujeitas à obtenção prévia de licença, nos termos do RJApR e do regime LUA. As referidas licenças têm de ser requeridas à APA através do SILiAmb, disponível em <https://siliamb.apambiente.pt/>. Enquanto não estiverem disponíveis no sistema devem ser usadas as minutas de requerimento para licença de produção e licença de utilização de ApR disponibilizadas no site da APA (<https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=11&sub3ref=1584>).

A produção e utilização de ApR estão sujeitas à obtenção de licença prévia, em conformidade com o previsto no RJApR e no regime LUA.

A tramitação dos pedidos de licenciamento segue o disposto no artigo 11º do Decreto-Lei acima referido. Os requerimentos devem ser instruídos com os elementos listados no Anexo III, do presente guia, bem como com os elementos instrutórios previstos no LUA.

Atendendo a que a utilização de ApR poderá envolver riscos para a saúde pública e para os recursos hídricos, previamente ao licenciamento da produção e utilização de ApR tem de ser efetuada uma avaliação do risco em consonância com o disposto no subcapítulo 3.3, a qual constitui parte integrante do requerimento a submeter para a obtenção da licença correspondente (produção ou utilização).

A avaliação do risco é um dos elementos instrutórios fundamentais do processo de licenciamento da produção e utilização de ApR.

As condições de reutilização devem ser avaliadas num prazo de 5 anos, e alteradas, caso se justifique, em função da evolução da qualidade do meio hídrico na envolvente da aplicação das ApR ou outras restrições de utilização local que o determinem.

Após a receção do pedido de licença, em conformidade com o disposto no RJApR, a APA procede, no prazo de 10 dias, à validação dos elementos instrutórios, devolvendo o requerimento caso detete falhas ou necessidades de aperfeiçoamento ou convocando o requerente para a realização de uma conferência instrutória, na qual são abordados os aspetos considerados necessários para a boa decisão do pedido e, quando aplicável, solicitados elementos instrutórios adicionais.

A APA dispõe de 10 dias para solicitar elementos ou aperfeiçoamento ou em alternativa realizar uma conferência instrutória.

A APA poderá solicitar por uma única vez a prestação de informações ou elementos complementares, bem como o aditamento ou reformulação do pedido.

Os requerimentos validados são colocados à consideração da DRAP, caso a finalidade de utilização da ApR seja a rega agrícola ou florestal, e da ARS para emissão de pareceres vinculativos. As consultas devem ser sempre dirigidas à ARS e DRAP territorialmente competentes, no prazo de 15 dias a contar da receção do pedido ou da receção dos elementos adicionais, consoante aplicável. A ARS e DRAP devem emitir os respetivos pareceres no prazo de 30 dias.

Todos os pedidos de licença estão sujeitos à obtenção de parecer vinculativo da ARS, e no caso de rega agrícola ou florestal, igualmente da DRAP, territorialmente competentes.

Sempre que se justifique, a APA pode convocar a realização de conferência procedimental, à qual preside, a realizar com os órgãos de competência consultiva, nos termos e para efeitos do disposto no Código do Procedimento Administrativo.

Após a obtenção dos diversos pareceres a APA procede à análise e, conseqüentemente propõe o respetivo deferimento ou indeferimento. Nesta última situação tem de ser dado direito de audiência prévia ao interessado, antes da decisão final, em conformidade com a legislação em vigor.

Em caso de decisão final favorável, a APA, notifica, no prazo de 10 dias, o requerente para prestar uma caução que garanta o pagamento de indemnizações por eventuais danos causados por erros ou omissões de projeto (de produção ou utilização de ApR) ou pelo incumprimento das disposições legais e regulamentares aplicáveis, a qual deve ser assegurada no prazo máximo de 15 dias, sob pena de caducidade do procedimento.

A não prestação da caução, prevista no art.º 12º, do RJApR, pode levar à caducidade do procedimento de licenciamento.

Após a prestação da caução, a APA remete ao requerente a licença de produção de ApR ou a licença de utilização de ApR, consoante aplicável.

A caução é aplicável quer ao licenciamento da produção, quer da utilização, em sistemas centralizados ou descentralizados, incluindo os sistemas em simbiose.

A caução pode ser prestada por depósito em conta de pagamento numa instituição de crédito ou mediante garantia bancária, a favor da APA. Caso se opte por esta última solução, o requerente deve apresentar junto da APA, um documento emitido por instituição de crédito que assegure o pagamento imediato da importância devida, até ao limite do valor da caução, o qual é calculado em função da dimensão do projeto de reutilização, nomeadamente o volume de ApR produzido ou utilizado e dos fatores de risco associados. No Anexo IV apresentam-se os critérios para a definição dos montantes das cauções.

A caução é libertada até seis meses após a cessação de vigência da respetiva licença, caso não existam, a essa data, responsabilidades do titular da licença pelas quais o mesmo deva responder.

Não obstante o exposto no início do capítulo existem diferenças substanciais entre os utilizadores de ApR produzida a partir de sistemas centralizados e sistemas descentralizados, bem como responsabilidades sobre a qualidade das ApR, pelo que têm de ser adotados procedimentos adequados a cada uma destas tipologias de sistemas. Na Tabela 25 apresenta-se o resumo da tipologia de licenciamento a aplicar a cada sistema e a cada fim pretendido, bem como os respetivos titulares.

Tabela 25: Natureza das licenças associados a cada tipologia de sistemas

Sistemas	Tipo	Fim pretendido	Tipo de Licença	Titular
Centralizados	Produção	Produção de ApR a partir de água residual própria	Licença para produção	Entidade gestora do sistema centralizado
	Usos próprios	Utilização da ApR produzida em usos próprios	Integrada na licença para produção	
	Cedência a terceiros	Cedência de ApR produzida a terceiros	Integrada na licença para produção	
	Utilização por terceiros	Utilização de ApR produzida num sistema centralizado	Licença para utilização	Utilizadores finais de ApR (entidades coletivas ou particulares)
Descentralizados	Usos próprios	Produção de ApR a partir de água residual própria	Licença para produção, que integra utilização (uso próprio)	Entidade gestora (coletiva ou particular) do sistema descentralizado
		Produção de ApR para usos industriais a partir de		

Sistemas	Tipo	Fim pretendido	Tipo de Licença	Titular
		água residual de terceiros (usos industriais) ¹		
Descentralizados em simbiose	Usos próprios	Produção de ApR a partir de águas remanescentes próprias ou de terceiros ¹	Licença para produção que integra utilização (uso próprio)	Entidade gestora (entidades coletivas ou particulares) do sistema descentralizado em simbiose

¹ As águas residuais ou águas remanescentes oriundas de terceiros são assumidas como “água bruta” pelo que o utilizador final assume sempre a responsabilidade pela produção de ApR em sistemas descentralizados

A licença de produção de ApR e a licença de utilização de ApR podem ser atribuídas pelo prazo máximo de 10 anos, consoante os resultados da avaliação do risco, e atendendo, nomeadamente, ao período de tempo necessário para a amortização dos investimentos realizados, sendo que o prazo da licença de utilização de ApR não pode ser superior ao da licença de produção de ApR que lhe está associada.

As licenças de produção e de utilização de ApR podem ser emitidas por um prazo máximo de 10 anos, sendo que a licença de utilização não pode ter um prazo superior ao da licença de produção associada.

As licenças de produção e de utilização de ApR podem ser renovadas desde que se mantenham as mesmas condições de atribuição. Para verificação destas pode ser necessária a realização de nova avaliação do risco. Os pedidos de renovação da licença de produção de ApR e da licença de utilização de ApR devem ser requeridos pelo interessado, junto da APA, no prazo de seis meses antes do respetivo termo.

A licença de produção de ApR e de utilização de ApR podem ser renovadas ou transmitidas, nos termos previstos nos art.ºs 13º e 14º, do RJApR.

As licenças de produção e de utilização de ApR são transmissíveis, nos termos do art.º 14º, do RJApR, desde que se mantenham os requisitos que presidiram à respetiva atribuição, ficando por esse efeito o adquirente sub-rogado em todos os direitos e deveres do transmitente. O pedido de transmissão deve ser efetuado com a antecedência mínima de 30 dias em relação à data de produção de efeitos. A decisão de autorização da transmissão da licença é emitida pela APA, no prazo de 15 dias a contar da

apresentação do respetivo requerimento, sendo averbada à correspondente licença e remetida ao novo titular.

Mediante condições específicas, a APA pode rever por iniciativa própria a licença de produção e/ou a licença de utilização de ApR.

A APA, por iniciativa própria, pode proceder à revisão das licenças de produção e de utilização de ApR, sempre que:

- Se verificar uma alteração das circunstâncias existentes à data da emissão da licença, designadamente as condições de risco para a saúde ou para o ambiente;
- Se verificar uma atualização das melhores técnicas disponíveis;
- Ocorrerem alterações substanciais e permanentes na composição qualitativa e quantitativa das águas residuais tratadas afluentes ao sistema de produção, das quais resulte a afetação dos resultados da avaliação do risco prévia à emissão da licença;
- Seja necessária a adequação da licença aos instrumentos de gestão territorial ou aos planos de gestão de bacia hidrográfica;
- Se verificar um caso de força maior.

As licenças de produção e/ou de utilização de ApR podem ainda ser, total ou parcialmente, revogadas se: não forem cumpridas as condições gerais, específicas ou outras condições previstas nas licenças; se não for dado início da produção ou da utilização no prazo de um ano a contar da data de emissão da licença ou a não produção ou utilização durante dois anos consecutivos; em caso de ocorrência de causas naturais que coloquem em risco grave a segurança de pessoas e bens ou do ambiente; caso não seja viável a revisão da licença por iniciativa da APA nas condições acima indicadas; ou caso não seja prestada a caução prevista no art.º 12º, do RJApR.

As licenças de produção ou de utilização de ApR podem ser revogadas se não for dado início à produção ou utilização no prazo de 1 ano após a emissão das mesmas ou caso não haja produção ou utilização durante 2 anos consecutivos.

As licenças de produção e de utilização de ApR caducam com o decurso do prazo fixado, com a extinção da pessoa coletiva ou com a morte da pessoa singular (caso não seja viável a transmissão a herdeiros) que forem respetivamente titulares ou com a declaração de insolvência do titular.

O titular deve solicitar à APA a alteração da licença sempre que pretenda a modificação de alguma das suas condições. O procedimento aplicável é similar ao do requerimento de uma nova licença, com as devidas adaptações.

4.2. SISTEMAS CENTRALIZADOS

4.2.1. PRODUÇÃO DE APR, USOS PRÓPRIOS E CEDÊNCIA A TERCEIROS

Um sistema centralizado tem de dispor sempre de um título de utilização dos recursos hídricos (TURH) para rejeição de águas residuais tratadas para o meio recetor, aplicável ao ponto de descarga direta nos recursos hídricos a partir da ETAR, exceto se a fração de água descarregada para o meio hídrico se destinar especificamente ao suporte de ecossistemas, como acontece na Lagoa dos Salgados, no Algarve. Neste caso em concreto, o ponto de descarga para a Lagoa foi definido como obrigatório em sede de Avaliação de Impacte Ambiental para manutenção da vida aquática.

Um sistema centralizado está sujeito à obtenção de licença para produção de ApR que pode incluir a produção, os usos próprios e a cedência a terceiros.

Sempre que se preconize a implantação de um sistema de produção de ApR, tem de ser requerida uma licença para produção, que pode integrar para além desta, eventuais usos próprios no recinto da ETAR e/ou do sistema de produção e/ou a cedência a terceiros. A utilização de águas residuais tratadas nas instalações da respetiva ETAR que não requeiram a definição de normas de qualidade específicas para o uso em causa ou que não constituam utilizações indiretas de ApR não estão incluídas nos usos próprios, nem estão sujeitas à obtenção de licença.

Assim, o gestor de um sistema centralizado que preconize a implantação de um sistema de produção de ApR, titular de um TURH de rejeição, se aplicável, após a avaliação do potencial para a reutilização, de acordo com o descrito no subcapítulo 3.1, deve avaliar a necessidade de licença e das respetivas características, atendendo aos usos previstos.

Só se deve dar início a um processo de licenciamento para produção de ApR após verificação da viabilidade da implementação de um ou mais projetos de reutilização.

Uma vez demonstrada a necessidade de obtenção de licença, a mesma deve ser requerida com os elementos descritos no Anexo III, nos quais se engloba a avaliação do risco, elaborada de acordo com o descrito no subcapítulo 3.3. Sempre que se preconize a utilização exclusiva de ApR para utilização interna, a avaliação do risco poderá seguir o procedimento simplificado, conforme descrito no subcapítulo 3.3.4.

Para observância das características da licença necessária poderá ser seguido o esquema de análise apresentado no Apêndice III.

O gestor do sistema centralizado e titular do TURH de rejeição, se aplicável, para além de ser responsável pela rejeição do efluente tratado nos recursos hídricos de acordo com as regras definida no respetivo TURH, passa igualmente a assumir a responsabilidade pela qualidade da água até ao ponto de entrega a terceiros, de acordo com o normativo aplicável descrito na licença de produção, bem como pela qualidade da água no ponto de aplicação para usos próprios.

O gestor do sistema centralizado é responsável pela manutenção da qualidade da água para usos próprios e para a cedência a terceiros, até ao ponto de entrega.

Deste licenciamento são excluídas as águas residuais tratadas destinadas a recirculação ou reciclagem dentro da própria ETAR (utilização como água de processo ou de lavagem de equipamentos), uma vez que não constituem utilizações indiretas de ApR.

A licença de produção contém os respetivos termos, condições, requisitos técnicos, programa de monitorização e condições de fornecimento de ApR e sempre que esteja em causa a produção de ApR com níveis de qualidade distintos dos constantes do Anexo I, os mesmos têm de ser especificados na licença.

No Apêndice IV apresenta-se o esquema de decisão para a obtenção de uma licença de produção num sistema centralizado.

4.2.2. UTILIZAÇÃO DE ApR POR TERCEIROS

A utilização de ApR por terceiros está sujeita à obtenção de licença, cujo requerimento tem de ser instruído com os elementos constantes no Anexo III e, a fim de garantir a ligação entre os processos

administrativos, os elementos instrutórios devem identificar de forma a licença de produção do sistema centralizado produtor da ApR respetiva.

Só os utilizadores finais de ApR produzida por sistemas centralizados podem ser titulares de licença de utilização.

Tal como a produção, a utilização também está sujeita à uma avaliação do risco, em consonância com o disposto no subcapítulo 3.3, a qual deve ser efetuada desde o ponto de entrega da ApR pelo sistema centralizado até à respetiva utilização.

Este licenciamento está igualmente sujeito à obtenção de parecer vinculativo da ARS e, no caso de rega agrícola ou florestal, da DRAP territorialmente competentes, uma vez que a utilização em particular pode não ter sido incluída no procedimento de licença para produção de ApR, e por conseguinte, estas entidades podem ter necessidade de definirem condicionamentos específicos.

A obtenção de licença de utilização está sujeita à emissão prévia de parecer vinculativo da ARS e DRAP (no caso de rega agrícola ou florestal).

A cedência de água a terceiros só pode ocorrer a partir de sistemas com licença de produção de ApR válida e o(s) utilizador(es) final(ais) só podem igualmente iniciar a respetiva aplicação após a obtenção da correspondente licença.

No Apêndice V apresenta-se o esquema de decisão para obtenção da licença de utilização por terceiros de ApR produzida em sistemas centralizados.

4.3. SISTEMAS DESCENTRALIZADOS

Conforme já referido, um sistema descentralizado é gerido por um particular ou por uma entidade coletiva, que assume a total responsabilidade sobre o mesmo e sobre a aplicação das ApR, a qual está sujeita à obtenção de licença produção, que integra a utilização de ApR exclusivamente para usos próprios.

Assim, após o processo de avaliação do risco, o utilizador final submete diretamente à APA o pedido de licença para produção de ApR, instruído com os elementos descritos no Anexo III, incluindo a avaliação do risco elaborada de acordo com o descrito no subcapítulo 3.3.

Um sistema descentralizado somente sujeito à obtenção de licença de produção que integra a utilização de ApR exclusivamente para usos próprios.

Conforme já havia sido referido no subcapítulo 2.3.2, quando se preconizem usos industriais, as águas residuais utilizadas para a produção de ApR podem ser da mesma entidade individual ou coletiva do sistema de produção ou ser proveniente de terceiros.

O Apêndice VI contempla um o esquema de decisão para a obtenção de licença para produção de ApR em sistemas descentralizados, a qual inclui a aplicação de ApR para usos próprios.

4.4. SISTEMAS DESCENTRALIZADOS EM SIMBIOSE

O licenciamento aplicável aos sistemas descentralizados em simbiose é similar ao previsto para os demais sistemas descentralizados, sendo que uma vez que estes sistemas implicam sempre a rega agrícola, quer a ARS quer a DRAP têm de ser ambas consultadas. Por outro lado, não estão sujeitos à avaliação do risco, exceto nas situações em que as entidades responsáveis pela execução das políticas nas áreas da agricultura considerem este procedimento como necessário, no âmbito da emissão do parecer vinculativo previsto na consulta acima referida.

A produção e utilização de ApR (águas remanescentes) em sistemas descentralizados em simbiose, de um modo, geral não estão sujeitos à avaliação de risco, exceto se exigido pela autoridade com competências na execução das políticas nas áreas da agricultura.

No Apêndice VII apresenta-se o esquema de decisão para a obtenção de licença para produção de ApR em sistemas descentralizados, incluindo a utilização própria das ApR.

4.5. TRANSPORTE DE APR OU DE ÁGUA RESIDUAL DESTINADA À PRODUÇÃO DE APR EM SISTEMAS DESCENTRALIZADOS

Conforme já referido, nos sistemas descentralizados com usos industriais ou em simbiose, podem ser usadas águas residuais tratadas para produção de ApR ou águas remanescentes, respetivamente, provenientes de terceiros. Nestes casos, o transporte por via rodoviária de ApR ou de água residual destinada à produção de ApR neste tipo de sistemas é obrigatoriamente acompanhado por documento de transporte, emitido ao abrigo do Decreto-Lei n.º 147/2003, de 11 de julho, na sua redação atual.

Se o transporte ocorrer através de conduta ou coletor, o produtor de ApR fica obrigado a instalar um contador ou medidor de caudais para contabilização da água residual proveniente de terceiros para produção de ApR, incluindo uma unidade eletrónica com ecrã local, para leitura de caudal instantâneo e totalizador, e, caso se revele necessário, dispositivos de registo e transmissão de dados que permitam comunicar à APA, os dados recolhidos em tempo real.

No caso de transporte de águas residuais para produção de ApR para usos industriais por coletor ou conduta, tem de ser instalado um contador ou medidor de caudais para contabilização da água residual proveniente de terceiros para produção de ApR.

Por outro lado, o destinatário de água residual para produção de ApR neste tipo de sistemas descentralizados com usos industriais ou em simbiose deve remeter à APA, com a frequência definida na licença, o registo da água residual rececionada, e guardar os documentos de transporte acima indicados, por um prazo máximo de cinco anos, para apresentação às autoridades com competências de inspeção e de fiscalização.

No caso de transporte rodoviário de águas residuais para produção de ApR para usos industriais, em sistemas descentralizados, têm de ser guardadas as guias de transporte por um prazo de 5 anos.

4.6. SITUAÇÕES EXISTENTES À DATA DE ENTRADA EM VIGOR DO REGIME JURÍDICO DE PRODUÇÃO DE ÁGUA PARA REUTILIZAÇÃO

Ao abrigo do Decreto-Lei n.º 226-A/2017 de 31 de maio foram emitidos títulos para rejeição de águas residuais que integram a reutilização de água e autorizações para aplicação de águas residuais tratadas

para diversos fins. Com a entrada em vigor do RJApR torna-se necessário ajustar estas situações ao novo diploma.

Deverão ser solicitadas licenças para produção para as situações em que haja cedência a terceiros e/ou os usos próprios impliquem a definição de normas de qualidade ou constituam utilizações indiretas de ApR. A avaliação de risco segue o procedimento simplificado (segurança ocupacional).

Assim:

- Os titulares de licenças para rejeição de águas residuais, as quais incluem a reutilização de água para usos próprios, que preconizam a definição de normas de qualidade ou que constituam utilizações indiretas de ApR, deverão solicitar licença de produção ao abrigo do RJApR. A avaliação de risco deverá seguir o procedimento simplificado descrito no subcapítulo 3.3.4;
- Os titulares de licenças para rejeição de águas residuais que cedam água a terceiros deverão requerer a licença de produção, com inclusão de usos próprios, se aplicável, nos termos descritos no RJApR. A avaliação de risco deverá seguir o procedimento descrito no subcapítulo 3.3;
- As licenças para rejeição de águas residuais que se destinam especificamente ao suporte de ecossistemas poderão manter-se válidas até ao respetivo termo, devendo 6 meses antes do fim deste prazo, ser solicitada a licença de produção de ApR com inclusão de usos próprios. Opcionalmente o titular poderá requerer de imediato a licença ao abrigo do RJApR. A avaliação de risco deverá seguir o procedimento descrito no subcapítulo 3.3 ou poderá ser dispensada se a utilização de água em causa, incluindo a definição do normativo de qualidade, tiver sido sujeita a procedimento de Avaliação de Impacto Ambiental;
- As licenças para rejeição de águas residuais, que incluam a reutilização de água para usos próprios que não preconizam a definição de normas de qualidade ou que não constituam utilizações indiretas de ApR, não carecem de qualquer alteração. Aquando da respetiva revisão ou renovação deverá ser retirada a informação referente à reutilização de água;
- As autorizações para reutilização de água mantêm-se válidas até ao termo do prazo descrito na condição para revisão, de um modo geral, 5 anos a contar da data de emissão da respetiva autorização. Seis meses antes do fim deste prazo, deverá ser solicitada a licença de produção. A avaliação de risco deverá seguir o procedimento descrito no subcapítulo 3.3.

Não obstante, nas situações acima descritas, os procedimentos de avaliação do risco, previstos no subcapítulo 3.3, podem ser substituídos por um relatório de avaliação dos dados de autocontrolo dos últimos cinco anos, ou da totalidade de vida útil do projeto caso o tempo de vida seja inferior a este período. Este relatório deve demonstrar a robustez e fiabilidade do projeto, a adequabilidade das normas de qualidade impostas à utilização em curso e ao meio recetor e conter a descrição das barreiras ou medidas de prevenção implantadas e respetivas medidas de manutenção levadas a cabo ou previstas.

Note-se que na ausência de dados de autocontrolo, que permitam a produção do relatório acima definido, o requerimento da licença de produção e/ou de utilização terá de ser instruído com uma avaliação do risco efetuada em consonância com as disposições do subcapítulo 3.3. Não obstante, se a obrigatoriedade de implementação de programa de autocontrolo estiver definida no título inicial em vigor, a APA, no âmbito das suas competências, poderá vir a proceder à instrução de processo de contraordenação por violação das condições do referido título.

5. PLANOS DE MONITORIZAÇÃO

5.1. AMOSTRAGEM E METODOLOGIAS ANALÍTICAS

O desenvolvimento e a implementação de planos de monitorização em projetos de reutilização é uma etapa crucial para garantir a segurança desses projetos.

Para cada projeto de reutilização devem ser definidos planos de monitorização para diferentes fins e para cada objetivo devem ser selecionados parâmetros e matrizes ambientais distintas.

Devem ser definidos planos de monitorização com vista à proteção da saúde, dos recursos hídricos, da vegetação e solos e para proteção de equipamentos.

De um modo geral, devem ser definidos planos de monitorização para:

- Proteção da saúde pública, que inclui indicadores microbiológicos e parâmetros de resposta à fiabilidade do sistema de tratamento implantado (e.g., CBO₅, SST, turvação, cloro residual, etc.);
- Prevenção de efeitos adversos sobre:
 - Os recursos hídricos e respetivos usos onde se incluem parâmetros passíveis de afetar o estado das massas de água subterrâneas e/ou superficiais e os respetivos usos, tais como carga orgânica, nutrientes, indicadores microbiológicos, substâncias prioritárias, perigosas prioritárias, poluentes específicos ou outros poluentes alvo de preocupação emergente, etc.;
 - As culturas ou solos, que inclui parâmetros agronómicos (e.g., nutrientes, sais solúveis, sódio, elementos vestigiais, como alguns metais pesados, etc.);
- Proteção de equipamentos, tais como a prevenção de corrosão ou entupimentos dos sistemas de distribuição e de aplicação de água (e.g., pH, dureza, alcalinidade, cloro residual, etc.).

Os planos de monitorização poderão distinguir-se em três grupos distintos:

- Monitorização de validação;
- Monitorização de desempenho ou operacional;
- Monitorização de conformidade.

Nas subseções seguintes descrevem-se estes três grupos de planos de monitorização e os objetivos específicos de cada um.

Para efeitos de cumprimento dos programas de monitorização devem ser recolhidas amostras compostas ou pontuais, dependendo da matriz a amostrar, bem dos parâmetros. De um modo geral, para efeitos de monitorização para verificação da conformidade das ApR devem ser recolhidas, no ponto de entrega e/ou ponto de aplicação de ApR, amostras compostas representativas de um período de 24 horas. Os intervalos de recolha devem ser, sempre que possível, proporcionais aos volumes de água reutilizada, sendo que a partir dos 1000 m³/dia devem ser considerados intervalos máximos de 1 hora. No que concerne aos parâmetros microbiológicos e compostos orgânicos voláteis (COV) têm de ser recolhidas amostras pontuais, dada a respetiva natureza dos parâmetros.

A monitorização da ApR deve ser efetuada no ponto de entrega e ponto de aplicação. Para o efeito devem ser recolhidas amostras compostas representativas de um período de 24 horas, exceto para os parâmetros microbiológicos e COV, pois dada a respetiva natureza devem ser analisados em amostras pontuais.

Não obstante, nos pontos de aplicação das ApR, sempre que não seja viável a recolha de amostras compostas dada a natureza da aplicação da água ou a ApR a utilizar resulte de um armazenamento superior a 24 horas, a amostragem pode ser efetuada com recolha de tomas discretas.

Para todos os parâmetros, com monitorização contínua, a amostragem é pontual, dada a especificidade da própria técnica analítica envolvida, que preconiza a toma automática de um dado volume de amostra a curtos intervalos de tempo.

No que concerne às águas subterrâneas ou superficiais devem ser sempre recolhidas amostras pontuais e todas as matrizes aquosas devem analisadas de acordo com as metodologias descritas no Decreto-Lei n.º 83/2011, de 20 de junho, devendo, em alternativa, ser utilizados métodos analíticos devidamente acreditados, caso se verifique a impossibilidade de demonstração dos critérios definidos neste diploma.

Todas as amostras devem ser analisadas de acordo com as metodologias descritas no Decreto-Lei n.º 83/2011, de 20 de junho. Caso este não seja aplicável (e.g. parâmetros microbiológicos) podem, em alternativa, ser utilizados métodos analíticos devidamente acreditados.

Relativamente a solos e vegetação devem ser seguidas as normas de amostragem deste tipo de matrizes. Designadamente, nos solos devem ser recolhidas amostras com profundidade adequada ao tipo de rega instalado e, no caso da vegetação, pode ser necessária a recolha de uma ou mais plantas (e.g., para inspeção visual) ou de componentes das plantas.

Os procedimentos de amostragem devem ser efetuados aplicando boas práticas internacionais de laboratório a fim de reduzir ao mínimo a degradação das amostras entre a colheita e a análise.

A Figura 29 contempla um resumo da aplicabilidade dos programas de monitorização.



Figura 29: Aplicabilidade dos sistemas de monitorização

5.2. MONITORIZAÇÃO DE VALIDAÇÃO

A monitorização de validação pretende assegurar que dado sistema de reutilização cumpre os requisitos para o qual foi projetado, através da garantia de que os processos e procedimentos previstos levar a cabo, ao longo da vida desse mesmo projeto, controlam eficazmente os riscos envolvidos na reutilização. Deste modo, um dos principais objetivos da monitorização de validação é provar que um dado sistema de produção de água para reutilização pode entregar água com a qualidade requerida para o uso final pretendido.

A monitorização de validação deve incluir os parâmetros de verificação de desempenho do sistema de tratamento e respetiva fiabilidade, os quais devem cumprir os requisitos definidos no respetivo projeto. No que respeita à produção de água com qualidade compatível com a classe A, a monitorização de validação tem de incluir os parâmetros abaixo indicados e o sistema de tratamento tem de garantir uma dada remoção microbiológica, expressa em unidades logarítmicas de base 10, conforme indicado na Tabela 26.

A monitorização de validação é um controlo de desempenho, suportado em três tipos de indicadores (bactérias, vírus e protozoários) e é efetuada uma vez no arranque do sistema de tratamento (ou após reformulação do mesmo) para verificação das condições de projeto.

Tabela 26: Monitorização de validação (parâmetros e objetivos de desempenho)

Classe de qualidade	Microrganismo indicador		Remoção microbiológica / Log ₁₀
Classe A ou água com qualidade compatível com classe A	Bactérias	<i>Escherichia coli</i>	≥5.0
	Vírus	Colifagos totais/Colifagos F-específicos/Colifagos somáticos ¹	≥6.0
	Protozoários	Esporos de <i>Clostridium perfringens</i> /Bactérias sulfito-redutoras formadoras de esporos ²	≥5.0

¹ Os colifagos totais são identificados como o indicador viral mais comum, no entanto se a análise deste parâmetro não for exequível, pelo menos um dos outros indicadores (colifagos somáticos ou F-específicos) devem ser analisados.

² Os esporos de *Clostridium perfringens* são o indicador de protozoários mais comum, no entanto, se a concentração destes não permitir a validação da remoção indicada poderá utilizar-se em alternativa o parâmetro “Bactérias sulfito-redutoras formadoras de esporos”.

Para além dos indicadores acima identificados poderão ser igualmente utilizados outros indicadores tais como *Campylobacter* como indicador bacteriano, rotavírus como indicador viral e *Cryptosporidium* como indicador de protozoários, com as reduções logarítmicas de 5.0, 6.0 e 5.0, respetivamente.

Note-se que as reduções logarítmicas podem ser obtidas exclusivamente a partir do sistema de tratamento implantado ou através da combinação deste com outras medidas de prevenção ou

controlo que funcionarão como barreiras equivalentes, ou seja, através da implantação do critério multibarreira.

O nível de desempenho pode ser obtido a partir do tratamento ou da conjugação deste com multibarreiras (aplicação do conceito de barreira equivalente).

A validação consiste num plano pontual de monitorização que tem de ser executado antes da entrada em funcionamento de um dado projeto de reutilização. Este plano pontual deve ser repetido quando o sistema de tratamento for ampliado ou reestruturado, ou quando ocorra substituição de equipamentos.

5.3. MONITORIZAÇÃO DE VERIFICAÇÃO DE DESEMPENHO OU OPERACIONAL

O desempenho dos sistemas de produção de ApR e respetiva fiabilidade devem ser controlados através da implementação de controlo de parâmetros operacionais adequados à tipologia de tratamento implantado. As outras componentes de um sistema de reutilização (i.e., a distribuição e aplicação de ApR) também devem ser monitorizadas através do controlo da fiabilidade das barreiras ou medidas preventivas instaladas.

Em cada parte do sistema de reutilização têm de ser definidos pontos críticos de controlo para monitorização de cada barreira ou conjunto de barreiras implantadas ao longo de todo o sistema. Neste âmbito, o primeiro passo consiste na definição de pontos críticos de controlo, os quais podem ser definidos através da árvore de decisão ilustrada na Figura 30.

A monitorização operacional consiste no controlo do desempenho dos equipamentos ao longo da sua vida útil.

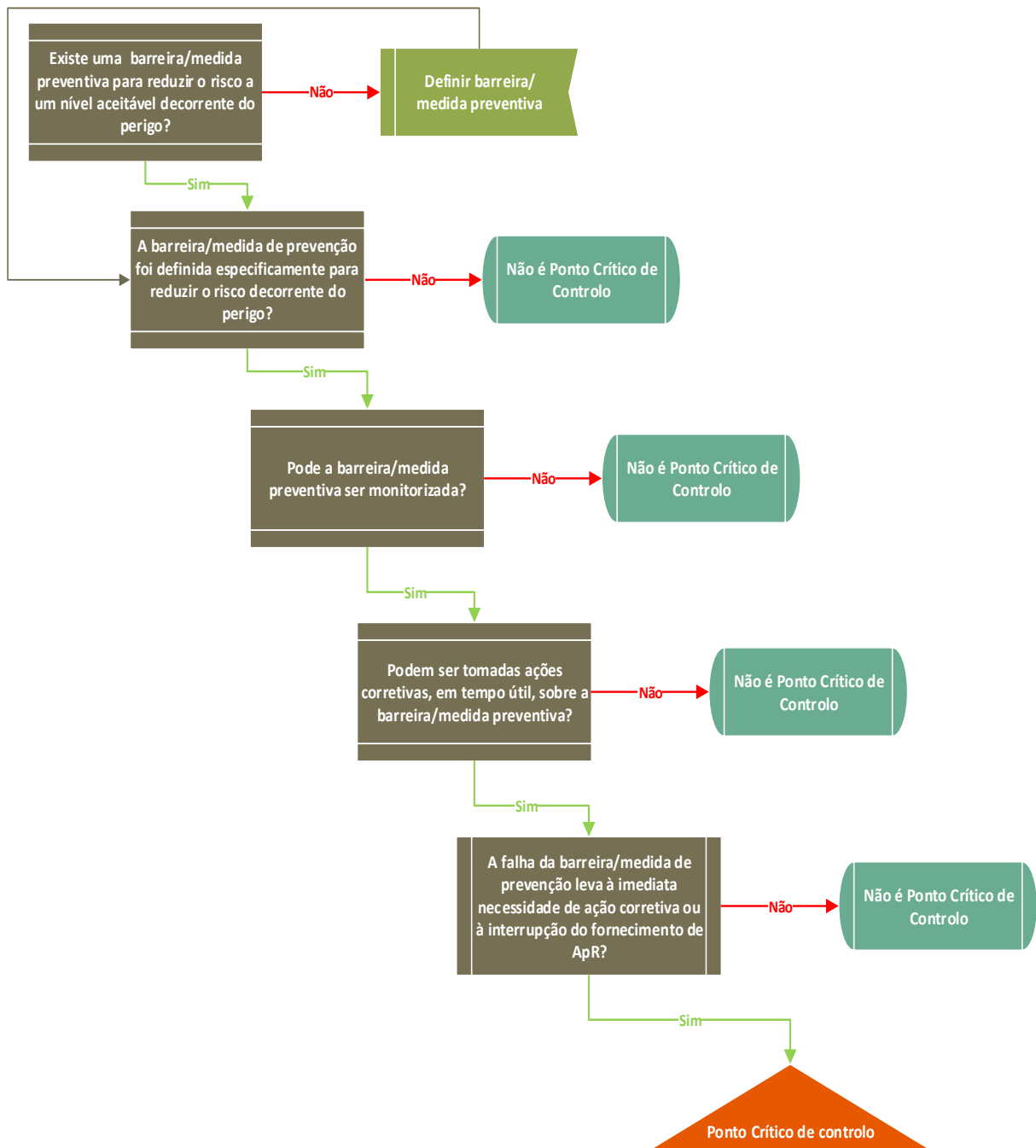


Figura 30: Árvore de decisão para definição de pontos críticos de controlo num sistema de reutilização (adaptado de L. Alcalde-Sanz and Gawlik, 2017)

Os parâmetros a incluir neste tipo de planos devem ser selecionados tendo em conta a facilidade de medição e de resposta em termos de desempenho da barreira ou medida preventiva de modo a permitirem a aplicação rápida de ações corretivas. Para o efeito, sempre que possível deve-se dar preferência aos parâmetros de monitorização contínua. Para além do controlo analítico devem ser

definidos procedimentos de controlo visual/manual para verificação do estado de certos equipamentos.

Deve incluir parâmetros de fácil e rápida leitura que permitam a aplicação célere de medidas corretivas.

As frequências de amostragem devem ser adequadas em função da resposta do parâmetro em termos de necessidade de tomada de ação corretiva e eventual interrupção do fornecimento e/ou de aplicação de ApR.

Na Tabela 27 apresentam-se alguns exemplos de planos de monitorização de desempenho ou operacional que poderão ser adotados em função da tipologia de tratamento instalado:

Tabela 27: Exemplos de planos de monitorização de desempenho ou operacional por tipo de tratamento (adaptado de L. Alcalde-Sanz and Gawlik, 2017)

Tipo de tratamento	Parâmetros a monitorizar	Frequência de amostragem
Tratamento secundário (lamas ativadas)	Caudal	Contínua
	Oxigénio dissolvido	
	CBO ₅	Semanal
	Sólidos suspensos	
	Tempo de retenção de sólidos	
	Tempo de retenção hidráulica	
Sistemas biológicos de baixa carga (lagoas de estabilização)	Caudal	Contínua
	CBO ₅	Semanal
	Carga algal	
Sistemas de filtração	Caudal	Semanal
	Turvação	
Reatores de membranas (MBR)	pH	Contínua
	Turvação	
	Oxigénio dissolvido	
	Pressão trans-membrana	
	Sólidos suspensos	Semanal
	Tempo de retenção de sólidos	
	Tempo de retenção hidráulica	
Filtração por membranas	Turvação	Contínua
	Pressão trans-membrana	
	Condutividade elétrica	

Tipo de tratamento	Parâmetros a monitorizar	Frequência de amostragem
Radiação ultravioleta	Caudal Turvação a montante Intensidade da radiação e/ou dosagem aplicada Transmitância	Contínua
Ozonização/Carvão biológico ativado	Dosagem de ozono Temperatura	Contínua
Cloragem	Cloro residual livre Ct ¹ pH Temperatura	Contínua

¹ Ct corresponde ao produto da concentração de cloro residual livre pelo tempo de contacto requerido para alcance de um dado nível de mortandade

5.3.1. DEFINIÇÃO DE PLANOS DE GESTÃO DO RISCO

Para o controlo de um sistema de reutilização devem ser definidos planos de gestão de risco que permitam conferir toda a linha, desde a origem da água até à correspondente aplicação, por forma a garantir que o nível de risco ao longo de todo o sistema se mantém tão reduzido quanto possível, dentro da gama prevista em fase prévia de avaliação. A responsabilidade pela execução e aplicação destes planos tem obrigatoriamente de ser repartida entre o produtor e o utilizador de ApR, quando estes sejam entidades distintas.

Os planos de gestão de risco destinam-se ao controlo de todo o sistema de reutilização, i.e., desde a produção até à aplicação, de modo a garantir que durante a vida útil do mesmo, o nível do risco se mantém tão reduzido quanto possível e dentro dos valores obtidos em fase prévia de avaliação. Estes planos devem prever o controlo e manutenção das multibarreiras.

Um plano de gestão de risco deve descrever os vários protocolos a seguir em termos de monitorização e de resposta em caso de variações na qualidade da ApR, designadamente em termos de ações corretivas de tratamento e de eventual interrupção de fornecimento de água, bem como os diversos procedimentos de manutenção necessários à gestão adequada de todas as partes do sistema, incluindo as múltiplas barreiras existentes.

Um plano de gestão do risco deve englobar os aspetos referentes ao controlo qualitativo e quantitativo da água para produção de ApR e da própria ApR, controlo dos sistemas dos sistemas de produção, de distribuição, de armazenamento e de aplicação de ApR.

No âmbito das componentes do sistema de reutilização, os planos de gestão do risco devem ter em consideração os seguintes aspetos:

- *Origem da água para produção de ApR*

Devem ser controlados os aspetos qualitativos das águas residuais brutas atendendo à origem das mesmas, incluindo a carga industrial e as variações significativas devido a afluências indevidas às redes de drenagem, quer do ponto de vista industrial, quer do ponto de vista de infiltração de águas pluviais, em particular fenómenos de condições meteorológicas extremas. No caso das águas residuais urbanas, as afluências industriais às redes devem ser garantidas através da aplicação dos regulamentos previstos no art.º 9.º, do Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho, e das autorizações previstas no art.º 54.º, do Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de maio. Conforme já referido, em fase de avaliação do potencial de reutilização de água (ver subcapítulo 3.1), devem ser rejeitadas as águas residuais, brutas ou tratadas, passíveis de conterem cargas significativas de poluentes tóxicos, persistentes ou passíveis de bioacumulação, e.g., efluentes urbanos com forte componente industrial. A qualidade de origem da água residual para produção de ApR deve ter em conta a qualidade final pretendida atendendo aos usos previstos. Durante a fase de exploração de um sistema de reutilização deve ser mantido um controlo da qualidade da água utilizada para a produção de ApR, com vista ao controlo operacional e controlo, em particular, dos riscos químicos;

A qualidade da ApR deve ser adequada aos usos pretendidos e à segurança da saúde e ambiente

- *Quantidade de ApR*

Tem de ser garantido que a quantidade de ApR produzida satisfaz os usos pretendidos, bem como o plano deve definir as orientações para recurso a outras origens de água para suprimir as necessidades em caso de falha ou interrupção no fornecimento de ApR. No balanço da produção de ApR deve ter-se em atenção a quantidade de água afluente ao sistema de produção, a infiltração e perdas no sistema de transporte de água e a utilização de água para

processo. Outro aspeto a ter em conta é a variação na produção de ApR devido às variações quantitativas nas águas residuais afluentes às redes de drenagem ao longo do dia e ao longo do ano, sendo esta situação mais premente em zonas de elevada sazonalidade;

A produção de ApR tem de ser adequada aos volumes requeridos, devendo ser assegurada uma gestão quantitativa em função das variações de volumes em todo o sistema (perdas, variações sazonais, quantidades requeridas e respetiva variabilidade diária/anual).

- *Sistemas de tratamento (produção de ApR)*

Os sistemas de produção de ApR devem ser projetados de modo a garantir a produção de água com qualidade compatível com os usos pretendidos, pelo que na fase de projeto deve ser garantida a consistência e a resiliência do sistema, através da fiabilidade dos equipamentos e processos instalados, bem como pela conjugação de múltiplas etapas de tratamento e redundâncias, para funcionarem como barreiras múltiplas.

Deve ser garantida a consistência e a resiliência dos sistemas de tratamento. Para o efeito devem ser usados equipamentos e processos fiáveis, com várias etapas de tratamento e redundâncias.

Outro aspeto fundamental a ter em conta na produção de ApR é a estabilidade química da água, a qual pode ser controlada através da monitorização de certos parâmetros de rotina, tais como pH, alcalinidade, dureza, cloretos e sulfatos. Em alguns casos específicos podem ainda ser avaliados o índice de saturação de Langelier, índice de estabilização de Ryznar, índice de alcalinidade ou a razão de Larson. A estabilidade microbiológica também pode ser avaliada através do controlo de alguns indicadores, tais como contagem de bactérias heterotróficas, carbono orgânico assimilável, carbono orgânico dissolvido biodegradável, potencial de crescimento algal e potencial de crescimento bacteriano;

- *Sistemas de armazenamento de ApR*

Num sistema de armazenamento deve-se considerar os aspetos:

- Quantitativos, pelo que o sistema deve ser projetado para promover a equalização de caudais, satisfazer as necessidades de água, reduzir as flutuações de pressão e providenciar reserva de água para emergências, e.g., o combate a incêndios. Nos reservatórios abertos deve ter-se ainda em consideração a evaporação;

- Qualitativos, sendo que a qualidade da água armazenada está intrinsecamente ligada ao tratamento das águas residuais e à produção de ApR. Logo, quanto melhor for a qualidade da ApR, menores serão os impactos qualitativos no armazenamento. Não obstante, poderão sempre ocorrer degradações de qualidade decorrentes do armazenamento em reservatórios abertos, com um maior risco de recontaminação ou contaminação a partir de fontes externas, ou em reservatórios fechados, com risco de anaerobiose. Assim, quanto maior for o tempo de residência, maior será o risco de degradação da água, pelo que em algumas situações pode ser necessário um tratamento adicional antes da distribuição da água, e.g., filtração e pós-cloragem.

Quanto melhor for a qualidade da ApR, menor será o impacto no respetivamente armazenamento.

- *Sistemas de distribuição de ApR*

Um sistema de distribuição deve ser gerido de forma similar a qualquer outro sistema de distribuição de água, como por exemplo o controlo de fugas, a manutenção de pressão, medidas para evitar ligações cruzadas com os sistemas de distribuição de água potável ou sistemas de drenagem de águas residuais (brutas ou tratadas) e eventuais medidas de contenção, em caso de decréscimo da qualidade da ApR. Nestes sistemas devem também ser tomadas medidas para prevenção de crescimento de biofilme, de recontaminação microbiana ou outro tipo de contaminações. Uma das medidas mais usuais para minimizar estas questões é a manutenção de um teor residual de desinfetante, usualmente cloro, e para segurança devem ser definidos pontos críticos de controlo para monitorizar a qualidade da água. A quantidade de desinfetante (composto clorados) a utilizar deve ser preferencialmente definida a partir da carência de cloro da ApR, em detrimento do uso de quantidades pré-definidas na literatura, que podem promover a ocorrência de supercloragem e, por conseguinte originar, a formação de subprodutos de desinfecção em quantidades significativas. Note-se que algumas destes subprodutos podem ser tóxicos, persistentes, passíveis de bioacumulação ou apresentar potencial para disrupção endócrina, pelo que o seu controlo é primordial. Um dos subprodutos da cloragem mais usuais é o clorofórmio que está classificado como substância prioritária;

Para prevenção de situações de recrescimento e/ou recontaminação microbiana deve ser mantido um teor de cloro residual ao longo do sistema de distribuição, armazenamento e de aplicação de ApR. Para evitar situações de supercloragem que podem originar a formação de subprodutos da desinfeção (e.g. trihalometanos), a dosagem de cloro deverá ser determinada em função da carência real de cloro da ApR.

- *Sistemas de aplicação de ApR*

Na aplicação das ApR, para além do controlo da qualidade da água para o fim pretendido, devem ser tomadas medidas de contenção para fazer face a situações de contaminação inesperada e medidas para prevenção de formação de biofilme e entupimentos nos sistemas de aplicação (e.g., bicos de rega), os quais são similares aos métodos usados na distribuição de água. Outro aspeto a ter em consideração é, nos sistemas de rega por aspersão, garantir a pressão de rega e a orientação dos aspersores, de modo a obviar situações de contaminação de terceiros que podem potenciar vias de exposição direta ao ser humano, tais como a rega direta de pontos de distribuição de água potável (e.g., bebedouros em parques públicos), habitações, viaturas automóveis e seus ocupantes, equipamentos de lazer ou de atividades infantis, zonas de repouso, etc.

Um plano de gestão do risco deverá ainda englobar um sistema de alerta e reposta (medidas corretivas) para fazer face a situações anómalas, de avaria ou acidente. Os pontos de controlo deverão ser definidos pelos pontos críticos descritos no subcapítulo 5.3.

Um plano de gestão do risco deverá descrever um sistema de alerta e de ação corretiva para fazer face a situações anómalas, avarias ou acidentes.

Na Figura 31 apresenta-se o resumo do conteúdo de um plano de gestão do risco.

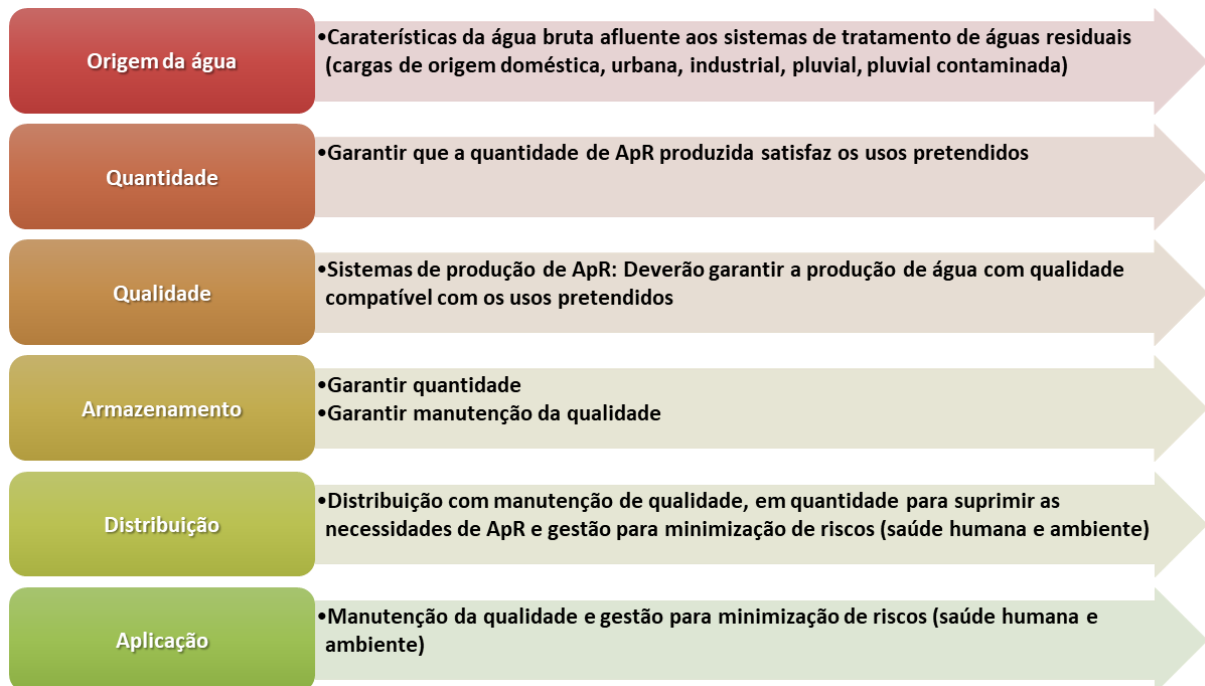


Figura 31: Aspectos-chave de um plano de gestão do risco da água

Os aspetos qualitativos problemáticos mais comuns a ter em conta no armazenamento de ApR encontram-se descritos na Tabela 28.

Tabela 28: Exemplos dos aspetos qualitativos problemáticos mais comuns no armazenamento de ApR (adaptado de ISO 20760-1:2018)

Aspetos físicos	Aspetos químicos	Aspetos biológicos
Temperatura	Variações de pH e de alcalinidade	Crescimento algal
Sólidos suspensos	Contaminantes químicos	Recontaminação microbiana
Turvação	Formação de subprodutos da desinfecção	Eutrofização
Aspetos estéticos (cor, odor, transparência)	Odor e sabor (devido à presença de alguns dos compostos mencionados)	Contaminação microbiológica

No caso dos sistemas centralizados, os planos de gestão do risco devem ser desenvolvidos pela entidade gestora, abrangendo todo o sistema desde a produção até ao ponto de entrega. A partir deste, a responsabilidade é do utilizador final. Sempre que possível, com especial ênfase nos usos urbanos, estes planos devem ser desenvolvidos e estabelecidos de forma conjunta, de modo a garantir

o controlo de pontos críticos em tempo real e permitir a definição de ações corretivas em tempo útil, para fazer face a situações críticas ou anómalas, tais como avarias ou acidentes.

Qualquer plano de gestão do risco deve ser ainda completado com os aspetos de comunicação do risco definidos no capítulo 6 do presente guia.

5.4. MONITORIZAÇÃO DE VERIFICAÇÃO DE CONFORMIDADE

A monitorização de verificação de conformidade preconiza a validação da reutilização com as condições impostas na respetiva licença, a qual tem de contemplar um programa de monitorização aplicável à produção de ApR e/ou à respetiva utilização. Assim, no caso dos sistemas centralizados, o programa a aplicar à produção tem de ser promovido pela entidade gestora do sistema, enquanto o programa referente à aplicação de ApR tem de ser efetuado pelo utilizador final., conforme se pode observar na Tabela 29. Nos restantes sistemas, o programa de monitorização das ApR tem de ser desenvolvido pelo detentor da licença para produção, uma vez que o utilizador assume a total responsabilidade pelas ApR.

O programa de monitorização de verificação de conformidade é definido na licença de produção e de utilização e a responsabilidade pela execução do mesmo é do respetivo titular.

Tabela 29: Responsabilidade de implementação de programas de monitorização de verificação de conformidade

Tipologia de sistema	Finalidade da ApR	Responsabilidade pela monitorização
Centralizado	Produção	Entidade gestora do sistema centralizado
	Uso próprio	
	Cedência a terceiros	
	Utilização por terceiros	Utilizador final
Descentralizado	Produção e utilização	Utilizador final
Descentralizado em simbiose	Produção e utilização	Utilizador final

Os programas de monitorização acima mencionados, para além dos parâmetros obrigatórios constantes do normativo a aplicar a cada uso de ApR, podem incluir outros parâmetros considerados pertinentes, quer para a prática, quer para o meio recetor.

Cumulativamente à monitorização das ApR, sempre que se justifique devem ser desenvolvidos programas de monitorização para os meios recetores.

5.5. MONITORIZAÇÃO DAS ApR

De um modo geral, os parâmetros a monitorizar devem ter por base os que constam na Tabela 30, sem prejuízo de outros que sejam incluídos nas licenças decorrentes da avaliação do risco. Conforme já referido, compete à entidade produtora de ApR, a caracterização exaustiva da ApR produzida devendo salvaguardar que as características se mantêm até ao ponto de entrega da ApR, quando esta se destina à utilização por terceiros. Aos utilizadores finais cabe a monitorização das ApR utilizada, tendo de ser assegurado que as ApR não se degradam entre o ponto de entrega e o ponto de aplicação. Para além destes parâmetros é obrigatória a monitorização dos volumes diários produzidos e cedidos a terceiros, no caso de sistemas centralizados, ou apenas dos volumes utilizados diariamente, nos restantes sistemas. Nestes casos, a contabilização de caudais tem de ser obrigatoriamente efetuada a partir de um contador/medidor, sempre que se preconize a reutilização de volumes iguais ou superiores a 500 m³/dia.

Os utilizadores finais, em sistemas centralizados, têm de monitorizar a qualidade da ApR a utilizar e garantir que esta não se degrada entre o ponto de entrega e o ponto de aplicação.

Tabela 30: Parâmetros a monitorizar nas ApR em função do tipo de usos

Uso	Parâmetros
Rega – qualquer tipo	CBO ₅ SST Turvação <i>Escherichia coli</i> Azoto amoniacal Azoto total Fósforo total
Rega de espaços verdes públicos ou de culturas para consumo animal	Ovos de parasitas intestinais
Rega agrícola	SAR, salinidade

Uso	Parâmetros
Rega agrícola em sistemas descentralizados em simbiose	Monitorização de parâmetros de risco para culturas agrícolas e proteção de recursos hídricos (e.g., nutrientes e/ou pesticidas)
Usos urbanos	pH CBO ₅
Usos industriais (usos com risco de contacto direto: ingestão acidental, e.g., gotículas e contacto dérmico)	<i>Escherichia coli</i>

No caso específico dos usos urbanos, sempre que estes envolvam risco de contacto direto com pessoas ou animais, o parâmetro *Escherichia coli* também tem de ser contemplado no programa de monitorização de verificação de conformidade.

Os parâmetros microbiológicos utilizados como indicadores são considerados como os mais apropriados. A *Escherichia coli* é considerado como um parâmetro mais específico da contaminação, face a outros tais como as bactérias termotolerantes (coliformes fecais) ou coliformes totais, e também por refletir melhor o comportamento das bactérias entéricas patogénicas. Também este parâmetro é considerado um bom indicador para a ausência ou presença de *Campylobacter* nas águas destinadas ao consumo humano, pelo que se supõe que, por analogia, também o é para as ApR.

As ApR que resultem de águas residuais urbanas devem ser amostradas com uma periodicidade similar à descrita no Decreto-Lei, n.º 152/97, de 19 de junho, exceto quando se destinem a rega (com qualidade A ou B). Na Tabela 31 apresenta-se um resumo da frequência de amostragem a aplicar aos sistemas de reutilização.

Tabela 31: Frequência de amostragem por tipo de uso

Classe de Qualidade/Uso	Parâmetros	Periodicidade de amostragem
A Rega, Usos recreativos, de enquadramento paisagístico, Água de combate a incêndios, Autoclismos e Lavagem de veículos	CBO ₅	Semanal
	SST	Semanal
	Turvação	Em contínuo
	<i>E. coli</i>	Semanal
B Rega	CBO ₅	1
	SST	1
	<i>E. coli</i>	Semanal
C Rega, Águas de arrefecimento	CBO ₅)
	SST	1

Classe de Qualidade/Uso	Parâmetros	Periodicidade de amostragem
D Rega	<i>E. coli</i>	Quinzenal
	Ovos de parasitas intestinais	Quinzenal ²
	CBO ₅	1
	SST	1
E Rega	<i>E. coli</i>	Quinzenal
	Ovos de parasitas intestinais	Quinzenal ²
	CBO ₅	1
	SST	1
Lavagem de ruas	<i>E. coli</i>	Quinzenal
	CBO ₅	1

¹ Em função do volume produzido e/ou utilizado:

- Até 300 m³/dia: Amostragem trimestral
- Entre 300 e 1500 m³/dia: Amostragem mensal, podendo passar a trimestral nos anos seguintes, se se provar que durante o primeiro ano a água cumpre as disposições do presente decreto-lei; se uma das 4 amostras colhidas nos anos subsequentes não cumprir os requisitos, deverão no ano seguinte ser colhidas 12 amostras.
- Entre 1500 e 7500 m³/dia: Amostragem mensal
- Acima de 7500 m³/dia: Amostragem quinzenal

² Após 1 ano de amostragem, a periodicidade de amostragem poderá ser revista em função dos resultados obtidos.

Relativamente à *Legionella spp.*, este tipo de microrganismos é utilizado este indicador conforme proposto nas normas ISO 16075, uma vez que a *Legionella pneumophila* não é um microrganismo patogénico transmissível pela água convencional, por não se transmitir oralmente, contudo os riscos de contágio por este tipo de bactérias, decorrentes da utilização de ApR, não são considerados pelo RJApre, mas sim no âmbito da Lei n.º 52/2018, de 20 de agosto, que estabelece o regime de prevenção e controlo da doença dos legionários.

Não é considerada a monitorização da ApR em termos de *legionella spp.*, uma vez que o respetivo do risco de contágio é efetuado através do regime de prevenção e controlo da doença dos legionários (Lei n.º 52/2018, de 20 de agosto) e não pelo RJApre.

Para todos os parâmetros que venham a constar na licença, a periodicidade de amostragem deve ser ajustada em função dos resultados da avaliação do risco.

5.6. MONITORIZAÇÃO DO MEIO RECETOR

Em função dos resultados do procedimento de avaliação do risco pode ser necessário proceder-se à monitorização de um ou mais recetores (solos, vegetação ou recursos hídricos) para verificação de não deterioração dos mesmos, decorrente da utilização de ApR.

A monitorização de solos ou vegetação deve ser definida em conjunto com a DRAP territorialmente competente e poderá compreender dois tipos:

- Detecção visual de deficiências ou de excesso de elementos;
- Análise ou exame de partes da planta.

Para este tipo de monitorização podem ser seguidas as orientações da norma ISO 16075-4:2016.

No que respeita aos solos, conforme já se referiu, um dos maiores problemas que a reutilização apresenta é a eventual acumulação de sais junto às raízes e por conseguinte provocar danos nas plantas. Logo, a monitorização da salinidade deve ser levada a cabo em caso da utilização de ApR para rega e desde que comprovado este risco decorrente do concernente processo de avaliação.

A monitorização de solos e vegetação deve ser definida em conjunto com a DRAP.

Em função das características dos solos e riscos associados, decorrentes da avaliação do risco e em função das características das ApR, podem ser monitorizados outros parâmetros tais como metais pesados ou outros poluentes alvo de preocupação emergente. Mas, caso não seja exetável este tipo de poluentes estar presente na água de rega, a sua monitorização nos solos ou plantas não deve ser realizada.

A aplicação de ApR pode vir a influenciar o meio recetor, designadamente as águas superficiais ou subterrâneas, tendo em conta as características geológicas, topográficas, climatológicas e hidrogeológicas das áreas onde a ApR será aplicada. Alguns contaminantes ou poluentes passíveis de estarem nas ApR poderão ter impacto no estado das massas de água.

Os projetos que apresentem uma vulnerabilidade parcial para as águas superficiais e/ou subterrâneas ($V_{p_{ag\ sup}}$ e $V_{p_{ag\ sub}}$, respetivamente) igual a 4 ou 6, obtidas através da matriz de avaliação do risco para as águas superficiais e subterrâneas, disposta na Figura 26, no subcapítulo 3.3.2.4, têm de contemplar obrigatoriamente um plano de monitorização para a(s) matriz(es) correspondente(s), dado o potencial

de afetação do estado da(s) massa(s) de água. Nos restantes casos, em função dos usos do meio hídrico, pode ser ainda definida a necessidade de monitorizar as águas superficiais e/ou subterrâneas. Esta necessidade pode ser aferida através da metodologia descrita no Anexo V, a qual também se suporta num procedimento de avaliação do risco. Os parâmetros a monitorizar são selecionados em função dos resultados da avaliação do risco sobre os recursos hídricos descrita no subcapítulo 3.3.2.

Em função da avaliação do risco, em particular, da vulnerabilidade parcial para as águas superficiais e subterrâneas, devem ser definidos deve ser definida a monitorização destes meios recetores, em termos de contaminantes ou poluentes passíveis de terem impacto no estado das massas de água. A monitorização destes meios recetores pode também decorrer da necessidade de proteção dos usos em presença na massa de água.

A frequência de amostragem dos meio recetores depende de vários fatores, tais como a natureza dos parâmetros a analisar, das características dos próprios meios hídricos e do projeto de reutilização em causa, bem como dos caudais de ApR a aplicar. De um modo geral, pode variar de quinzenal a trimestral, sendo a amostragem condicionada à existência de caudal, à sazonalidade e com a premissa de que deve ser intensificada em caso de deteção da degradação da qualidade dos recursos hídricos.

5.7. VERIFICAÇÃO DA CONFORMIDADE COM OS REQUISITOS DA LICENÇA DE PRODUÇÃO OU UTILIZAÇÃO

Considera-se que as ApR estão conformes com as normas de reutilização estabelecidas através do procedimento de avaliação do risco e definidas na respetiva licença se, para cada um dos parâmetros aplicáveis, individualmente, as amostras revelarem que as águas obedecem às normas de qualidade estabelecidas, de acordo com as regras abaixo indicadas. A verificação da conformidade das condições de produção ou utilização definidas na licença é efetuada parâmetro a parâmetro, de acordo com as regras explicitadas, que se aplicam simultaneamente a cada um destes e dependendo da periodicidade de amostragem, conforme a seguir se descreve:

- O valor máximo observado, em amostras não conformes, durante o ano em análise não excede a norma de qualidade em mais de 75%;
- O número máximo anual de amostras não conformes não excede os limites descritos na Tabela 32.

Uma amostra que exceda a norma de qualidade em mais de 75% é condição suficiente para considerar de imediato o parâmetro como não conforme.

Tabela 32: Número máximo de amostras que poderão ser não conformes

Série de amostras colhidas durante um ano	Número máximo de amostras que poderão ser não conformes
4-7	1
8-16	2
17-28	3
29-40	4
41-53	5
54-67	6
68-81	7
82-95	8
96-110	9
111-125	10
126-140	11
141-155	12
156-171	13
172-187	14
188-203	15
204-219	16
220-235	17
236-251	18
252-268	19
269-284	20
285-300	21
301-317	22
318-334	23
335-350	24
351-365	25

6. COMUNICAÇÃO DO RISCO

6.1. CLASSIFICAÇÃO DE GRAUS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Atendendo aos vários tipos de uso possíveis para aplicação de ApR e à variabilidade do risco envolvido torna-se premente a adoção de critérios de comunicação do risco facilmente perceptíveis pela população em geral e em particular pelos utilizadores das áreas de produção e/ou aplicação de ApR. Face ao exposto, deve ser adotada uma classificação da água em três graus de qualidade, similar ao previsto na norma ISO 20469:2018, e descrita na Figura 32, para facilitar o processo de comunicação do risco.

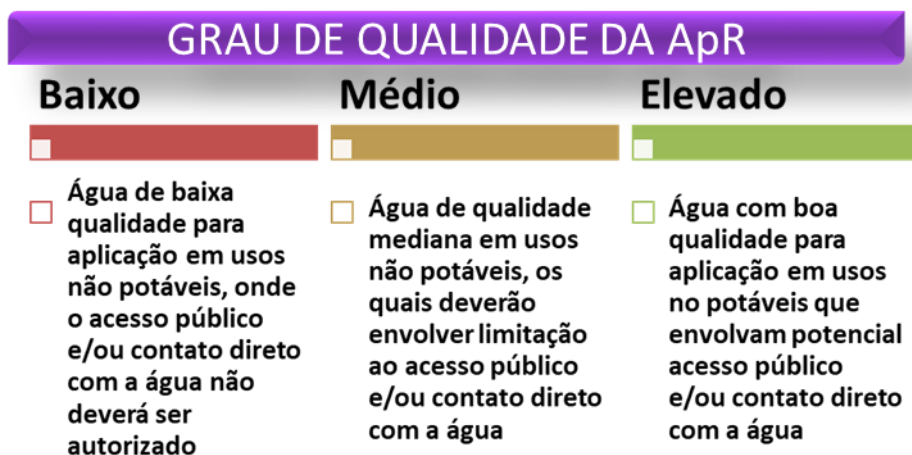


Figura 32: Graus de classificação da água

Na Tabela 33 apresentam-se os referidos graus de qualidade por exemplos de aplicação de ApR e por tipo de tratamento adequado.

Tabela 33: Graus de qualidade de água por exemplos de aplicação de ApR e por tipo de tratamento adequado

Grau de qualidade	Tipo de exposição ao público	Exemplos de aplicação de ApR	Tipo de tratamento adequado
Elevado	<p>Possível contacto direto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zonas de acesso público • Zonas de acesso infantil • Risco de ingestão/inalação acidental 	<p>Atividades recreativas</p> <p>Lavagem de equipamentos ou veículos automóveis</p> <p>Controlo de poeiras em ambiente urbano</p> <p>Manutenção de caudal ecológico, em ambiente urbano, desde que não haja captação para consumo humano a jusante</p> <p>Enchimento de autoclismos</p> <p>Água de combate a incêndios</p> <p>Rega com água de classe A (incluindo rega de parques infantis, rega urbana sem áreas em restrição de acesso, rega agrícola de culturas agrícolas para consumo em cru em que a parte consumível está em direto contacto com a água, rega de parques desportivos, tais como campos de golfe, sem restrições de acesso)</p>	<p>Tratamento secundário com filtração¹ e desinfecção</p>
Médio	<p>Contato direto acidental (contacto direto não aconselhável)</p>	<p>Suporte de ecossistemas</p> <p>Aplicações industriais</p> <p>Produção de ApR</p> <p>Água de arrefecimento ou produção energética</p> <p>Rega com água de classes B e C (incluindo rega paisagística ou florestal, com acesso restrito, rega de culturas consumidas em cru, que crescem acima do solo, e em que a parte consumível não está em direto contacto com a água, rega de culturas agrícolas destinadas a processamento e de culturas agrícolas não destinadas ao consumo humano, incluindo culturas destinadas ao consumo animal, produção de leite ou carne, rega de parques desportivos, tais como campos de golfe, com restrições de acesso)</p>	<p>Tratamento secundário e desinfecção</p>
Baixo	<p>Proibido contacto direto</p>	<p>Rega com água de classes D e E (incluindo produção de sementes, tais como sementes para uso industrial ou produção de energia e rega paisagística ou florestal de áreas sem acesso público)</p> <p>Quaisquer usos industriais que não envolvam risco de contacto direto</p>	<p>Tratamento secundário (pode incluir sistemas de coagulação/floculação ou lagoas de estabilização)</p>

¹ Pode incluir micro, ultra ou nanofiltração, osmose inversa

6.2. CODIFICAÇÃO (EQUIPAMENTOS PARA USO DE APR)

As tubagens e equipamentos para utilização com ApR devem ser devidamente assinalados para evitar usos indevidos da água e ligações cruzadas entre os sistemas de abastecimento de água ou de drenagem de águas residuais.

Apesar da cor violeta ou fúchsia ser utilizada por diversos países, a mesma não é universalmente aceite, dada a multiplicidade de tradições, regulamentos e legislações específicas nas várias regiões do mundo relativas à utilização de sinalética e codificação de cores para as múltiplas infraestruturas existentes, tais como sistemas de águas e esgotos, eletricidade, gás, telecomunicações, dados, etc. Por exemplo, em Portugal, de acordo com a norma NP 186, de 1966, determina que a cor violeta se destina a condutas para transporte de produtos químicos (ácidos e alcalis).

Deste modo, a nível nacional tem de ser avaliada a disponibilidade para a utilização de determinada cor para este tipo de equipamento e posteriormente adotada, e.g., a nível de regulamento predial de distribuição de água e drenagem de águas residuais.

6.3. INFORMAÇÃO AO PÚBLICO E TRABALHADORES DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE APR

O RJApR estabelece que nos locais de produção e utilização de água para reutilização deve ser colocada informação e sinalética adequada. Assim, a Portaria n.º 266/2019, de 26 de agosto, procede à uniformização do símbolo de identificação de água para reutilização e da informação a disponibilizar ao público e aos trabalhadores, que operam nos locais de produção e de utilização desta água. De acordo com o disposto na portaria acima indicada, na Figura 33 apresenta-se o símbolo a utilizar para a identificação de ApR.



Água para Reutilização

Figura 33: Simbologia para identificação de ApR

As zonas com utilização de ApR, para usos próprios ou por terceiros, também devem estar devidamente assinaladas com sinaléticas adequadas às situações existentes. Da Figura 34 à Figura 40 apresentam-se as diversas simbologias a utilizar em função dos vários tipos de uso.



Figura 34: Simbologia a utilizar nos locais e produção de ApR



<p>Para conservar a água natural é usada In order to conserve water</p>	 <p>Água para Reutilização Water reuse</p>
<p>Grau de qualidade Level of Water quality</p>	<p>*** - Elevado (High)</p>
<p>Barreiras Barriers</p>	<p>(descrição)</p>
<p>Aplicação Use to</p>	<p>Rega sem restrição de acesso⁽¹⁾ Irrigation without access restriction</p>
<p>Precauções Pay attention</p>	 <p>Água imprópria para consumo Do not Drink</p>
<p>Cuidados Precautions</p>	<p>Lave as mãos após contacto com a água Wash hands after contacting</p>

Figura 35: Simbologia a utilizar quando a qualidade da ApR é de Classe A ou B, nos termos definidos no Anexo I e para os usos definidos, no mesmo anexo, para as situações em que não existam restrições de acesso

¹ Adequar em função do uso em causa)

Caso existam restrições de acesso, o quadro apresentado na Figura 35 deverá ser completado com a informação descrita na Figura 36.

Precauções Pay attention	 Proibido o acesso entre as 00:00 e as 6:00 Access prohibited between 00:00 and 06:00 AM ⁽¹⁾
-----------------------------	---

Figura 36: Simbologia adicional a utilizar quando a qualidade da ApR é de Classe A ou B, descrita no Anexo I e para os usos definidos, no mesmo anexo, para as situações em que existam restrições de acesso

¹ Adequar em função do horário




Para conservar a água natural é usada In order to conserve water	 Água para Reutilização Water reuse
Grau de qualidade Level of Water quality	** - Médio (Medium)
Barreiras Barriers	<i>(descrição)</i>
Aplicação Use to	Rega com restrição de acesso ⁽¹⁾ Irrigation without access restriction
Precauções Pay attention	 Água imprópria para consumo Do not Drink  Proibido o acesso entre as 00:00 e as 6:00 Access prohibited between 00:00 and 06:00 AM ⁽²⁾
Cuidados Precautions	Lave as mãos após entrar em contacto Wash hands after contacting

Figura 37: Simbologia a utilizar quando a qualidade da ApR é de Classe B ou C descrita no Anexo I e para os usos definidos no mesmo anexo, para as situações com restrição de acesso

¹ Adequar ao uso em causa, ² Adequar ao horário




<p>Para conservar a água natural é usada In order to conserve water</p>	 <p>Água para Reutilização Water Reuse in use</p>
<p>Grau de qualidade Level of Water quality</p>	<p>** - Médio (Medium)</p>
<p>Aplicação Use to</p>	<p>Enchimento de lago paisagístico</p>
<p>Precauções Pay attention</p>	 <p>Água imprópria para consumo Do not drink</p>  <p>Proibido nadar Do not swim</p>
<p>Cuidados Precautions</p>	<p>Lave as mãos após entrar em contacto Wash hands after contacting</p>

Figura 38: Simbologia a utilizar quando a qualidade da ApR é de Classe B ou C, descrita Anexo I, destinada a enchimento de lagos paisagísticos ou outros reservatórios acessíveis




<p>Para conservar a água natural é usada In order to conserve water</p>	 <p>Água para Reutilização Water Reuse in use</p>
<p>Grau de qualidade Level of Water quality</p>	<p>* - Baixo (Low)</p>
<p>Barreiras Barriers</p>	<p>(descrição)</p>
<p>Aplicação Use to</p>	<p>Rega florestal sem acesso público⁽¹⁾</p>
<p>Precauções Pay Attention</p>	 <p>Água imprópria para consumo Do not Drink</p>  <p>Proibido o acesso / proibido o acesso entre as 00:00 e as 6:00 Access prohibited / Access prohibited between 00:00 and 06:00 AM ⁽²⁾</p>
<p>Cuidados Precautions</p>	<p>Lave as mãos após entrar em contacto Wash hands after contacting</p>

Figura 39: Simbologia a utilizar quando a qualidade da ApR é de Classe D, e ou F, descrita no Anexo I e para os usos definidos, no mesmo anexo, com acesso público limitado ou mesmo interdito

¹ Adequar ao uso em causa, ² Adequar ao horário)



Figura 40: Simbologia a utilizar nos equipamentos utilizados para a lavagem de ruas e de recipientes de recolha de resíduos

Para além da informação acima devem ser levadas a cabo campanhas de divulgação da prática e ações de sensibilização para promover um debate esclarecido sobre as questões inerentes ao uso de águas residuais tratadas e de interesse público e consequentemente incrementar a aceitação pública.

Quanto aos trabalhadores dos sistemas de produção de ApR e de aplicação das mesmas devem ser promovidas ações de formação no contexto da higiene e segurança no trabalho que visem a adoção de práticas e comportamentos seguros para minimização ou mitigação dos riscos de contacto indevidos, à semelhança do que já é realizado no âmbito da gestão de estações de tratamento de água residuais.

7. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DE METODOLOGIAS SEMI-QUANTITATIVAS DE AVALIAÇÃO DO RISCO

Neste capítulo apresentam-se três casos práticos que pretendem ilustrar a forma como se aplicam as metodologias semi-quantitativas para a avaliação do risco. São apresentados dois exemplos de avaliação do risco para a saúde (exemplos A e B) e outro para os recursos hídricos (exemplo C). Os exemplos apresentados constituem situações não coincidentes com casos reais, uma vez que os projetos de reutilização já existentes em Portugal, não foram suportados, nem aprovados com base nos métodos descritos no presente guia. Dado tratarem-se de meros exemplos, não contemplam a totalidade de cenários de exposição passíveis de ocorrer em ambiente urbano ou rural.

Estes exemplos pretendem apenas demonstrar a forma de aplicação dos modelos semi-quantitativos de avaliação do risco para a saúde e recursos hídricos.

Apesar destas situações teóricas poderem ser elucidativas de algumas componentes de verdadeiros casos práticos, não deverão ser encaradas como um processo exaustivo de avaliação do risco. Conforme referido no subcapítulo 3.3, a definição de cenários deverá ser efetuada caso-a-caso e ser o mais completa possível e ser demonstrativa de todas as possíveis situações de exposição dos recetores à ApR, independentemente da respetiva probabilidade de ocorrência. Os cenários considerados, à partida, como absurdos poderão ser excluídos, desde que devidamente justificados. Este procedimento permite a incorporação de considerandos relativos a incertezas na avaliação e consequentemente aumentar a confiança nos resultados da própria avaliação do risco.

Estes exemplos não deverão ser encarados como instrumentos tipificados para aplicação das metodologias semi-quantitativas de avaliação do risco. O processo de definição e caracterização de cenários deve ser sempre efetuado caso-a-caso.

Exemplo A: Rega de espaço verde urbano (avaliação de risco sobre a saúde)

O exemplo baseia-se num jardim urbano, com espaços relvados e alguma vegetação arbórea, zonas de descanso (mobiliário urbano, tipo bancos de jardim), em cuja envolvente se encontra uma escola e jardim-de-infância e uma zona habitacional, sendo que estes equipamentos se situam a menos de 70 metros do ponto de rega mais próximo. O jardim não tem quaisquer restrições de acesso, sendo uma zona de lazer para pessoas e animais de companhia. A rega do mesmo é efetuada durante o período diurno, por aspersão. Na Figura 41 encontra-se um esquema da área em causa.

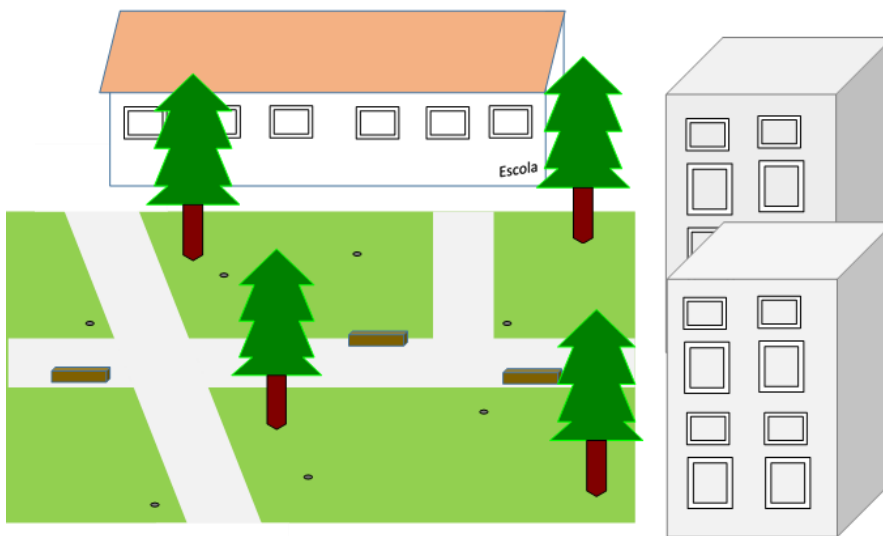


Figura 41: Exemplo A – Rega de um jardim urbano

A proposta para o projeto de reutilização baseia-se na produção e aplicação de uma ApR com um teor de *Escherichia coli* entre 10^3 a 10^4 ufc/100 mL. As ApR são produzidas, num sistema centralizado, através de desinfecção por radiação ultravioleta de águas residuais tratadas a um nível secundário.

Tendo em conta o exposto, as barreiras implementadas no jardim eventualmente a considerar são: a rega por aspersão e o horário de rega. Não se considera a cortina arbórea, uma vez que a vegetação existente é dispersa.

Apresenta-se seguidamente a aplicação da metodologia de avaliação de risco semi-quantitativa para a saúde, em concordância com o disposto no subcapítulo 3.3.1 e no Anexo II:

I. Identificação de perigos

O perigo identificado é o conteúdo microbiológico das ApR e para a respetiva classificação do é usado o indicador *Escherichia coli* e o respetivo teor, que de acordo com o exemplo se situa

entre 10^3 a 10^4 ufc/100 mL. A metodologia semi-quantitativa utilizada, similar à do Anexo II, é suportada na escala proposta por Saaty⁵ para níveis de importância, apresentada na Tabela 34.

Tabela 34: Tabela do nível importância (Saaty, 1980)

Nível de importância	Fator de importância (fi)
Importância baixa	1
Importância fraca	3
Importância essencial ou forte	5
Importância demonstrada	7
Importância absoluta	9
Importâncias intermédias entre dois níveis de decisão	2, 4, 6 ou 8

O risco associado a cada recetor é depois determinado pelo produto entre o perigo, a vulnerabilidade do recetor e os danos associados. Para efeitos considera-se como perigo, a presença de microrganismos patogénicos (*E. coli*) em águas residuais tratadas, de origem urbana, destinadas à reutilização para fins não potáveis (rega, exceto forragens e pastagens) e são atribuídos cinco níveis de perigo, em função do nível de tratamento instalado, conforme ilustra a Tabela 35 e no Anexo II.

Tabela 35: Níveis de perigo (adaptado de Rebelo, 2018)

Tipo de tratamento	Nível	Presença de <i>E. coli</i>	Classificação
SEC	V	$\geq 10^4$	9
SEC+desinfecção	IV	$10^3 < E. coli < 10^4$	7
Avançado	III	$10^2 < E. coli \leq 10^3$	5
SEC+desinfecção+pós-cloragem	II	$10^1 < E. coli \leq 10^2$	3
Avançado+pós-cloragem	I	$E. coli \leq 10^1$	1

Assim o valor do exemplo em análise traduz-se no fator de importância “importância demonstrada”, ou seja, o Perigo (P) é igual a 7.

II. Identificação das vias de exposição

As três vias gerais a considerar são a ingestão, a inalação e a adsorção.

⁵ Saaty, T.L. (1980) The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation, McGraw-Hill, New York, NY.

Os recetores são as pessoas, os animais domésticos e a vegetação do próprio jardim.

Os recetores e as respetivas vias encontram-se descritos na Tabela 36.

Tabela 36: Identificação de vias de exposição diretas por recetor para a rega de espaços verdes de uso público

Recetores			
Vias de exposição	Homem	Animais domésticos	Vegetação paisagística
Ingestão	x	x	
Inalação	x	x	
Adsorção	x	x	x

Para efeitos de proteção da saúde, as vias de exposição efetivamente a considerar são:

- Ingestão, inalação e adsorção diretas;
- Ingestão, inalação e adsorção indiretas, por exemplo por via do contacto com animais domésticos, sendo que em cada caso se devem aferir as diferentes possibilidades;
- Adsorção indireta, por exemplo por via de contacto com a vegetação do jardim, sendo que em cada caso se devem aferir as diferentes possibilidades.

A cada cenário de exposição, em função da disponibilidade de dados, é também possível atribuir uma dada importância, conforme se ilustra na Tabela 37.

Tabela 37: Fatores de importância associados a cenários de exposição (adaptado de Rebelo, 2018)

Fator de importância	Observações
9	Via de infeção demonstrada
7	Via de infeção possível
5	Eventual via de infeção (possíveis casos de contaminação)
3	Ausência de dados sobre a via de infeção
1	Ausência de via de infeção demonstrada

A cada via de exposição é atribuído o respetivo fator de importância, de acordo com a metodologia proposta no Anexo II, descrito na



Água para Reutilização

Tabela 38.

Tabela 38: Fatores de importância aplicáveis a cada via de exposição

Via de Exposição	Homem	Justificação
Ingestão direta	9	Deve ser sempre considerada como via de importância absoluta
Ingestão indireta (via animais domésticos)	9	
Inalação direta	9	Deve ser sempre considerada como via de importância absoluta em sistemas de rega por aspersão
Inalação indireta (via animais domésticos)	9	
Adsorção direta	3	Pode ser considerada como via de fraca importância devido à ausência de dados de doença ou infeção através desta via
Adsorção indireta (via animais domésticos)	3	
Adsorção indireta (via vegetação)	3	

III. Identificação dos cenários de exposição

Dada a tipologia de espaço urbano, uma larga variabilidade de cenários poderia ser considerada. Contudo, e uma vez que apenas se pretende demonstrar o modo de aplicabilidade da metodologia semi-quantitativa descrita no Anexo II e não a elaboração de um processo completo de avaliação de risco, para o exemplo em apreço apenas se consideraram alguns cenários mais clássicos:

- a. Ingestão inadvertida durante a rega (via direta);
- b. Ingestão intencional a partir do sistema de rega (via direta);
- c. Ingestão a partir do contacto com animais de companhia (via indireta);
- d. Inalação de microgotículas durante a rega (via direta);
- e. Inalação de microgotículas a partir de animais de companhia (via indireta);
- f. Adsorção por contacto com vegetação (via direta);
- g. Adsorção por contacto com mobiliário urbano (via direta);
- h. Adsorção por contacto com sistema de rega (via direta)
- i. Adsorção por contacto com outras superfícies (via direta);
- j. Adsorção por contacto com animais de companhia (via indireta)
- k. Adsorção pelo contacto da vegetação com pessoas (via indireta).

Para efeitos de cenarização considera-se ainda que os recetores humanos se dividem em três grupos, de acordo com a faixa etária: crianças e adolescentes, adultos e idosos. A cada um dos cenários acima identificados (de a. a k.) considera-se a ocorrência de exposição em três locais distintos, nomeadamente na zona habitacional, no jardim e na escola e jardim-de-infância. Na Tabela 39

apresentam-se os fatores de importância associados a cada cenário por recetor (crianças e adolescentes) e por local.

Tabela 39: Fatores de importância associados a cada cenário por recetor (**crianças e adolescentes**) e por local

Cenário de exposição	Fator de importância	Justificação
Zona habitacional		
a	8	Entre importância demonstrada e absoluta, pois em situações favoráveis de vento pode ocorrer exposição
b	1	Importância baixa, uma vez que o sistema de rega não se localiza na zona habitacional
c	7	Importância demonstrada por contacto direto com os animais que estiveram recentemente no parque
d	8	Entre importância demonstrada e absoluta, pois em situações favoráveis de vento pode ocorrer exposição
e	3	Importância fraca por contacto direto com os animais que estiveram recentemente no parque. Não há conhecimento de casos de infeção por ApR através desta via
f	2	Entre importância baixa a fraca, pois apesar da vegetação não se localizar na zona habitacional pode ser transportada para a mesma (e.g. em flores)
g	1	Importância baixa, uma vez que o mobiliário urbano não se localiza na zona habitacional
h	1	Importância baixa, uma vez que o sistema não se localiza na zona habitacional
i	1	Importância baixa, uma vez que as superfícies não se localizam na zona habitacional
j	3	Importância fraca por contacto direto com os animais que estiveram recentemente no parque. Não há conhecimento de casos de infeção por ApR através desta via
k	2	Entre importância baixa a fraca, pois apesar da vegetação não se localizar na zona habitacional pode ser transportada para a mesma (e.g. em flores)

Cenário de exposição	Fator de importância	Justificação
Jardim e área circundante		
a	9	Importância absoluta. É muito provável acontecer
b	9	Importância absoluta. É muito provável acontecer, em particular com crianças (jogos com água)
c	9	Importância absoluta. É muito provável acontecer, em particular com crianças (contacto direto com os animais)
d	9	Importância absoluta. Pode ocorrer
e	5	Importância essencial. Pode ocorrer por contacto direto com animais molhados
f	4	Entre importância fraca e essencial. Não há casos de doença confirmados, mas pode ocorrer por contacto com a vegetação molhada
g	4	Entre importância fraca e essencial. Não há casos de doença confirmados, mas pode ocorrer por contacto com o mobiliário
h	4	Entre importância fraca e essencial. Não há casos de doença confirmados, mas pode ocorrer por contacto com o sistema de rega
i	4	Entre importância fraca e essencial. Não há casos de doença confirmados, mas pode ocorrer por contacto com outras superfícies
j	4	Entre importância fraca e essencial. Não há casos de doença confirmados, mas pode ocorrer por contacto com os animais molhados
k	4	Entre importância fraca e essencial. Não há casos de doença confirmados, mas pode ocorrer por contacto com a vegetação molhada

Cenário de exposição	Fator de importância	Justificação
Escola e jardim-de-infância		
a	8	Entre importância demonstrada e absoluta, pois em situações favoráveis de vento pode ocorrer exposição
b	1	Importância baixa, uma vez que o sistema de rega não se localiza na escola
c	6	Entre importância essencial e demonstrada, por contacto direto com os animais que estiveram recentemente no parque, apesar de ser menos provável a permanência de animais na escola
d	8	Entre importância demonstrada e absoluta, pois em situações favoráveis de vento pode ocorrer exposição
e	2	Entre importância baixa a fraca, por contacto direto com os animais que estiveram recentemente no parque. Não há conhecimento de casos de infeção por esta via (por ApR). Baixa a média probabilidade de permanência de animais na escola
f	2	Entre importância baixa a fraca, pois apesar da vegetação não se localizar na escola pode ser transportada para a mesma (e.g. em flores)
g	1	Importância baixa, uma vez que o mobiliário não se localiza na escola
h	1	Importância baixa, uma vez que o sistema não se localiza na escola
i	1	Importância baixa, uma vez que as superfícies não se localizam na escola
j	3	Importância fraca, por contacto direto com os animais que estiveram recentemente no parque. Não há conhecimento de casos de infeção por ApR através desta via. Baixa a média probabilidade de permanência de animais na escola
k	2	Entre importância baixa a fraca, pois apesar da vegetação não se localizar na escola pode ser transportada para a mesma (e.g. em flores)

A vulnerabilidade de cada recetor (V_{Recetor}) é determinada a partir da seguinte expressão, normalizada à situação mais crítica conforme indicado na equação (5):

$$V_{\text{Recetor}} = \frac{\sum (f_{i \text{ Via exp}} \times f_{i \text{ Cen exp}})}{f_{\text{normalização}}} \quad (5)$$

e

$$f_{\text{normalização}} = f_{i \text{ max}} \times \sum (f_{i \text{ via exp}} \times n.^{\circ} \text{ cen exp}_i) \quad (6)$$

Em que,

$f_{i \text{ Via exp}}$ – Fator de importância de cada via de exposição considerada

$f_{iCen\ exp}$ – Fator de importância de cada cenário de exposição considerado

$f_{normalização}$ – Fator de normalização

f_{imax} – Valor máximo da escala de fatores de importância ($f_{imax} = 9$)

$n.^{\circ} cen\ exp_i$ - $n.^{\circ}$ de cenários de exposição aplicável a cada recetor

Da aplicação da equação acima indicada, obtém-se para este recetor (crianças e adolescentes) uma vulnerabilidade de 0,570.

Na Tabela 40 apresentam-se os fatores de importância associados a cada cenário por recetor (adultos) e por local.

Tabela 40: Fatores de importância associados a cada cenário por recetor (**adultos**) e por local

Cenário de exposição	Fator de importância	Justificação
Zona habitacional		
a	8	Entre importância demonstrada e absoluta, pois em situações favoráveis de vento pode ocorrer exposição
b	1	Importância baixa, uma vez que o sistema de rega não se localiza na zona habitacional
c	5	Importância essencial, por contacto direto com os animais que estiveram recentemente no parque. De um modo geral, os adultos são menos sensíveis que as crianças
d	7	Importância demonstrada, pois em situações favoráveis de vento pode ocorrer exposição. De um modo geral, os adultos são menos sensíveis que as crianças
e	1	Importância baixa, por contacto direto com os animais que estiveram recentemente no parque. Não há conhecimento de casos de infeção por ApR através desta via. De um modo geral, os adultos são menos sensíveis que as crianças
f	2	Entre importância baixa a fraca, pois apesar da vegetação não se localizar na zona habitacional pode ser transportada para a mesma (e.g. em flores)
g	1	Importância baixa, uma vez que o mobiliário urbano não se localiza na zona habitacional
h	1	Importância baixa, uma vez que o sistema não se localiza na zona habitacional
i	1	Importância baixa, uma vez que as superfícies não se localizam na zona habitacional
j	2	Entre importância baixa a fraca, por contacto direto com os animais que estiveram recentemente no parque. Não há conhecimento de casos de infeção por ApR através desta via
k	2	Entre importância baixa a fraca, pois apesar da vegetação não se localizar na zona habitacional pode ser transportada para a mesma (e.g. em flores)

Cenário de exposição	Fator de importância	Justificação
Jardim e área circundante		
a	9	Importância absoluta. É muito provável ocorrer
b	5	Importância essencial ou forte. Os adultos não tendem a ingerir água dos sistemas de rega
c	7	Importância demonstrada, por contacto direto com os animais
d	9	Importância absoluta. Pode ocorrer
e	5	Importância essencial. Pode ocorrer por contacto direto com animais molhados
f	4	Entre importância fraca a essencial. Não há casos de doença confirmados por ApR através desta via mas pode ocorrer por contacto com a vegetação molhada
g	4	Entre importância fraca a essencial. Não há casos de doença confirmados por esta via (por ApR), mas pode ocorrer por contacto com o mobiliário urbano
h	4	Entre importância fraca a essencial. Não há casos de doença confirmados por ApR através desta via mas pode ocorrer por contacto com o sistema de rega
i	4	Entre importância fraca a essencial. Não há casos de doença confirmados por ApR através desta via mas pode ocorrer por contacto com outras superfícies
j	4	Entre importância fraca a essencial. Não há casos de doença confirmados por ApR através desta via mas pode ocorrer por contacto com os animais
k	4	Entre importância fraca a essencial. Não há casos de doença confirmados por ApR através desta via mas pode ocorrer por contacto com a vegetação molhada

Cenário	Fator de importância	Justificação
Escola e jardim-de-infância		
a	8	Entre importância demonstrada e absoluta, pois em situações favoráveis de vento pode ocorrer exposição
b	1	Importância baixa, uma vez que o sistema de rega não se localiza na escola
c	5	Importância essencial, por contacto direto com os animais que estiveram recentemente no parque, apesar de ser menos provável a permanência de animais na escola. De um modo geral, os adultos são menos sensíveis que as crianças
d	7	Importância demonstrada, pois em situações favoráveis de vento pode ocorrer exposição. De um modo geral, os adultos são menos sensíveis que as crianças
e	1	Importância fraca, por contacto direto com os animais que estiveram recentemente no parque. Não há conhecimento de casos de infeção por ApR através desta via. De um modo geral, os adultos são menos sensíveis que as crianças
f	2	Entre importância baixa a fraca, pois apesar da vegetação não se localizar na escola pode ser transportada para a mesma (e.g. em flores)
g	1	Importância baixa, uma vez que o mobiliário urbano não se localiza na escola
h	1	Importância baixa, uma vez que o sistema não se localiza na escola
i	1	Importância baixa, uma vez que as superfícies não se localizam na escola
j	2	Entre importância baixa a fraca, por contacto direto com os animais que estiveram recentemente no parque. Não há conhecimento de casos de infeção por esta via (por ApR). Baixa a média probabilidade a permanência de animais na escola. De um modo geral, os adultos são menos sensíveis que as crianças
k	2	Entre importância baixa a fraca, pois apesar da vegetação não se localizar na escola pode ser transportada para a mesma (e.g. em flores)

Da aplicação da equação (acima incluída, obtém-se para este recetor (adultos) uma vulnerabilidade de 0,492.

Na

Tabela 41 apresentam-se os fatores de importância associados a cada cenário por recetor (**idosos**) e por local.

Tabela 41: Fatores de importância associados a cada cenário por recetor (**idosos**) e por local

Cenário	Fator de importância	Justificação
Zona habitacional		
a	8	Entre importância demonstrada e absoluta, pois em situações favoráveis de vento pode ocorrer exposição
b	1	Importância baixa, uma vez que o sistema de rega não se localiza na zona habitacional
c	7	Importância demonstrada, por contacto direto com os animais que estiveram recentemente no parque
d	8	Entre importância demonstrada e absoluta, pois em situações favoráveis de vento pode ocorrer exposição
e	3	Importância fraca, por contacto direto com os animais que estiveram recentemente no parque. Não há conhecimento de casos de infeção por esta via (por ApR)
f	2	Entre importância baixa a fraca, pois apesar da vegetação não se localizar na zona habitacional pode ser transportada para a mesma (e.g. em flores)
g	1	Importância baixa, uma vez que o mobiliário urbano não se localiza na zona habitacional
h	1	Importância baixa, uma vez que o sistema não se localiza na zona habitacional
i	1	Importância baixa, uma vez que as superfícies não se localizam na zona habitacional
j	3	Importância fraca, por contacto direto com os animais que estiveram recentemente no parque. Não há conhecimento de casos de infeção por esta via (por ApR)
k	2	Entre importância baixa a fraca, pois apesar da vegetação não se localizar na zona habitacional pode ser transportada para a mesma (e.g. em flores)

Cenário	Fator de importância	Justificação
Jardim e área circundante		
a	9	Importância absoluta. É muito provável ocorrer
b	5	Importância essencial ou forte. Os idosos não tendem a ingerir água dos sistemas de rega
c	9	Importância absoluta. É muito provável ocorrer por contacto direto com os animais
d	9	Importância absoluta. Pode ocorrer
e	5	Importância essencial. Pode ocorrer por contacto direto com animais molhados
f	4	Entre importância fraca e essencial. Não há casos de doença confirmados por esta via (por ApR), mas pode ocorrer por contacto com a vegetação molhada
g	4	Entre importância fraca e essencial. Não há casos de doença confirmados por esta via (por ApR), mas pode acontecer por contacto com o mobiliário
h	4	Entre importância fraca e essencial. Não há casos de doença confirmados, mas pode acontecer por contacto com o sistema de rega
i	4	Entre importância fraca e essencial. Não há casos de doença confirmados por esta via (por ApR), mas pode acontecer por contacto com outras superfícies
j	4	Entre importância fraca e essencial. Não há casos de doença confirmados por esta via (por ApR), mas pode acontecer por contacto com os animais
k	4	Entre importância fraca e essencial. Não há casos de doença confirmados por esta via (por ApR), mas pode acontecer por contacto com a vegetação molhada

Cenário	Fator de importância	Justificação
Escola e jardim-de-infância		
a	5	Importância demonstrada. Em situações favoráveis de vento pode ocorrer exposição, apesar da baixa probabilidade da presença de idosos na escola
b	1	Importância baixa, uma vez que o sistema de rega não se localiza na escola
c	2	Entre importância baixa a fraca, por contacto direto com os animais que estiveram recentemente no parque, apesar da baixa probabilidade da permanência de idosos e animais na escola, em simultâneo
d	5	Importância essencial. Em situações favoráveis de vento pode ocorrer, apesar da baixa probabilidade da permanência de idosos na escola
e	1	Importância baixa, por contacto direto com os animais que estiveram recentemente no parque. Não há conhecimento de casos de infeção por esta via (por ApR). Baixa probabilidade da permanência de idosos e animais na escola, em simultâneo
f	1	Entre importância baixa a fraca, pois apesar da vegetação não se localizar na escola pode ser transportada para a mesma (e.g. em flores). Baixa probabilidade da permanência de idosos e animais na escola, em simultâneo
g	1	Importância baixa, uma vez que o mobiliário urbano não se localiza na escola
h	1	Importância baixa, uma vez que o sistema não se localiza na escola
i	1	Importância baixa, uma vez que as superfícies não se localizam na escola
j	1	Importância baixa, por contacto direto com os animais que estiveram recentemente no parque. Não há conhecimento de casos de infeção por esta via (por ApR). Baixa probabilidade da permanência de idosos e animais na escola, em simultâneo
k	1	Entre importância baixa a fraca, pois apesar da vegetação não se localizar na escola pode ser transportada para a mesma (e.g. em flores). Baixa probabilidade da permanência de idosos na escola

Da aplicação da equação acima incluída, obtém-se para este recetor (idosos) uma vulnerabilidade de 0,483.

IV. Determinação do dano

O dano associado à totalidade das barreiras implantadas é determinado pela aplicação da equação (7):

$$\text{Dano} = \frac{\sum(d_i \times n)}{f_{\text{normalização}}} \quad (7)$$

onde n representa o número de barreiras equivalentes, conforme descrito na Norma ISO 16075-2:2015 e $f_{\text{normalização}}$, é um fator de normalização dado pela expressão:

$$f_{\text{normalização}} = f_{i_{\text{max}}} \times n \quad (8)$$

Para o efeito as barreiras a considerar, de acordo com o previsto na Tabela 7, do subcapítulo 3.3.1.1.1, são:

- Rega por aspersão a distâncias superiores a 70 m de áreas residenciais ou espaços de uso público;
- Restrição de acesso durante as horas de rega em áreas públicas, de lazer ou desportivas (e.g., rega noturna).

Conforme explanado no Anexo II, os danos parciais (d_i) são obtidos a partir da matriz priorizada da Figura 42:

		Probabilidade de falha na barreira				
		Rara	Pouco provável	Possível	Provável	Quase certa
		1	2	3	4	5
Severidade dos danos	Insignificante	1	1	2	2	3
	Fraco	1	2	4	4	5
	Moderado	2	4	4	6	7
	Forte	2	4	6	8	9
	Severo	3	5	7	9	9

Figura 42: Matriz de determinação do dano parcial priorizado (adaptado de Rebelo, 2018)

Assim, para o exemplo em causa, e uma vez que a distância entre os aspersores e a zona habitacional e equipamento escolar é inferior a 70 m e a rega é efetuada em período diurno, para ambas as barreiras é considerada uma probabilidade de falha na barreira “quase certa” e uma severidade de danos de nível “severo”, que se traduz num dano parcial de importância absoluta, ou seja igual a 9. Deste modo, pela aplicação da equação (6), obtém-se um dano (D) igual a 1,0.

V. Caraterização do risco

O valor de risco por recetor é dado pela equação (9) e o risco global pela equação (10):

$$R_{\text{Recetor}} = \text{Perigo} \times V_{\text{Recetor}} \times \text{Dano} \quad (9)$$

e, conseqüentemente o risco global associado a um dado projeto de rega é:

$$R_{\text{Global}} = \frac{\sum R_{\text{Recetor}}}{N_{\text{Recetores}}} \quad (10)$$

Onde $N_{\text{Recetores}}$ representa o número total de recetores considerados.

Conforme indicado no Anexo II, o valor de R_{Global} varia entre um valor acima de zero e um valor máximo de nove, dependendo do número de cenários de exposição e barreiras consideradas. Os respetivos resultados podem ser expressados em três níveis de risco, nomeadamente: desprezável, se R_{Global} for inferior a três, aceitável, quando R_{Global} for maior ou igual que três e menor que sete e inaceitável se R_{Global} for maior ou igual que sete. O facto de que o risco global ser sempre superior a zero traduz a existência de um risco mínimo associado quando se reutilizam águas com origem no tratamento de águas residuais urbanas. Sempre que o risco global seja inaceitável, o processo deverá ser repetido com novas conjugações de barreiras de modo a obter-se um nível desprezável ou aceitável. Quando tal não seja possível, o projeto poderá não apresentar viabilidade.

Para esta proposta de projeto de reutilização, o valor de risco obtido encontra-se descrito na Tabela 42:

Tabela 42: Risco associado à proposta de projeto de reutilização (rega de jardim urbano)

Recetor	Risco	Nível de risco
Crianças e adolescentes	3,99	Aceitável
Adultos	3,44	Aceitável
Idosos	3,38	Aceitável
Risco global	3,60	Aceitável

Deste modo constata-se que o nível de risco parcial por recetor e o risco global situam-se num nível intermédio, numa escala de três níveis, pelo que devem ser aplicadas medidas de prevenção, i.e., aplicadas barreiras para obtenção do menor nível de risco possível.

Assim, dentro das barreiras possíveis pode-se, por exemplo, optar pela imposição de rega noturna, mas em horário ainda passível de ocorrerem eventuais atividades na escola (e.g. atividades extracurriculares, festas, etc.), adição de cortina arbórea em toda a área do jardim (equivale a uma única barreira) ou em alternativa o aumento do nível de desinfecção no sistema de produção de ApR.

Nestas condições mantêm-se os mesmos cenários de exposição previamente considerados e apenas se infere nos valores do dano e/ou do perigo. O dano é recalculado considerando um total de três barreiras, i.e., duas iniciais acrescida da cortina arbórea. A rega por aspersão mantém um valor parcial de importância absoluta, no entanto as outras duas barreiras refletem um valor de importância demonstrada, uma vez que a falha destas barreiras é possível e a severidade dos danos mantém-se elevada. O valor do dano parcial é dado pela matriz da Figura 42.

A reavaliação de risco conduz a novos resultados descritos na Tabela 43:

Tabela 43: Reavaliação de risco considerando três barreiras

Norma de qualidade / ufc/100 mL	Perigo	Recetor	Vulnerabilidade	Dano	Risco	Nível de risco
$10^3 < E. coli \leq 10^4$	7	Crianças e adolescentes	0,570	0,852	3,40	Aceitável
		Adultos	0,492		2,93	Desprezável
		Idosos	0,483		2,88	Desprezável
		Risco Global			3,07	Aceitável
$10^2 < E. coli \leq 10^3$	5	Crianças e adolescentes	0,570	0,852	2,43	Desprezável
		Adultos	0,492		2,10	Desprezável
		Idosos	0,483		2,06	Desprezável
		Risco Global			2,19	Desprezável
$10^1 < E. coli \leq 10^2$	3	Crianças e adolescentes	0,570	0,852	1,46	Desprezável
		Adultos	0,492		1,26	Desprezável
		Idosos	0,483		1,23	Desprezável
		Risco Global			1,32	Desprezável
$E. coli \leq 10^1$	1	Crianças e adolescentes	0,570	0,852	0,485	Desprezável
		Adultos	0,492		0,419	Desprezável
		Idosos	0,483		0,412	Desprezável
		Risco Global			0,439	Desprezável

Se não se considerar a implementação de cortina arbórea, a reavaliação de risco conduz aos resultados apresentados na Tabela 44, onde se constata que esta barreira não reduz significativamente o risco.

Tabela 44: Reavaliação de risco considerando duas barreiras (sem cortina arbórea)

Norma de qualidade / ufc/100 mL	Perigo	Recetor	Vulnerabilidade	Dano	Risco	Nível de risco
$10^3 < E. coli \leq 10^4$	7	Crianças e adolescentes	0,570	0,889	3,54	Aceitável
		Adultos	0,492		3,06	Aceitável
		Idosos	0,483		3,01	Aceitável
		Risco Global			3,20	Aceitável
$10^2 < E. coli \leq 10^3$	5	Crianças e adolescentes	0,570	0,889	2,53	Desprezável
		Adultos	0,492		2,19	Desprezável
		Idosos	0,483		2,15	Desprezável
		Risco Global			2,29	Desprezável
$10^1 < E. coli \leq 10^2$	3	Crianças e adolescentes	0,570	0,889	1,52	Desprezável
		Adultos	0,492		1,31	Desprezável
		Idosos	0,483		1,29	Desprezável
		Risco Global			1,37	Desprezável
$E. coli \leq 10^1$	1	Crianças e adolescentes	0,570	0,889	0,506	Desprezável
		Adultos	0,492		0,437	Desprezável
		Idosos	0,483		0,430	Desprezável
		Risco Global			0,458	Desprezável

A barreira relativa à rega noturna pode ainda ser reavaliada se se considerar que a rega ocorre durante um período em que não há permanência de pessoas na escola e no jardim-de-infância. Neste caso, torna-se necessário reavaliar os cenários de exposição relativos a este equipamento. O novo cenário encontra-se descrito na Tabela 45 e é similar para os três recetores, atendendo à ausência de pessoas na escola, durante a rega. Os restantes mantêm-se uma vez que, apesar da diminuição de pessoas no jardim durante a noite, este não tem quaisquer restrições de acesso.

Tabela 45: Fatores de importância associados a cada cenário por recetor e por local

Cenário	Fator de importância	Justificação
Escola e jardim-de-infância		
a	5	Importância essencial, pois em situações favoráveis de vento pode ocorrer deposição de gotículas e a entrada na escola de pessoas ocorre num espaço temporal inferior a 24h
b	1	Importância baixa, uma vez que o sistema de rega não se localiza na escola
c	2	Entre importância baixa a fraca, por contacto direto com os animais que estiveram recentemente no parque e a entrada na escola de pessoas ocorre num espaço temporal inferior a 24h, apesar de ser menos provável a permanência de animais na escola
d	1	Importância baixa. Durante a rega não há permanência de pessoas na escola
e	1	Importância baixa. Durante a rega não há permanência de pessoas na escola
f	2	Entre importância baixa a fraca, pois apesar da vegetação não se localizar na escola pode ser transportada para a mesma (e.g. em flores), e a entrada na escola de pessoas ocorre num espaço temporal inferior a 24h
g	1	Importância baixa, uma vez que o mobiliário não se localiza na escola
h	1	Importância baixa, uma vez que o sistema não se localiza na escola
i	1	Importância baixa, uma vez que as superfícies não se localizam na zona habitacional
j	2	Entre importância baixa a fraca, por contacto direto com os animais que estiveram recentemente no parque. Não há conhecimento de casos de infeção por ApR através desta via e a entrada na escola de pessoas ocorre num espaço temporal inferior a 24h
k	2	Entre importância baixa a fraca, pois apesar da vegetação não se localizar na escola pode ser transportada para a mesma (e.g. em flores), e a entrada na escola de pessoas ocorre num espaço temporal inferior a 24h

A reavaliação de risco conduz a novos resultados descritos na

Tabela 46, considerando três barreiras, e na

Tabela 47, onde não se considera a cortina arbórea:

Tabela 46: Reavaliação de risco considerando três barreiras

Norma de qualidade / ufc/100 mL	Perigo	Recetor	Vulnerabilidade	Dano	Risco	Nível de risco
$10^3 < E. coli \leq 10^4$	7	Crianças e adolescentes	0,489	0,852	2,91	Desprezável
		Adultos	0,429		2,56	Desprezável
		Idosos	0,467		2,79	Desprezável
		Risco Global				2,75
$10^2 < E. coli \leq 10^3$	5	Crianças e adolescentes	0,489	0,852	2,08	Desprezável
		Adultos	0,429		1,83	Desprezável
		Idosos	0,467		1,99	Desprezável
		Risco Global				1,97
$10^1 < E. coli \leq 10^2$	3	Crianças e adolescentes	0,489	0,852	1,25	Desprezável
		Adultos	0,429		1,10	Desprezável
		Idosos	0,467		1,19	Desprezável
		Risco Global				1,18
$E. coli \leq 10^1$	1	Crianças e adolescentes	0,489	0,852	0,416	Desprezável
		Adultos	0,429		0,365	Desprezável
		Idosos	0,467		0,398	Desprezável
		Risco Global				0,393

Tabela 47: Reavaliação de risco considerando duas barreiras (sem cortina arbórea)

Norma de qualidade / ufc/100 mL	Perigo	Recetor	Vulnerabilidade	Dano	Risco	Nível de risco
$10^3 < E. coli \leq 10^4$	7	Crianças e adolescentes	0,416	0,889	3,04	Aceitável
		Adultos	0,365		2,67	Desprezável
		Idosos	0,398		2,91	Desprezável
		Risco Global				2,87
$10^2 < E. coli \leq 10^3$	5	Crianças e adolescentes	0,416	0,889	2,17	Desprezável
		Adultos	0,365		1,90	Desprezável
		Idosos	0,398		2,08	Desprezável
		Risco Global				2,05
$10^1 < E. coli \leq 10^2$	3	Crianças e adolescentes	0,416	0,889	1,30	Desprezável
		Adultos	0,365		1,14	Desprezável
		Idosos	0,398		1,25	Desprezável
		Risco Global				1,23
$E. coli \leq 10^1$	1	Crianças e adolescentes	0,416	0,889	0,434	Desprezável
		Adultos	0,365		0,381	Desprezável
		Idosos	0,398		0,415	Desprezável
		Risco Global				0,410

Da análise dos resultados observa-se que a manutenção de um nível de desinfeção inicial (i.e., para valores de *Escherichia coli* entre 10^3 e 10^4 ufc/100 mL conduz, em qualquer das opções de conjugação de multibarreiras, a valores de risco de nível intermédio (aceitável), sendo que para valores de *Escherichia coli* iguais ou inferiores a 10^3 ufc/100 mL, obtém-se sempre valores de risco desprezáveis.

Assim, a solução final, aplicável a este exemplo, deverá passar por um aumento do nível de desinfeção no sistema de produção. A conjugação de barreiras a aplicar e a proposta de norma de qualidade a adotar deverá ser aferida e suportada em função de uma análise de custo benefício.

Exemplo B: Rega de espaço agrícola (avaliação do risco sobre a saúde)

O segundo exemplo contempla a rega com ApR de um pomar de laranjeiras, situado numa exploração agrícola vedada. O sistema de rega é gota-a-gota e não há qualquer construção num raio de 1000 metros. A ApR é proveniente de uma ETAR com nível de tratamento secundário e de um sistema de produção com desinfecção por UV que garante um teor de *Escherichia coli* inferior a 10^4 ufc/100 mL.

Uma vez mais trata-se de um exemplo ilustrativo onde as situações apresentadas poderão não contemplar a totalidade de cenários passíveis de ocorrer num espaço rural similar. A avaliação do risco para este exemplo encontra-se descrita no Anexo II, do presente guia.

Exemplo C: Rega de campo de golfe (avaliação do risco sobre os recursos hídricos)

O terceiro exemplo contempla a rega com ApR de um campo de golfe, situado em zona classificada como vulnerável à poluição por nitratos. Do ponto de vista hidrogeológico o campo situa-se em zonas de infiltração máxima e o aquífero em presença apresenta, na área do campo, uma pequena camada protetora de argila. Salienta-se que este aquífero constitui uma reserva estratégica de água para o abastecimento público, dada a existência de várias captações públicas sobre o mesmo. As massas de água subterrânea e superficial em presença estão classificadas em Bom Estado, de acordo com o descrito no Plano de Gestão de Região Hidrográfica correspondente.

As ApR são oriundas de um sistema de tratamento de águas residuais, de nível secundário com desinfecção e pretende-se avaliar a necessidade de eventual remoção de azoto. Todas as águas residuais tratadas produzidas são encaminhadas para o sistema de distribuição de ApR, não dispondo o primeiro de qualquer capacidade de retenção em caso de anomalia, quer no sistema tratamento, quer no sistema de rega. Os sistemas de distribuição, armazenamento ou aplicação também não apresentam qualquer capacidade de retenção adicional em caso de anomalia e o sistema de aplicação não preconiza a disponibilização de água em função das necessidades hídricas, mas sim apenas dependente de temporizador.

A aplicação da metodologia descrita no subcapítulo 3.3.2 permite avaliar o risco inerente ao sistema de reutilização existente, conforme a seguir se descreve:

I. Identificação dos Perigos

Teor de azoto (N) nas ApR utilizadas para a rega do campo de golfe.

Uma vez que o sistema de tratamento não inclui qualquer remoção de N, o nível de perigo associado (P), de acordo com a Tabela 14 apresenta importância absoluta, i.e., P é igual a 9.

II. Vulnerabilidade dos recursos hídricos

De acordo com a matriz disposta na Figura 26 do subcapítulo 3.3.2.4, a vulnerabilidade afeta às águas subterrâneas apresenta um valor igual a 6 e a vulnerabilidade referente às águas superficiais, um valor igual a 2 (aquífero profundo com camada protetora de argila versus elevada infiltração), de onde, pela aplicação da equação (1), do subcapítulo 3.3.2.4, resulta a seguinte vulnerabilidade para os recursos hídricos e respetivos fatores de ponderação:

- a. $V_{RH} = 5,0$, que de acordo com a Tabela 17 se traduz num fator de importância demonstrada (igual a 7)
- b. $f_{ag\ sub} = 0,75$
- c. $f_{ag\ sup} = 0,25$

III. Barreiras e cenários de exposição

Atendendo a que nenhum dos sistemas (de produção, distribuição, de armazenamento ou aplicação de ApR que representam os quatro cenários de exposição) tem qualquer barreira implementada, considera-se que para cada uma das vias não existe qualquer barreira, pelo que a cada uma destas é atribuído um fator de importância absoluta, ou seja igual a 9.

IV. Vulnerabilidade global

Esta vulnerabilidade integra a vulnerabilidade dos recursos hídricos com as barreiras implementadas e revela um valor de 7,00, pela aplicação da equação (2), do 3.3.2.4.

V. Dano

Atendendo à ausência de barreiras pode considerar-se que a exposição do recurso hídrico é quase certa por cada cenário considerado, pelo que de acordo com a Tabela 20, a mesma apresenta um valor igual a 5. Uma vez que a massa de água subterrânea apresenta bom

estado, um uso definido (reserva para abastecimento público) e está classificada como vulnerável à poluição por nitratos, a severidade dos danos é considerada como forte (igual a 4), de acordo com a Tabela 21. O dano associado a cada cenário (d_i) é igual nas quatro situações consideradas, donde resulta um valor de D igual a 1,00.

O risco global determinado nesta situação, de acordo com a equação (3), do subcapítulo 3.3.2.4 é 7,00, ou seja, num nível inaceitável.

Face ao valor de risco determinado torna-se necessário a gestão do mesmo através da implementação de barreiras e/ou incremento do nível de tratamento das ApR, com vista à remoção de azoto.

Na Tabela 48 apresentam-se os valores da reavaliação de risco decorrentes da implementação de barreiras nos vários cenários de exposição e de uma etapa de remoção de nutrientes (azoto).

Tabela 48: Reavaliação do risco do projeto de reutilização de rega de campo de golfe

Sistema	Barreira/melhoria implementada	Perigo	V _{Global}	Dano	Risco	Nível de risco
Tratamento	Nenhuma	9	7,00	1,00	7,00	Inaceitável
Num dos sistemas (produção, distribuição, armazenamento, aplicação ou aplicação)	Implementação de 1 barreira por sistema (capacidade de retenção parcial/sistema de rega adequado às necessidades hídricas)	9	6,22	0,917	5,70	Aceitável
Em dois sistemas (produção, distribuição, armazenamento, aplicação ou aplicação)	Implementação de 1 barreira por sistema (capacidade de retenção parcial/sistema de rega adequado às necessidades hídricas)	9	5,44	0,833	4,54	Aceitável
Em três sistemas (produção, distribuição, armazenamento, aplicação ou aplicação)	Implementação de 1 barreira por sistema (capacidade de retenção parcial/sistema de rega adequado às necessidades hídricas)	9	4,67	0,750	3,52	Aceitável
Em quatro sistemas (produção, distribuição, armazenamento, aplicação ou aplicação)	Implementação de 1 barreira por sistema (capacidade de retenção parcial/sistema de rega adequado às necessidades hídricas)	9	3,89	0,667	2,59	Desprezável
Tratamento	Etapa de remoção de N ($N \leq 15$ mg/L)	7	7,00	1,00	5,44	Aceitável
Num dos sistemas (produção, distribuição, armazenamento, aplicação ou aplicação)	Implementação de 1 barreira por sistema (capacidade de retenção parcial/sistema de rega adequado às necessidades hídricas)	7	6,22	0,917	4,44	Aceitável
Em dois sistemas (produção, distribuição, armazenamento, aplicação ou aplicação)	Implementação de 1 barreira por sistema (capacidade de retenção parcial/sistema de rega adequado às necessidades hídricas)	7	5,44	0,833	3,53	Aceitável
Em três sistemas (produção, distribuição, armazenamento, aplicação ou aplicação)	Implementação de 1 barreira por sistema (capacidade de retenção parcial/sistema de rega adequado às necessidades hídricas)	7	4,67	0,750	2,72	Desprezável

Sistema	Barreira/melhoria implementada	Perigo	V _{Global}	Dano	Risco	Nível de risco
Em quatro sistemas (produção, distribuição, armazenamento, aplicação ou aplicação)	Implementação de 1 barreira por sistema (capacidade de retenção parcial/sistema de rega adequado às necessidades hídricas)	7	3,89	0,667	2,02	Desprezável
Num dos sistemas (produção, distribuição, armazenamento, aplicação ou aplicação)	Implementação de 1 barreira por sistema (capacidade de retenção parcial/sistema de rega adequado às necessidades hídricas/retenção total no sistema de produção)	7	5,83	0,806	3,65	Aceitável
Em dois sistemas (produção, distribuição, armazenamento, aplicação ou aplicação)	Implementação de 1 barreira por sistema (capacidade de retenção parcial/sistema de rega adequado às necessidades hídricas/retenção total no sistema de produção)	7	5,06	0,722	2,84	Desprezável
Em três sistemas (produção, distribuição, armazenamento, aplicação ou aplicação)	Implementação de 1 barreira por sistema (capacidade de retenção parcial/sistema de rega adequado às necessidades hídricas/retenção total no sistema de produção)	7	4,28	0,639	2,13	Desprezável
Em quatro sistemas (produção, distribuição, armazenamento, aplicação ou aplicação)	Implementação de 1 barreira por sistema (capacidade de retenção parcial/sistema de rega adequado às necessidades hídricas/retenção total no sistema de produção)	7	3,50	0,536	1,51	Desprezável
Tratamento	Etapa de remoção de N (N ≤ 10 mg/L)	3	7,00	1,00	2,33	Aceitável
Num dos sistemas (produção, distribuição, armazenamento, aplicação ou aplicação)	Implementação de 1 barreira por sistema (capacidade de retenção parcial/sistema de rega adequado às necessidades hídricas)	3	6,22	0,917	1,90	Desprezável
Em dois sistemas (produção, distribuição, armazenamento, aplicação ou aplicação)	Implementação de 1 barreira por sistema (capacidade de retenção parcial/sistema de rega adequado às necessidades hídricas)	3	5,44	0,833	1,51	Desprezável
Em três sistemas (produção, distribuição, armazenamento, aplicação ou aplicação)	Implementação de 1 barreira por sistema (capacidade de retenção parcial/sistema de rega adequado às necessidades hídricas)	3	4,67	0,750	1,17	Desprezável
Em quatro sistemas (produção, distribuição, armazenamento, aplicação ou aplicação)	Implementação de 1 barreira por sistema (capacidade de retenção parcial/sistema de rega adequado às necessidades hídricas)	3	3,89	0,667	0,864	Desprezável

Da análise dos resultados observa-se que a adoção do sistema sem qualquer barreira e sem remoção de azoto conduz a um nível de risco inaceitável. Assim, a solução final deverá passar por um aumento do nível de tratamento no sistema de produção, sendo que a remoção de azoto para valores iguais ou inferiores a 10 mg/L conduz às opções de menor nível de risco, pelo que a norma de qualidade a aplicar a este parâmetro deverá coincidir com esse valor. A conjugação de barreiras a adotar deverá ser aferida e suportada em função de uma análise de custo benefício. Salienta-se ainda que dada a natureza dos sistemas de rega adequado às necessidades hídricas, por precaução, considerou-se sempre como provável a ocorrência de falhas nesta barreira.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do presente guia pretendeu-se identificar de forma exaustiva os diversos aspetos a ter em consideração no desenvolvimento de um sistema de reutilização, enquadrado num modelo de gestão do risco e no licenciamento para a produção e utilização da ApR.

Contudo, **a leitura deste documento não dispensa a necessidade de consulta de outra bibliografia especializada**, como por exemplo as normas ISO aplicáveis à reutilização de água, o documento do JRC referente aos requisitos de qualidade mínima para rega agrícola e recarga de aquíferos, o guia da OMS, a guia de 2012 da USEPA, entre outra.

Apesar do documento apresentar alguns exemplos de tecnologias de tratamento disponíveis para a produção de ApR, dada a diversidade de equipamentos e processos disponíveis no mercado, em particular no que concerne a tratamentos avançados, as referidas referências não devem ser usadas como base para o desenvolvimento de projetos, mas sim para comparação de soluções.

O guia apresenta ainda algumas metodologias de avaliação do risco, nomeadamente em termos de métodos semi-quantitativos que **constituem exemplos de ferramentas que podem ser utilizadas** no desenvolvimento de projetos de reutilização, sem prejuízo da utilização de outros processos descritos na literatura, e desde que comprovadamente são atingidos os objetivos pretendidos.

Salienta-se ainda que este documento pretende conjugar a informação necessária para o desenvolvimento de projetos de reutilização e promoção da prática, destinando-se o mesmo à administração central e local, aos projetistas, aos produtores e utilizadores de ApR ou a quaisquer outras partes interessadas.

O aumento da robustez e fiabilidade dos projetos de reutilização de água e a transmissão atempada de informação às pessoas será determinante para a promoção da aceitação pública.

Por fim, a consulta do presente guia não substitui a leitura da legislação em vigor, em especial do RJApR (Decreto-Lei n.º 119/2019 de 21 de agosto), nem da portaria auxiliar (Port.ª n.º 266/2019, de 26 de agosto).

9. BIBLIOGRAFIA

Asano, T. (2007) Water reuse: Issues, technologies, and applications, McGraw-Hill, New York, NY.

Busgang, A., Friedler, E., Ovadia, O. and Gross, A. (2015) Epidemiological study for the assessment of health risks associated with graywater reuse for irrigation in arid regions. *Science of the Total Environment* 538, 230-239.

Chhipi-Shrestha, G., Hewage, K. and Sadiq, R. (2017) Microbial quality of reclaimed water for urban reuses: Probabilistic risk-based investigation and recommendations. *Science of the Total Environment* 576, 738-751.

European Commission (2016) Guidelines on Integrating Water Reuse into Water Planning and Management in the context of the WFD. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive and Floods Directive, European Commission, Brussels.

Gormley, Á., Pollard, S., Rocks, S. and Black, E. (2011) Guidelines for environmental risk assessment and management - Green Leaves III, Department for Environment, Food & Rural Affairs, London.

Heise, S. and Förstner, U. (2007) Risk assessment of contaminated sediments in river basins - Theoretical considerations and pragmatic approach. *Journal of Environmental Monitoring* 9(9), 943-952.

International Organization for Standardization (2015) ISO 16075-1:2015 – Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects - Part 1: The basis of a reuse project for irrigation, International Organization for Standardization, Geneva.

International Organization for Standardization (2015) ISO 16075-2:2015 – Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects - Part 2: Development of the project, International Organization for Standardization, Geneva.

International Organization for Standardization (2015) ISO 16075-3:2015 – Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects - Part 3: Components of a reuse project for irrigation, International Organization for Standardization, Geneva.

International Organization for Standardization (2015) ISO 16075-4:2016 – Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects - Part 4: Monitoring, International Organization for Standardization, Geneva.

International Organization for Standardization (2017) ISO 20760-2:2017 – Water reuse in urban areas – Guidelines for centralized water reuse system – Part 2: Management of a centralized water reuse system, International Organization for Standardization, Geneva.

International Organization for Standardization (2017) ISO 20761:2018 – Water reuse in urban areas – Guidelines for water reuse safety evaluation -- Assessment parameters and methods, International Organization for Standardization, Geneva.

International Organization for Standardization (2017) ISO 20469:2018 – Guidelines for water quality grade classification for water reuse, International Organization for Standardization, Geneva.

International Organization for Standardization (2018) ISO 20426:2018 – Guidelines for health risk assessment and management for non-potable water reuse, International Organization for Standardization, Geneva.

International Organization for Standardization (2018) ISO 20760-1:2018 – Water reuse in urban areas – Guidelines for centralized water reuse system – Part 1: Design principle of a centralized water reuse system, International Organization for Standardization, Geneva.

Ishizaka, A. and Lusti, M. (2006) How to derive priorities in AHP: A comparative study. Central European Journal of Operations Research 14(4), 387-400.

L. Alcalde-Sanz and Gawlik, B.M. (2017) Minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge - Towards a water reuse regulatory instrument at EU level, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Lohani, B.N. and Bank, A.D. (1997) Environmental impact assessment for developing countries in Asia, Asian Development Bank.

Medical News Today (2004). [Consult. 2018-12-14]. Disponível em https://www.medicalnewstoday.com/categories/infectious_diseases.

NPIC National Pesticide Information Center (2015). [Consult. 2018-12-11]. Disponível em <http://npic.orst.edu/factsheets/glyphogen.html>.

NRMCC-EPHC-AHMC (2006) Australian guidelines for water recycling: managing health and environmental risks: Phase 1, National Water Quality Management Strategy. Natural Resource Management Ministerial Council, Environment Protection and Heritage Council, Australian Health Ministers' Conference, Canberra.

Rebelo, A. (2009) Avaliação de risco para os recursos hídricos em caso de rejeição de substâncias perigosas. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Química Industrial, Universidade da Beira Interior, Covilhã.

Rebelo, A. (2014) Formação de Triclorometano em Águas Residuais Cloradas: Risco de contaminação dos recursos hídricos. Tese para obtenção do Grau de Doutor em Química, Universidade da Beira Interior, Covilhã.

Rebelo, A. (2018) Reutilização de água: Abordagem para o desenvolvimento de práticas de reutilização de água. In Atas do 14º Congresso da Água, Évora.

Rebelo, A., Ferra, I., Gonçalves, I. and Marques, A.M. (2014) A risk assessment model for water resources: Releases of dangerous and hazardous substances. *Journal of Environmental Management* 140, 51-59.

Rebelo, A., Ferra, I., Marques, A. and Silva, M.M. (2016) Wastewater reuse: modeling chloroform formation. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-7.

Rubens Haddad (2016). [Consult. 2018-12-11]. Disponível em <http://www.rubenshaddad.com.br/>.

Saaty, T.L. (1980) *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*, McGraw-Hill, New York, NY.

Salgot, M., Huertas, E., Weber, S., Dott, W. and Hollender, J. (2006) Wastewater reuse and risk: definition of key objectives. *Desalination* 187(1), 29-40.

Shakir, E., Zahraw, Z. and Al-Obaidy, A.H.M.J. (2017) Environmental and health risks associated with reuse of wastewater for irrigation. *Egyptian Journal of Petroleum* 26(1), 95-102.



Água para Reutilização

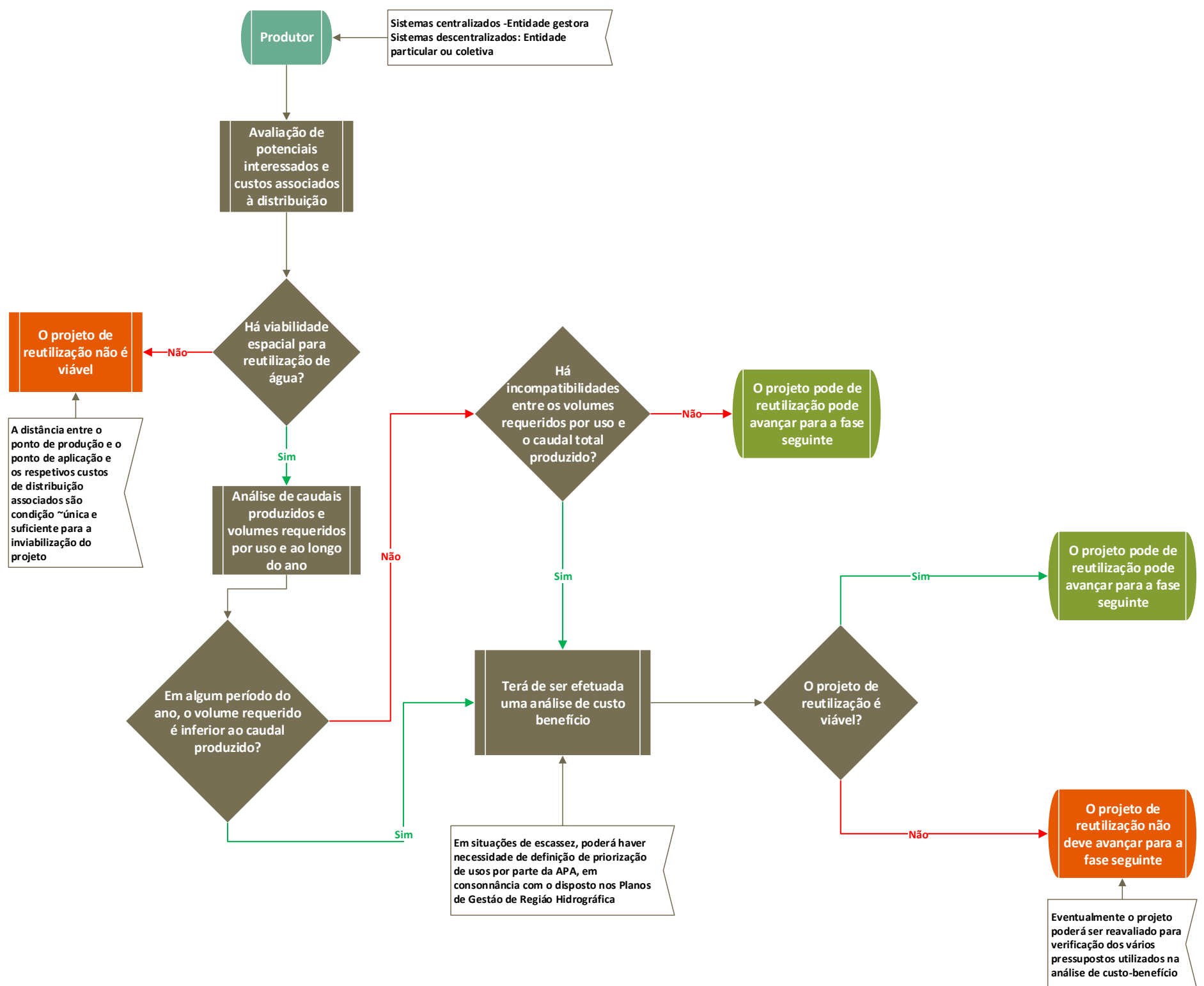
USEPA and USAID (2012) Guidelines for water reuse, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

Valentina Lazarova, Takashi Asano, Akica Bahri and Anderson, J. (2013) Milestones in Water Reuse: The Best Success Stories, International Water Association, London.

WHO (2006) Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. World Health Organization, Geneva.

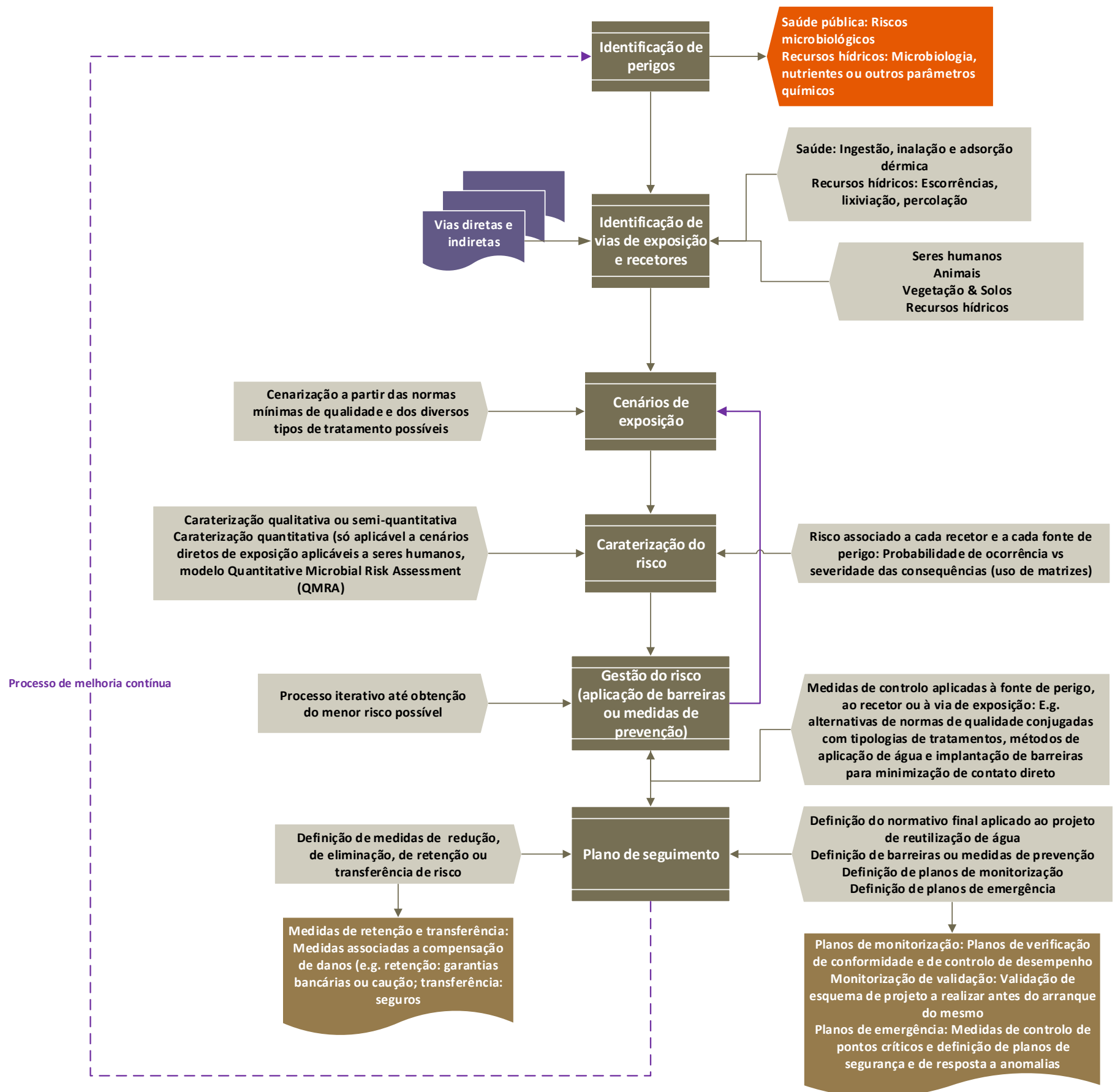
APÊNDICE I

PROCEDIMENTOS ASSOCIADOS À PRIMEIRA FASE DO DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO DE REUTILIZAÇÃO



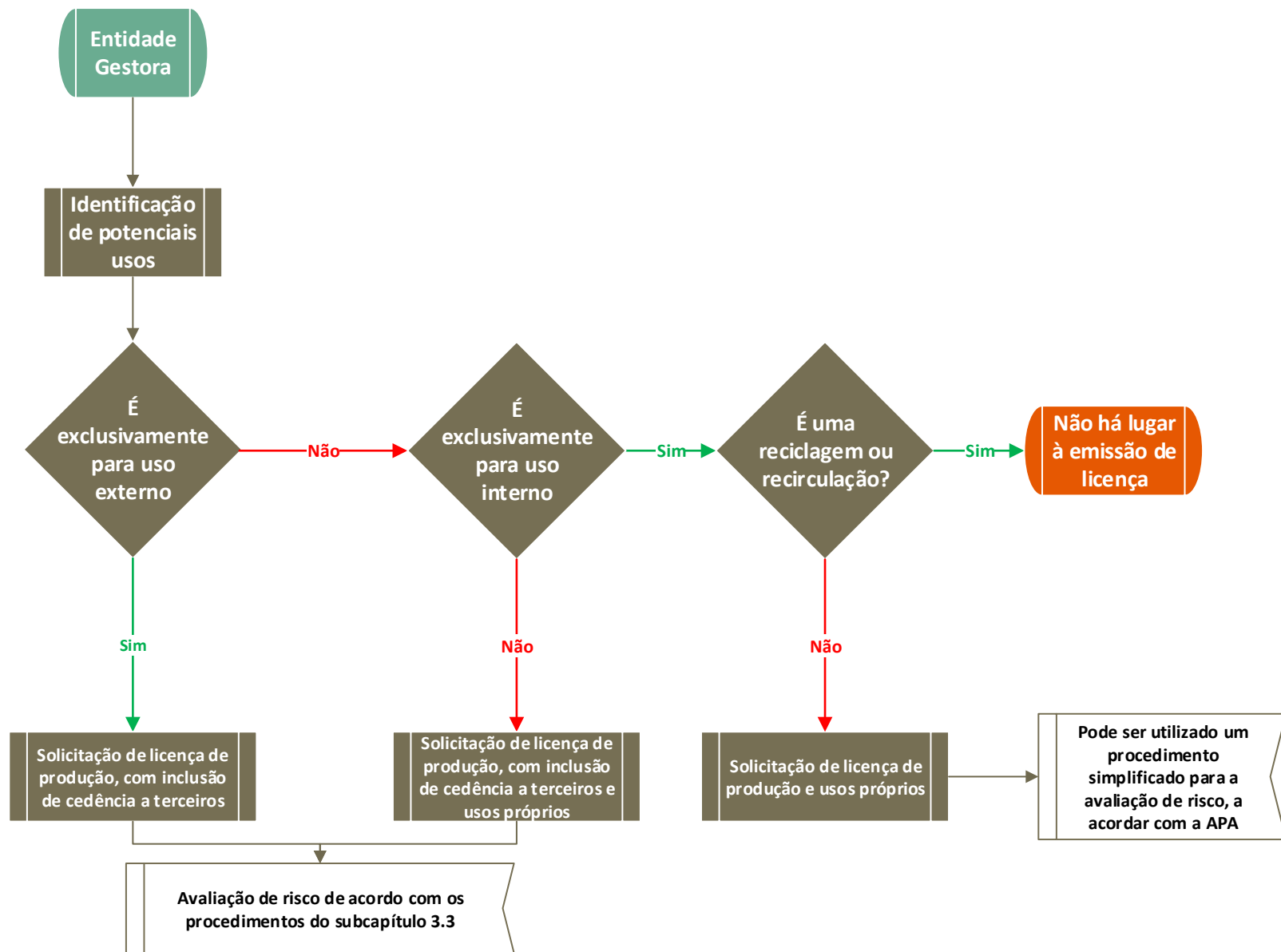
APÊNDICE II

DIAGRAMA DE AVALIAÇÃO DO RISCO



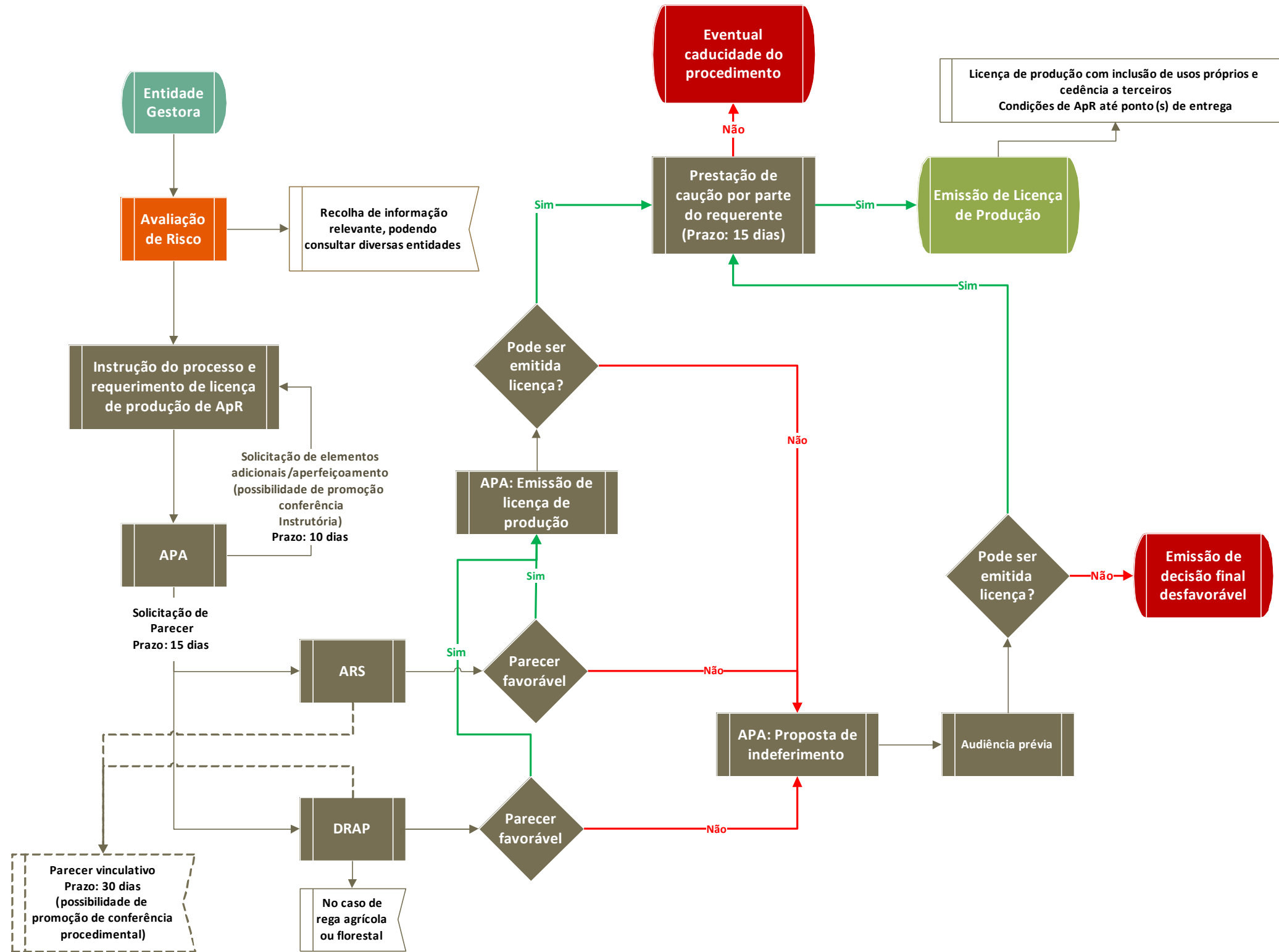
APÊNDICE III

DECISÃO DA LICENÇA DE PRODUÇÃO PARA SISTEMAS CENTRALIZADOS



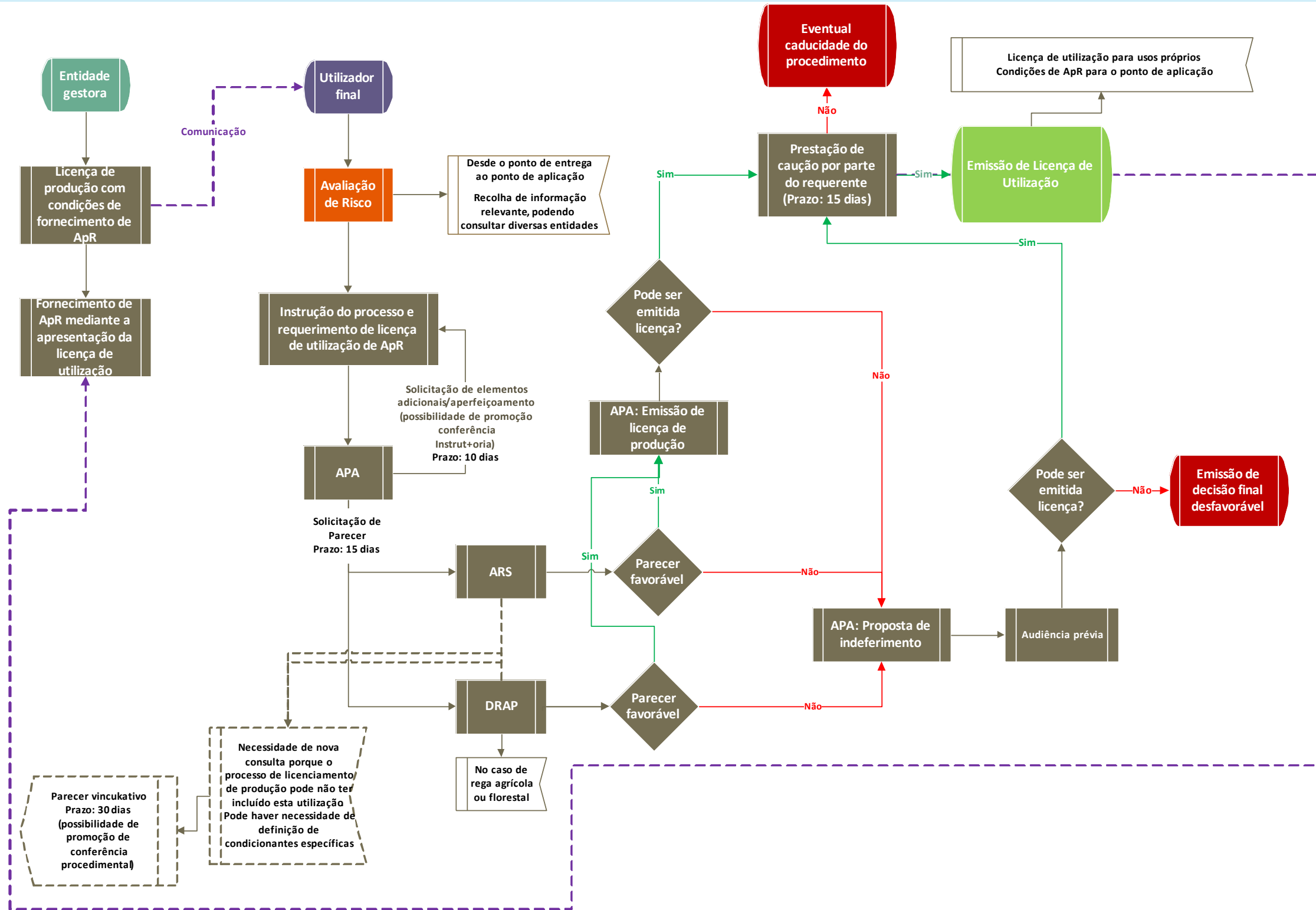
APÊNDICE IV

DECISÃO DA LICENÇA DE PRODUÇÃO DE APR EM SISTEMAS CENTRALIZADOS



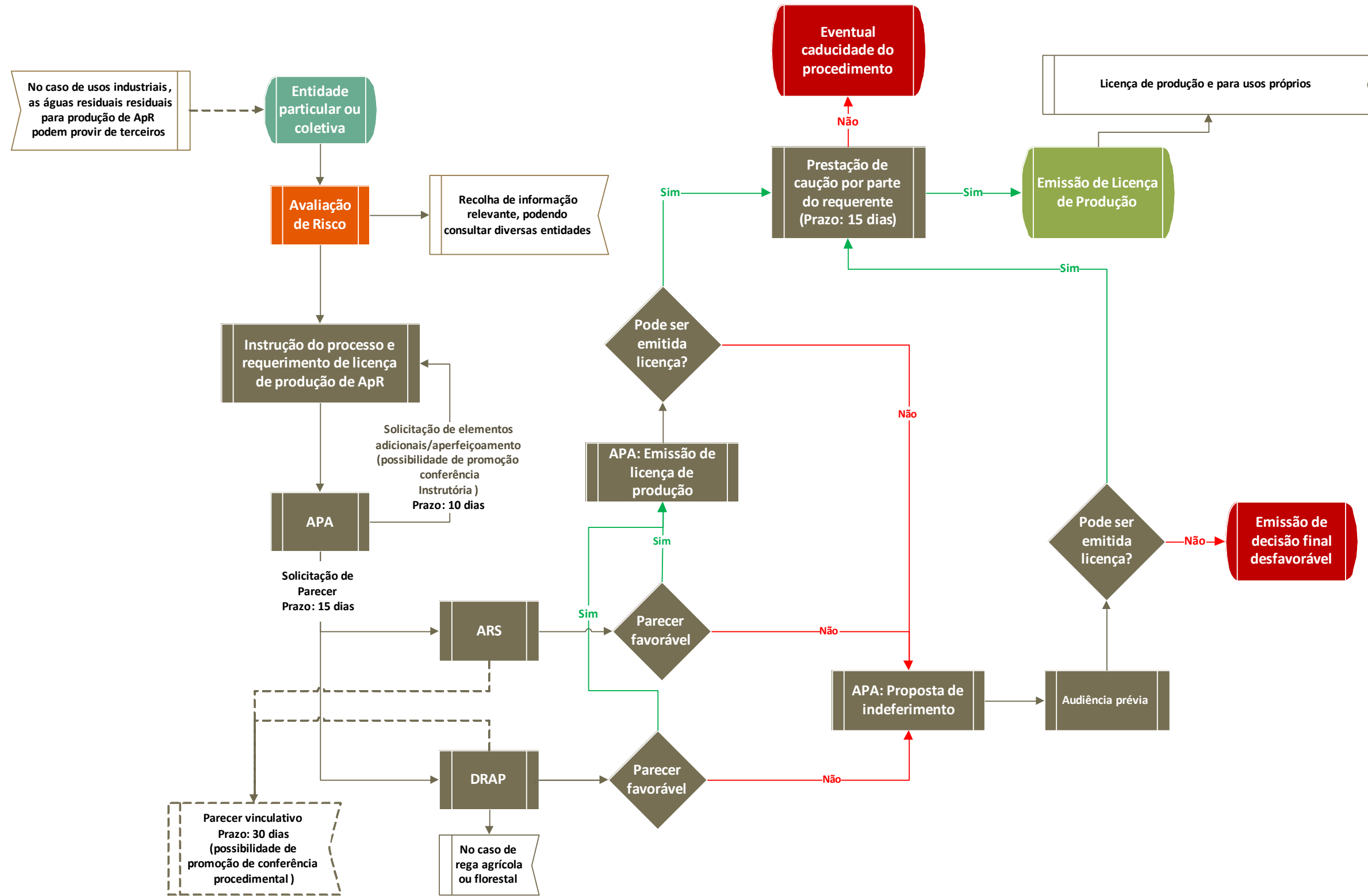
APÊNDICE V

DECISÃO DA LICENÇA DE UTILIZAÇÃO POR TERCEIROS DE APR POR PRODUZIDA EM SISTEMAS CENTRALIZADOS



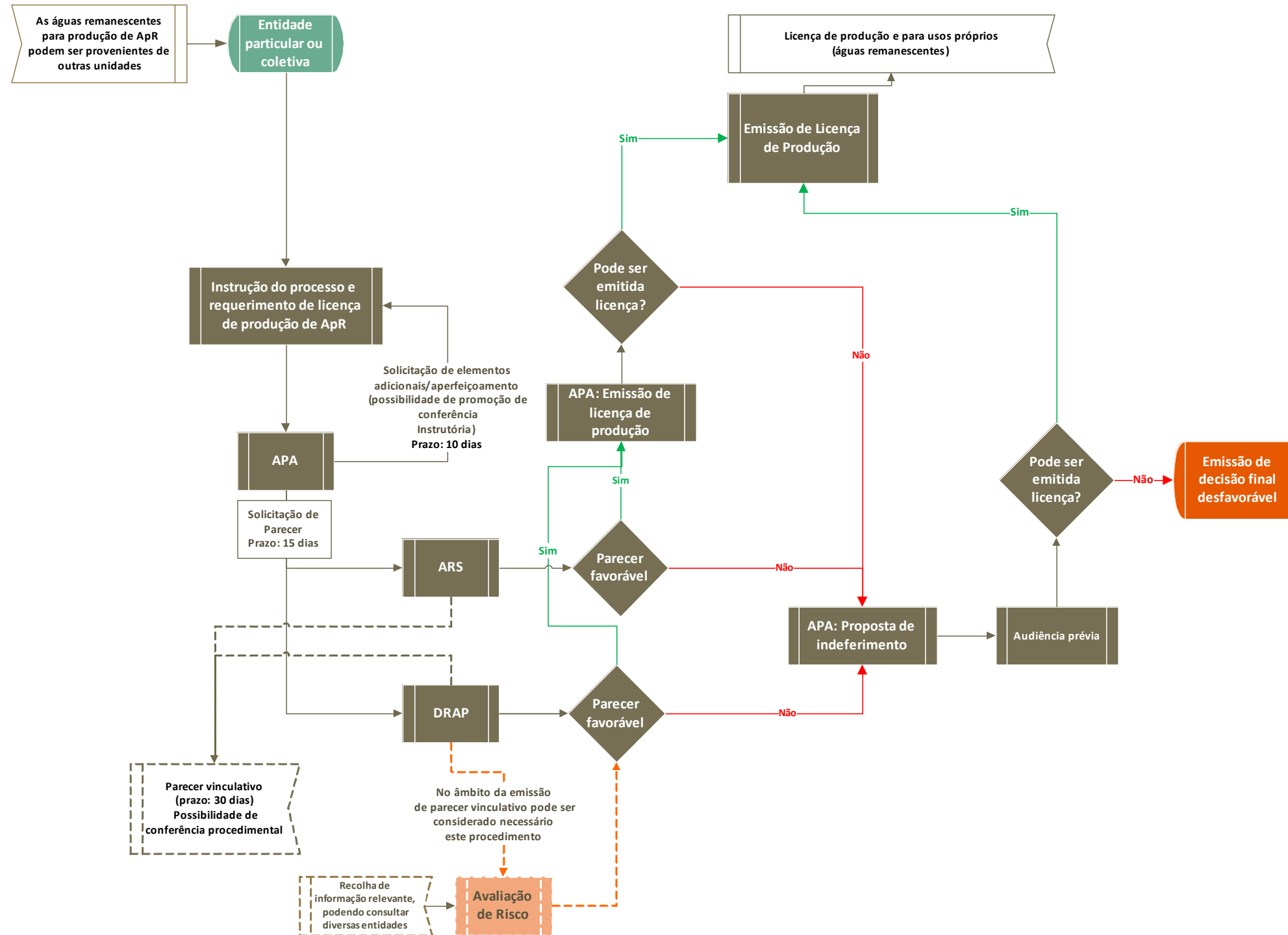
APÊNDICE VI

DECISÃO DA LICENÇA DE PRODUÇÃO DE APR EM SISTEMAS DESCENTRALIZADOS (INCLUI USOS PRÓPRIOS)



APÊNDICE VII

DECISÃO DA LICENÇA DE PRODUÇÃO APR EM SISTEMAS DESCENTRALIZADOS EM SIMBIOSE (INCLUI USOS PRÓPRIOS)



ANEXO I

NORMAS DE QUALIDADE PARA ÁGUA PARA REUTILIZAÇÃO (APR)

Nas tabelas abaixo apresentam-se as normas de qualidade de ApR a aplicar por uso. As normas a aplicar a cada projeto devem resultar da avaliação do risco para a saúde e para o ambiente, descrita no subcapítulo 3.3, e considerando os pareceres da ARS e, no caso de rega agrícola ou florestal, da DRAP territorialmente competentes.

Podem se definidas normas de qualidade distintas das definidas no presente anexo, em termos de valores ou de parâmetros, em função dos resultados do processo de avaliação do risco conjugado com a aplicação de barreiras ou medidas de prevenção adequadas. Nomeadamente, poderão ser definidas normas de qualidade distintas das do presente anexo caso exista um sistema de barreiras equivalentes, de acordo com o descrito na Tabela 7 e na Tabela 9, do subcapítulo 3.3.1.4.1, ou outras medidas de prevenção adicional, que se traduzam em resultados similares, que garantam na utilização final a qualidade aplicável ao uso pretendido.

Deste modo, a conjugação de barreiras para obtenção de efeito multibarreira poderá permitir a utilização de uma água de menor qualidade para um uso mais exigente, desde que as medidas de prevenção ou controlo aplicadas permitam o alcance do mesmo nível do risco correspondente à aplicação de um normativo mais exigente.

Rega

Tabela 1.a: Normas de qualidade de água para reutilização para rega

Classe de qualidade ^a	CBO ₅ (mg/L O ₂)	SST (mg/L)	Turvação (NTU)	<i>E. coli</i> (ufc/100 mL)	Ovos de parasitas intestinais (N/L) ^b	Azoto amoniacal (mg NH ₄ ⁺ /mL) ^c	Azoto total (mg N/mL) ^c	Fósforo total (mg P/mL) ^c
A	≤10	≤10	≤5	≤10		10	15	5
B	≤25	≤35		≤100				
C	≤25	≤35		≤1000	≤1			
D	≤25	≤35		≤10000	≤1			
E^d	≤40	≤60		≤10000				

^a Descrição na tabela 1.c

^b Aplicável na rega de culturas agrícolas destinadas ao consumo animal

^c Parâmetro facultativo. Poderá ser aplicável em alguns projetos de rega para minimização dos riscos de formação de biofilme e obstrução dos sistemas de rega

^d Só aplicável a sistemas descentralizados ou descentralizados em simbiose

Tabela 1.b: Normas de qualidade de água para reutilização para rega para proteção das culturas agrícolas, florestais e solos

Parâmetro	Norma de qualidade	Unidade
Alumínio	5,0	mg Al/L
Berílio	0,1	mg Be/L
Cobalto	0,05	mg Co/L
Fluoretos	2,0	mg F/L
Ferro	2,0	mg Fe/L
Lítio	2,5	mg Li/L
Manganês	0,2	mg Mn/L
Molibdénio	0,01	mg Mo/L
Selénio	0,02	mg Se/L
Vanádio	0,1	mg V/L
SAR	Variável em função da sensibilidade das culturas	
Salinidade		
Boro		

Tabela 1.c: Usos e tipos de tratamento adequados em função das várias classes de qualidade da água

Classe	Possíveis usos	Nível de tratamento	Tipo de tratamento (Guia)
A	Rega sem restrição de acesso (usos urbanos e agrícolas): rega de culturas consumidas em cru em que a parte consumível está em direto contacto com a água; rega de jardins públicos sem restrição de acesso; rega de jardins privados	Mais avançado que secundário (desinfeção)	Tratamento secundário ^a , filtração ^b (e.g., filtração por membranas) e desinfeção ^c (sistemas avançados de tratamento)
B	Rega com restrição de acesso (usos urbanos e agrícolas): rega de culturas consumidas em cru, que crescem acima do solo, e em que a parte consumível não está em direto contacto com a água; rega de culturas agrícolas destinadas a processamento e de culturas agrícolas não destinadas ao consumo humano, incluindo culturas destinadas ao consumo animal (produção de leite ou carne), exceto suínos; rega de jardins com restrição de acesso, incluindo áreas de lazer e desportivas (e.g., campos de golfe)	Mais avançado que secundário (desinfeção)	Tratamento secundário ^a , filtração ^b e desinfeção ^c
C	Rega com restrição de acesso (usos agrícolas): rega de culturas consumidas em cru, que crescem acima do solo, e em que a parte consumível não está em direto contacto com a água; rega de culturas agrícolas destinadas a processamento e de culturas agrícolas não destinadas ao consumo humano, incluindo culturas destinadas ao consumo animal (produção de leite ou carne), exceto suínos	Mais avançado que secundário (desinfeção)	Tratamento secundário ^a e desinfeção ^c
D	Rega com restrição de acesso (usos agrícolas): produção de sementes, incluindo sementes para uso industrial ou produção de energia	Mais avançado que secundário (desinfeção)	Tratamento secundário ^a e desinfeção ^c
E^d	Rega com restrição de acesso (usos agrícolas): produção de sementes; rega de áreas de uso restrito (e.g., sebes, áreas de contenção (prados em socialcos))	Mais avançado que secundário (desinfeção)	Sistemas de lagunagem (incluindo lagoa de maturação) ou outros sistemas de tratamento que garantam nível de tratamento equivalente ou superior

^a Tratamento secundário convencional

^b Filtração refere-se a microfiltração, ultrafiltração, filtração por cartuchos, filtração por areia de alto rendimento, processos por membranas (incluindo reatores membranares), uso de meio filtrante duplo, uso de filtros têxteis e de disco (com ou sem adição de produtos químicos)

^c Desinfeção inclui a radiação UV, ozonização, processos por membranas, cloragem (apenas admissível para manutenção de teor residual de desinfetante) ou outros processos de oxidação avançada. No caso da cloragem, a dosagem de cloro deve preferencialmente ser definida com base na carência de cloro, para minimizar a formação de subprodutos

^d Só admissível para água residual tratada proveniente de sistemas não abrangidos pelo Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho

Os tratamentos mais avançados que secundário podem envolver também a remoção de cor e odor, em função das especificidades das utilizações finais. Uma vez que estes parâmetros são

essencialmente para cumprimento de condições estéticas, os mesmos devem ser requeridos quando se tornem imprescindíveis para a aceitação pública da reutilização. Os sistemas de tratamento avançado devem ser aplicados quando as utilizações finais requirem uma elevada remoção de sólidos dissolvidos e/ou de constituintes vestigiais, os quais podem incluir metais pesados, poluentes específicos, substâncias prioritárias ou perigosas prioritárias, compostos da lista de vigilância ou outros compostos alvo de preocupação emergente, cor e odor. As tecnologias utilizadas para tratamento avançado podem incluir processos físicos, químicos ou biológicos, tais como ozonização, oxidação avançada, adsorção em carvão ativado, troca iónica, sistemas simples ou combinados de ultrafiltração, nanofiltração e osmose inversa.

A. Usos Urbanos

Tabela 2: Normas de qualidade de água para usos urbanos

Parâmetro	Suporte de ecossistemas	Usos recreativos, de enquadramento paisagístico	Lavagem de ruas ^e	Água de combate a incêndios ^a	Águas de arrefecimento	Autoclismos	Lavagem de veículos ^{d, e}
pH	A determinar caso-a-caso em função do estado ecológico e respetivos parâmetros de suporte	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,5 a 8,5 ^b	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
CBO₅ (mg/L O₂)		≤25	≤25	≤25	≤25	≤25	
Turvação (NTU)		≤5		≤5		≤5	≤5
Azoto amoniacal (mg/L NH₄)		≤5			≤5 (na presença de cobre)	≤10	
P_{total} (mg/L P)		≤2 ^c					
E. coli (ufc/100 mL)		≤10		≤10	≤200	≤10	≤10

^a As vias de exposição por ingestão (não intencionada) devem ser consideradas de máxima importância nestes usos, pelo que a qualidade deve ser similar à da classe A para rega

^b Pode ocorrer crescimento microbiano a valores superiores ou inferiores a esta gama de pH

^c Quando utilizado em locais sujeitos à ocorrência de eutrofização (e.g., lagos urbanos, fontes)

^d Em função das especificidades de aplicação das ApR poderão ser controlados alguns metais e compostos iónicos, tais como ferro, manganês, cloretos, sulfatos, alcalinidade e sílica, para minimização da ocorrência de calcificação ou corrosão dos sistemas de armazenagem e distribuição de água.

^e Em sistemas de lavagem manual a alta pressão, as vias de exposição por ingestão (não intencionada) devem ser consideradas de máxima importância nestes usos, pelo que a qualidade deve ser similar à da classe A para rega.

Tabela 3: Níveis e tipos de tratamento adequados a cada uso urbano

	Usos	Usos	Usos	Usos	Usos	Usos	Usos
	Suporte de ecossistemas	recreativos, de enquadramento paisagístico	Lavagem de ruas	Água de combate a incêndios	Águas de arrefecimento	Autoclismos	Lavagem de veículos
Nível de tratamento	Secundário ou mais avançado que secundário ^a	Mais avançado que secundário	Mais avançado que secundário	Mais avançado que secundário	Mais avançado que secundário	Mais avançado que secundário	Mais avançado que secundário
Tipo de tratamento	Tratamento secundário ^b e eventual desinfecção ^d e ou remoção de N e P	Tratamento secundário ^b , filtração ^c (e.g., filtração por membranas) e desinfecção ^d (sistemas avançados de tratamento)		Tratamento secundário ^b , filtração ^c (e.g., filtração por membranas) e desinfecção ^d (sistemas avançados de tratamento)	Tratamento secundário ^b , filtração ^c (e.g., filtração por membranas) e desinfecção ^d (sistemas avançados de tratamento)		

^a Depende do estado da massa de água e respetiva classificação no âmbito do Decreto-Lei n.º 152/97, de 19 de junho, com as alterações que lhe foram dadas pelos Decretos-Leis n.º 348/98, de 9 de novembro, n.º 149/2004, de 22 de junho n.º 198/2008, de 8 de outubro, e n.º 133/2015, de 13 de julho

^b Tratamento secundário convencional

^c Filtração refere-se a microfiltração, ultrafiltração, filtração por cartuchos, filtração por areia de alto rendimento, processos por membranas (incluindo reatores membranares), uso de meio filtrante duplo, uso de filtros têxteis e de disco (com ou sem adição de produtos químicos)

^d Desinfecção inclui a radiação UV, ozonização, processos por membranas, cloragem (apenas admissível para manutenção de teor residual de desinfetante) ou outros processos de oxidação avançada

B. Usos Industriais

Tabela 4: Normas de qualidade de ApR em uso industrial (proteção para contacto humano)

Classe de qualidade	Turvação (NTU)	<i>E. coli</i> (ufc/100 mL)
Em circuitos com risco direto de ingestão (incluindo ingestão acidental, e.g., gotículas) e contacto dérmico	≤5	≤10
Em circuitos com risco direto contacto dérmico		≤1000

ANEXO II

MODELO SEMI-QUANTITATIVO PARA AVALIAÇÃO DO RISCO

(/IN ATAS DO 14º CONGRESSO DA ÁGUA, 2018)



REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA

Abordagem para o desenvolvimento de práticas de reutilização de água

Anabela, REBELO¹

¹ Doutora em Química e Mestre em Química Industrial, Agência Portuguesa do Ambiente, IP, Rua da Murgueira, 9/9A Zambujal, 2610-124 Amadora, anabela.rebelo@apambiente.pt, 289889000

Resumo

Para fazer face à procura crescente de água, a reutilização pode constituir uma origem alternativa contribuindo para o uso sustentável dos recursos hídricos, na medida em que permite a manutenção de água no ambiente e a respetiva preservação para usos futuros, enquanto se salvaguarda a utilização presente. No entanto, os possíveis efeitos adversos sobre a saúde humana e ambiente são alvo de preocupação a nível global, o que leva a uma necessidade premente de definição de normas e regras a aplicar à prática de reutilização, bem como ao desenvolvimento de metodologias para a respetiva análise de risco. A ausência destes mecanismos poderá levar à perda de oportunidade de desenvolvimento de práticas apropriadas e sustentáveis de reutilização de água.

O desenvolvimento de um projeto de reutilização envolve várias etapas, sendo que em primeiro lugar há que selecionar a(s) origem(ns) possível(is) e o tipo de uso(s) considerado(s) apropriado(s). Estes usos poderão ser potáveis ou não potáveis, sendo o uso potável definido como aquele que requer água com qualidade para consumo humano, e por conseguinte, o que apresenta o maior risco para a saúde pública. Em função da tipologia de uso pretendido dever-se-á efetuar uma análise de risco adequada, que deverá servir de suporte à definição dos normativos de qualidade a aplicar, podendo esta definição ser do tipo *fit-for-all* ou *fit-for-purpose*. Uma abordagem *fit-for-purpose* permite a aceção de normas específicas adequadas ao uso em causa, bem como a proteção dos potenciais recetores em presença.

No presente trabalho apresenta-se um modelo de avaliação de risco para definição de normativos de qualidade de água a reutilizar e de barreiras múltiplas (conceito multibarreira) para minimização do risco associado à prática. A caracterização de risco contempla um modelo semi-quantitativo suportado em escalas de importância.

Palavras-chave: Reutilização, Risco, fit-for-purpose, multibarreira, Economia Circular.

Tema: Água e saúde pública.

INTRODUÇÃO

Apesar da prática de reutilização de água não ser nova, existindo indícios deste uso, para irrigação agrícola, pela Civilização Minoica em Creta (Grécia) há cerca de 3000 anos e na Era Moderna remontar a meados do século XIX, com a introdução dos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas, só há cerca de três décadas a reutilização de águas residuais tratadas passou a desempenhar um papel relevante na gestão integrada dos recursos hídricos a nível mundial (Asano, 2007).

O consumo crescente de água para múltiplos fins, tais como o abastecimento público, a produção agrícola e pecuária, indústria, usos recreativos, entre outros, tem vindo a impor uma pressão gradual sobre os recursos hídricos. Por outro lado, esta pressão pode ser variável ao longo do ano, em função do aumento sazonal da procura de água, e.g., subsequente da atividade turística, e pode ser potencialmente agravada perante cenários de alterações climáticas, onde as situações de seca prolongada poderão vir a ser mais frequentes. Note-se que os casos de elevadas necessidades, conjugados com fraca ou ausência de pluviosidade e elevada evapotranspiração, poderão provocar situações de desequilíbrio e escassez.

Para fazer face à procura crescente de água, a reutilização passou a constituir uma origem alternativa, contribuindo para o uso sustentável dos recursos hídricos, na medida em que permite a manutenção de água no ambiente e a respetiva preservação para usos futuros, enquanto se salvaguarda a utilização presente. A nível global, a reutilização de água expandiu-se desde a irrigação agrícola ou de espaços verdes e de usos urbanos restritos até aos usos potáveis (indiretos e diretos), tendo as águas residuais tratadas passado a ser encaradas como uma fonte de água nova, adicional, alternativa para múltiplos fins (International Organization for Standardization, 2015, USEPA and USAID, 2012).

A reutilização de água tem vindo a crescer, existindo atualmente vários casos de sucesso distribuídos pelos cinco continentes, e.g. usos urbanos (Sydney, Austrália), usos potáveis indiretos (Singapura, Malaheni, África do Sul), irrigação agrícola (Israel, Espanha, Chipre), suporte de ecossistemas (Algarve, Portugal), usos industriais (San Luis Potosi, México e Alemanha), usos recreativos (Tóquio, Japão, Pequim, China), recarga de aquíferos (Malta, Califórnia, EUA), entre outros (Valentina Lazarova et al., 2013).

No entanto, os possíveis efeitos adversos sobre a saúde humana e ambiente são alvo de preocupação a nível global, o que leva a uma necessidade premente de definição de normas e regras a aplicar à prática de reutilização, bem como o desenvolvimento de metodologias para a respetiva análise de risco. A ausência destes mecanismos poderá levar à perda de oportunidade de desenvolvimento de práticas apropriadas e sustentáveis de reutilização de água (International Organization for Standardization, 2015, L. Alcalde-Sanz and Gawlik, 2017, WHO, 2006).

Deste modo, torna-se crucial perceber como se desenvolve um projeto de reutilização, em particular no que concerne à definição das normas de qualidade aplicáveis e medidas adicionais para minimização dos riscos associados à prática, que visem uma promoção segura e eficaz da mesma.

DESENVOLVIMENTO DE PRÁTICAS DE REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA

A. ORIGENS DE ÁGUA E USOS PREVISTOS

Antes de se iniciar qualquer projeto de reutilização dever-se-á avaliar quais as efetivas possibilidades de promoção da prática, devendo para o efeito verificar em primeiro lugar as disponibilidades de água tratada e os potenciais usos presentes e futuros.

Entre os possíveis usos terão de ser distinguidos os que constituem usos potáveis (diretos ou indiretos), e.g., usos que requerem uma água com qualidade compatível com o consumo humano e usos não potáveis, i.e., usos que requerem água com uma qualidade adequada ao uso em questão, mas distinta do consumo humano, podendo em algumas situações até ser necessário o cumprimento de um normativo mais apertado que o previsto para as águas de abastecimento público (e.g. determinadas utilizações industriais).

A nível nacional, a ausência de regulamentação específica para a reutilização, leva a que a maioria dos usos possíveis sejam não potáveis, podendo as águas residuais tratadas de origem urbana ser potencialmente dirigidas para diversos fins, tais como a rega agrícola, rega de espaços verdes, usos recreativos, suporte de ecossistemas, manutenção de caudais ecológicos, usos industriais, águas de combate a incêndios ou lavagem de ruas.

B. ABORDAGEM FIT-FOR-PURPOSE: DESENVOLVIMENTO DE NORMATIVOS DE QUALIDADE SUPOSTOS EM AVALIAÇÃO DE RISCO

Uma vez selecionados os possíveis usos, torna-se imprescindível a definição das normas de qualidade a aplicar às águas residuais tratadas de modo a que satisfaçam os requisitos da utilização pretendida e que não coloquem em causa a saúde pública e o ambiente. Com este fim são possíveis dois tipos de abordagem: *Fit-for-all* ou *fit-for-purpose*. A primeira abordagem preconiza a adoção de critérios que cumpram as condições de qualidade para os usos mais exigentes (e.g. usos potáveis), independentemente da tipologia de utilização em causa. Trata-se de uma abordagem conservadora, cujos custos poderão ser in comportáveis. Por outro lado, numa abordagem *fit-for-purpose*, i.e., adequada caso-a-caso, os recursos são dirigidos para onde são efetivamente necessários, com garantia de que a qualidade da água é adequada ao fim pretendido, sem que se coloque em causa a proteção da saúde humana e ambiente. Não obstante, poderão ser definidos objetivos de qualidade mínima para determinadas tipologias de usos com vista à salvaguarda de um nível mínimo de risco (L. Alcalde-Sanz and Gawlik, 2017).

Numa abordagem *fit-for-purpose*, uma vez selecionados os usos em causa, deve-se proceder a uma avaliação de risco, a qual consiste no método científico de confronto e expressão da

incerteza na previsão de acontecimentos futuros (Lohani and Bank, 1997). Este procedimento baseia-se na identificação dos perigos associados a um dado processo ou situação e na estimativa qualitativa e quantitativa do risco associado a estes mesmos perigos. Podendo o perigo definir-se como o potencial para provocar dano.

Os riscos associados à reutilização de águas residuais tratadas prendem-se, essencialmente, com a caracterização química e microbiológica, e os potenciais danos para a saúde pública e ambiente, onde, para além dos recursos hídricos (superficiais e subterrâneos) se incluem os solos (Shakir et al., 2017). Relativamente à composição química das águas residuais tratadas, um dos aspetos mais controversos da atualidade é o respetivo conteúdo em termos de contaminantes alvo de preocupação emergente e os genes resistentes a antibióticos. Porém, os dados científicos atualmente disponíveis ainda não são suficientes para avaliar o efetivo impacto ecológico das águas reutilizadas nos ambientes aquáticos e o comportamento deste tipo de substâncias nos solos e plantas, pelo que se torna extemporâneo a definição de limiares de qualidade aplicáveis à maioria destes contaminantes, que poderia efetivamente levar a uma limitação injustificada da prática (L. Alcalde-Sanz and Gawlik, 2017).

No presente trabalho, pretende-se apresentar um modelo de avaliação de risco (microbiológico), o qual consiste num processo iterativo que se desenvolve em cinco etapas (Fig. 1):

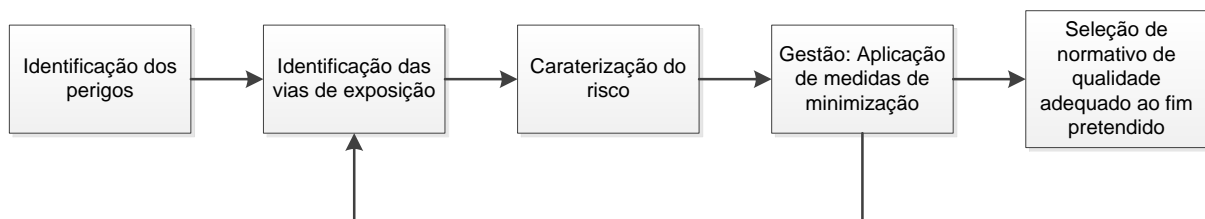


Figura 1. Diagrama de avaliação de risco

No caso dos usos potáveis diretos e indiretos, a caracterização do risco para a saúde humana poderá ser obtido através de análise quantitativa de risco microbiológico (Quantitative Microbial Risk Assessment: QMRA) que permite estimar o risco para a saúde com base na previsão de infeção ou taxa de aparecimento de doença, em função da concentração de determinado microrganismo patogénico, taxas medidas ou estimadas de ingestão e pela aplicação de modelos de dose-resposta adequados à exposição em causa (Busgang et al., 2015, WHO, 2006). No entanto, no que concerne aos usos não potáveis, os dados disponíveis sobre vias e mecanismos de exposição e ausência de estudos epidemiológicos dificultam a aplicação de modelos quantitativos (Chhipi-Shrestha et al., 2017, Salgot et al., 2006). Note-se que nestes casos, as exposições diretas, nomeadamente, ingestão de água, a ocorrer nunca será intencional.

No caso da reutilização de água, as três vias de exposição a considerar são a ingestão, inalação ou adsorção dérmica. Contudo, apesar desta última via ser possível, não existem evidências de quaisquer impactos sobre a saúde humana através da mesma, pelo que é considerada como pouco provável de causar níveis significantes de doença ou infeção sobre a população (NRMCC-EPHC-AHMC, 2006). Na ausência de dados que invalidem a aplicação de modelos dose-resposta, deverão ser utilizados modelos qualitativos ou semi-quantitativos, os quais se baseiam na aplicação de matrizes de probabilidade de ocorrência *versus*

severidade dos danos. A integração matricial ou mesmo a aplicação de escalas de fatores de importância poderão resultar numa melhoria da abordagem (Rebelo et al., 2014).

No presente trabalho, para a caracterização do risco, é então proposto um modelo semi-quantitativo, suportado em escalas de importâncias (tabela 1) propostas por Saaty (Saaty, 1980):

Tabela 1. Escala de importâncias

Nível de importância	Fator de importância (f _i)
Importância baixa	1
Importância fraca	3
Importância essencial ou forte	5
Importância demonstrada	7
Importância absoluta	9
Importâncias intermédias entre dois níveis de decisão	2, 4, 6 ou 8

O risco associado a cada recetor é determinado pelo produto entre o perigo, a vulnerabilidade do recetor e os danos associados. Para efeitos considera-se como perigo, a presença de microrganismos patogénicos (*E. coli*) em águas residuais tratadas, de origem urbana, destinadas à reutilização para fins não potáveis (rega, exceto forragens e pastagens) e são atribuídos cinco níveis de perigo, em função do nível de tratamento instalado (tabela 2):

Tabela 2. Níveis de perigo

Tipo de tratamento	Nível	Presença de <i>E. coli</i>	Classificação
SEC	V	$\geq 10^4$	9
SEC+desinfecção	IV	$10^3 < E. coli < 10^4$	7
Avançado	III	$10^2 < E. coli \leq 10^3$	5
SEC+desinfecção+pós-cloragem	II	$10^1 < E. coli \leq 10^2$	3
Avançado+pós-cloragem	I	$E. coli \leq 10^1$	1

As vias de exposição consideradas e respetivos recetores são (tabela 3):

Tabela 3. Vias de Exposição e recetores

Vias de exposição	Cenários de exposição	Recetores
Ingestão	Ingestão de água	Trabalhadores
	Ingestão de fruta/vegetais	Consumidores
	Ingestão de solo	
Contacto dérmico	Ingestão de carne e/ou produtos lácteos ¹	Envolvência (vizinhos)
	Contacto direto com águas residuais tratadas	
	Contacto com sistema de rega	
Inalação	Contacto com /raízes /folhas/ árvore/fruta	
	Inalação de aerossóis	

A vulnerabilidade de cada recetor (V_{Recetor}) é então determinada a partir da seguinte expressão, normalizada à situação mais crítica (Ishizaka and Lusti, 2006):

$$V_{\text{Recetor}} = \frac{\sum (f_{i \text{Via exp}} \times f_{i \text{Cen exp}})}{f_{\text{normalização}}} \quad (4)$$

e

$$f_{\text{normalização}} = f_{i \text{max}} \times \sum (f_{i \text{via exp}} \times n.^{\circ} \text{ cen exp}_i) \quad (5)$$

Em que,

$f_{i \text{Via exp}}$ – Fator de importância de cada via de exposição considerada

$f_{i \text{Cen exp}}$ – Fator de importância de cada cenário de exposição considerado

$f_{\text{normalização}}$ – Fator de normalização

$f_{i \text{max}}$ – Valor máximo da escala de fatores de importância ($f_{i \text{max}} = 9$)

$n.^{\circ} \text{ cen exp}_i$ - $n.^{\circ}$ de cenários de exposição aplicável a cada recetor

Através da literatura (WHO, 2006), constata-se que existem vias de exposição de maior risco, como a ingestão ou a inalação, pelo que é possível atribuir importâncias relativas em conformidade com estes factos (tabela 4):

Tabela 4. Fatores de importância associados a vias de exposição

Via de exposição	Fator de importância (f_i)	Observações
Ingestão	9	É sempre considerado de importância absoluta
Contacto dérmico	3	Fraca importância devido à ausência de dados de doença ou infeção através desta via
Inalação	9	Importância absoluta aplicável em sistemas de rega por aspersão
	5	Importância essencial ou forte em outros sistemas de rega

A cada cenário de exposição, em função da disponibilidade de dados, é também possível atribuir uma dada importância (tabela 5):

Tabela 5. Fatores de importância associados a cenários de exposição

Fator de importância	Observações
9	Via de infeção demonstrada
7	Via de infeção possível
5	Eventual via de infeção (possíveis casos de contaminação)
3	Ausência de dados sobre a via de infeção
1	Ausência de via de infeção demonstrada

Uma vez determinada a vulnerabilidade torna-se necessário definir o dano, o qual é determinado com base na probabilidade de falha das barreiras de segurança (e.g., sistema de desinfecção, sistema de rega, períodos de aplicação, etc.) implantadas versus a severidade do próprio dano (fig. 2). Para efeito são consideradas as barreiras descritas na Norma ISO 16075-2:2015⁶ e o respetivo número de barreiras equivalentes (International Organization for Standardization, 2015). O valor do dano, dentro de cada célula (d_i) é obtido a partir da expressão (3).

		Probabilidade de falha na barreira					
		Rara	Pouco provável	Possível	Provável	Quase certa	
		1	2	3	4	5	
Severidade dos danos	Insignificante	1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
	Fraco	2	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0
	Moderado	3	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0
	Forte	4	0,8	1,6	2,4	3,2	4,0
	Severo	5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0

Figura 2. Matriz de determinação do dano

$$d_i = \frac{\text{Severidade dos danos} \times \text{Probabilidade de falha}}{5} \quad (6)$$

Os resultados da matriz acima podem ainda ser igualmente priorizados com base na escala de importâncias, resultando num melhoramento da matriz (tabela 6, figura 3). Por outro lado esta priorização também traduz um fator de segurança que engloba as incertezas aleatórias associadas aos sistemas naturais e por conseguinte não passíveis de serem quantificadas, Note-se que num processo de avaliação de risco, as incertezas e a variabilidade dos parâmetros presentes no respetivo processo deverão ser tidas em consideração de modo a suportarem a confiança nas decisões tomadas (Gormley et al., 2011, Heise and Förstner, 2007).

⁶ ISO 16075-2:2015: Guia de utilização de águas residuais tratadas em projetos de rega. Parte 2: Desenvolvimento do projeto.

Tabela 6. Priorização de danos

Dano (d_i)	Fator de importância (f_i)	Nível de importância
$d_i \leq 0,5$	1	Pouca importância
$0,5 < d_i < 1$	2	Entre pouco importante e fraca importância
$1 \leq d_i < 1,2$	3	Fraca importância
$1,2 \leq d_i < 2$	4	Entre fraca importância e essencialmente importante
$2 \leq d_i < 2,4$	5	Essencialmente importante
$2,4 \leq d_i < 3$	6	Entre essencialmente importante e importância demonstrada
$3 \leq d_i < 3,2$	7	Importância demonstrada
$3,2 \leq d_i < 4$	8	Entre importância demonstrada e importância absoluta
$d_i \geq 4$	9	Importância absoluta

		Probabilidade de falha na barreira				
		Rara	Pouco provável	Possível	Provável	Quase certa
		1	2	3	4	5
Severidade dos danos	Insignificante	1	1	2	2	3
	Fraco	1	2	4	4	5
	Moderado	2	4	4	6	7
	Forte	2	4	6	8	9
	Severo	3	5	7	9	9

Figura 3. Matriz de determinação do dano após priorização

O dano associado à totalidade das barreiras implantadas é então determinado pela seguinte expressão:

$$\text{Dano} = \frac{\sum(d_i \times n)}{f_{\text{normalização}}} \quad (7)$$

onde n representa o número de barreiras equivalentes, conforme descrito na Norma ISO 16075-2:2015 e $f_{\text{normalização}}$, é um fator de normalização dado pela expressão:

$$f_{\text{normalização}} = f_{i_{\text{max}}} \times n \quad (8)$$

Conforme já se referiu, o risco associado a cada recetor (R_{Recetor}) é obtido a partir do seguinte produto:

$$R_{\text{Recetor}} = \text{Perigo} \times V_{\text{Recetor}} \times \text{Dano} \quad (9)$$

e, conseqüentemente o risco global associado a um dado projeto de rega é:

$$R_{\text{Global}} = \frac{\sum R_{\text{Recetor}}}{N_{\text{Recetores}}} \quad (10)$$

Onde $N_{\text{Recetores}}$ representa o número total de recetores considerados. O valor de R_{Global} varia entre um valor acima de zero e um valor máximo de nove, dependendo do número de cenários de exposição e barreiras consideradas. Os respetivos resultados podem ser expressados em três níveis de risco, nomeadamente: desprezável, se R_{Global} for inferior a três, aceitável, quando R_{Global} for maior ou igual que três e menor que sete e inaceitável se R_{Global} for maior ou igual que sete. O facto de que o risco global ser sempre superior a zero traduz a existência de um risco mínimo associado quando se reutilizam águas com origem no tratamento de águas residuais urbanas. Sempre que o risco global seja inaceitável, o processo deverá ser repetido com novas conjugações de barreiras de modo a obter-se um nível desprezável ou aceitável. Quando tal não seja possível, o projeto poderá não apresentar viabilidade.

Uma vez determinado o nível de risco adequado a cada projeto deverá ser estabelecido o normativo de qualidade apropriado, i.e., o valor base de perigo utilizado na avaliação de risco, e definidas as medidas de gestão, i.e., aplicação das multibarreiras selecionadas durante o próprio processo de avaliação e definidos programas de controlo de desempenho de sistemas de tratamento, de armazenamento e de distribuição de água e de monitorização de vigilância (das águas reutilizadas e dos meios recetores). Em fase de arranque deverá igualmente ser executada uma monitorização de validação, em particular quando estejam em causa usos mais nobres.

C. EXEMPLO PRÁTICO

Considerando, como exemplo prático, a rega de um pomar de laranjeiras (exploração vedada), com água residual tratada, proveniente de uma ETAR com nível de tratamento secundário com desinfeção por UV. O sistema de rega é gota-a-gota e não há qualquer construção num raio de 1000 metros. Da aplicação do modelo acima observa-se que o perigo apresenta uma classificação igual a 7. As vias de exposição consideradas foram (tabela 7):

Tabela 7. Vias e cenários de exposição considerados

Vias de exposição	Trabalhadores	Consumidores	Envolvência
Ingestão	Ingestão de água	Não aplicável	Não aplicável
	Ingestão de fruta	Ingestão de fruta	Não aplicável
	Ingestão de solo	Ingestão de solo	Não aplicável
Contacto dérmico	Contacto direto com águas residuais tratadas	Não aplicável	Não aplicável
	Contacto com sistema de rega	Não aplicável	Não aplicável
	Contacto com /raízes árvore/folhas/fruta	Contacto com folhas/fruta	Não aplicável
	Inalação	Inalação de aerossóis	Não aplicável

As vulnerabilidades associadas são (tabela 8):

Tabela 8. Vulnerabilidade associada aos recetores (trabalhadores e consumidores)

Vias de exposição	Fator de Importância	Cenários de exposição	Trabalhadores Fator de Importância	Consumidores Fator de Importância
Ingestão	9	Ingestão de água	9	
		Ingestão de fruta	3	3
		Ingestão de solo	7	7
Contacto dérmico	3	Contacto direto com águas residuais tratadas	3	
		Contacto com sistema de rega	3	
		Contacto com /raízes árvore/folhas/fruta	3	3
Inalação	5	Inalação de aerossóis	7	
V_{Recetor}			0,631	0,524

As barreiras consideradas e o respetivo dano são (tabela 9):

Tabela 9. Barreiras equivalentes e dano associado

Tipo de Barreira	N.º barreiras equivalentes	f_i	d_i
Rega gota-gota	2	4	8
Pós desinfeção	1	9	9
Fruta consumida sem pele	1	1	1
Dano			0,72

Por fim o risco obtido é:

Trabalhadores: 3,2

Consumidores: 2,6

Risco Global: 2,9

Ou seja, para este projeto em questão obtém-se um nível de risco global desprezável, com riscos parciais para trabalhadores, superior ao dos consumidores. Deste modo, a norma de qualidade a adotar poderá ser *E. coli* < 10⁴, com manutenção das barreiras consideradas. O risco para os trabalhadores deve ser minimizado através de ministração de formação adequada.

Para garantir uma boa aceitação da prática deverá garantir-se que o público, na envolvimento do projeto ou potencialmente afetado pelo mesmo, possui informação adequada sobre a reutilização e qualidade das águas em causa.

Por fim, no desenho de um projeto de reutilização devem ser tomadas em conta outros aspetos com vista à inclusão dos princípios da Economia Circular. Como por exemplo, num projeto de rega dever-se-á ter em conta o balanço dos nutrientes para garantir uma eficaz recuperação dos mesmos. O projeto deverá contemplar medidas de eficiência energética e/ou na seleção de novas tecnologias, desde que viável, deverão ser selecionados sistemas que promovam simbioses entre vários setores industriais, Mais uma vez, a aplicação de uma abordagem *fit-for-purpose* garante uma otimização no uso dos recursos, uma vez que os mesmos são dirigidos para um determinado fim específico, ao contrário de uma abordagem mais generalista que poderá levar, e.g., à implantação de sistemas energeticamente mais exigentes que o estritamente necessário.

NOTAS FINAIS

O modelo de avaliação de risco apresentado assenta numa abordagem estratégica que possibilita a avaliação de várias opções de tomada de decisão, em termos de seleção de barreiras, para minimização do risco associado a cada recetor. Por outro lado, em função da escala de perigo utilizada, a metodologia também permite a definição de um normativo de qualidade a aplicar (no presente caso para a *Escherichia coli*) a cada tipo de uso. Uma das principais vantagens é a simplicidade do método, bem como a aplicação a outros fatores de perigo microbiológicos, bastando para tal a definição da respetiva escala de perigo. Não obstante, a fim de minimizar as incertezas associadas a este tipo de avaliação, dever-se-á ter presente uma pesquisa bibliográfica atualizada sobre eventuais surtos de doença ou de infeção associados às vias e cenários de exposição em causa, que permita uma seleção robusta dos respetivos fatores de importância. A aplicação do modelo caso-a-caso (abordagem *fit-for-purpose*) permite a adoção de cenários mais reais de exposição e consequentemente a definição de normativos de qualidade e de barreiras de segurança adequadas a cada projeto.

Na definição do normativo de qualidade a aplicar a cada projeto de reutilização de água para rega dever-se-á ainda ter em conta as disposições da Norma ISO 16075, dos objetivos de

qualidade mínima definidos pelo *Joint Research Center* e nas normas da Organização Mundial de Saúde.

Por último, salienta-se que a utilização de água ao nível dos vários setores (urbano, agrícola, industrial) terá ser cada vez mais encarada sob uma perspetiva integrada, de modo a alcançar-se um uso eficiente ao nível quantitativo e ao nível qualitativo, com o objetivo de garantir uma utilização sustentável, que fomente o Bom Estado da água.

AGRADECIMENTOS

A autora agradece à Agência Portuguesa do Ambiente, IP. e à Eng.º Maria João Rosa (LNEC) pelo incentivo e contributos no âmbito dos trabalhos de normalização relativos à reutilização da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asano, T. (2007) *Water reuse: Issues, technologies, and applications*, McGraw-Hill, New York, NY.

Busgang, A., Friedler, E., Ovadia, O. and Gross, A. (2015) Epidemiological study for the assessment of health risks associated with graywater reuse for irrigation in arid regions. *Science of the Total Environment* 538, 230-239.

Chhipi-Shrestha, G., Hewage, K. and Sadiq, R. (2017) Microbial quality of reclaimed water for urban reuses: Probabilistic risk-based investigation and recommendations. *Science of the Total Environment* 576, 738-751.

Gormley, Á., Pollard, S., Rocks, S. and Black, E. (2011) *Guidelines for environmental risk assessment and management - Green Leaves III*, Department for Environment, Food & Rural Affairs, London.

Heise, S. and Förstner, U. (2007) Risk assessment of contaminated sediments in river basins - Theoretical considerations and pragmatic approach. *Journal of Environmental Monitoring* 9(9), 943-952.

International Organization for Standardization (2015) *ISO 16075-2:2015 - Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects - Part 2: Development of the project*, International Organization for Standardization, Geneva.

Ishizaka, A. and Lusti, M. (2006) How to derive priorities in AHP: A comparative study. *Central European Journal of Operations Research* 14(4), 387-400.

L. Alcalde-Sanz and Gawlik, B.M. (2017) *Minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge - Towards a water reuse regulatory instrument at EU level*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Lohani, B.N. and Bank, A.D. (1997) *Environmental impact assessment for developing countries in Asia*, Asian Development Bank.

NRMMC-EPHC-AHMC (2006) Australian guidelines for water recycling: managing health and environmental risks: Phase 1, National Water Quality Management Strategy. Natural Resource Management Ministerial Council, Environment Protection and Heritage Council, Australian Health Ministers' Conference, Canberra.

Rebelo, A., Ferra, I., Gonçalves, I. and Marques, A.M. (2014) A risk assessment model for water resources: Releases of dangerous and hazardous substances. *Journal of Environmental Management* 140, 51-59.

Saaty, T.L. (1980) *The analytic hierarchy process: Planning, priority setting, resource allocation*, McGraw-Hill, New York, NY.

Salgot, M., Huertas, E., Weber, S., Dott, W. and Hollender, J. (2006) Wastewater reuse and risk: definition of key objectives. *Desalination* 187(1), 29-40.

Shakir, E., Zahraw, Z. and Al-Obaidy, A.H.M.J. (2017) Environmental and health risks associated with reuse of wastewater for irrigation. *Egyptian Journal of Petroleum* 26(1), 95-102.

USEPA and USAID (2012) *Guidelines for water reuse*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

Valentina Lazarova, Takashi Asano, Akica Bahri and Anderson, J. (2013) *Milestones in Water Reuse: The Best Success Stories*, International Water Association, London.

WHO (2006) *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater*. , World Health Organization, Geneva.

ERRATA AO ARTIGO⁷

"Reutilização de Água: Abordagem para o desenvolvimento de práticas de reutilização de água",
in Atas do 14^o Congresso da água

	Onde se lê	Deverá ler-se
p.6, equação 5	$f_{\text{normalização}} = f_{\text{imax}} \times \sum (f_{\text{via exp}} \times n.^{\circ} \text{ cen exp})$	$f_{\text{normalização}} = f_{\text{imax}} \times \sum (f_{\text{via exp}} \times n.^{\circ} \text{ cen exp}_i)$
p.6	f_{imax} – Valor máximo da escala de fatores de importância ($f_{\text{imax}} = 9$)	f_{imax} – Valor máximo da escala de fatores de importância ($f_{\text{imax}} = 9$) $n.^{\circ} \text{ cen exp}_i$ - $n.^{\circ}$ de cenários de exposição aplicável a cada recetor
p. 10, Tabela 9	0,5	0,72
p. 10	Trabalhadores: 2,2 Consumidores: 1,8 Risco Global: 2,0	Trabalhadores: 3,2 Consumidores: 2,6 Risco Global: 2,9
p.10	"Ou seja, para este projeto em questão obtém-se um nível de risco global desprezável, com riscos parciais para trabalhadores e consumidores de igual nível. Deste modo, a norma de qualidade a adotar poderá ser E. coli < 10 ⁴ , com manutenção das barreiras consideradas."	"Ou seja, para este projeto em questão obtém-se um nível de risco global desprezável, com riscos parciais para trabalhadores, superior ao dos consumidores. Deste modo, a norma de qualidade a adotar poderá ser E. coli < 10 ⁴ , com manutenção das barreiras consideradas. O risco para os trabalhadores deve ser minimizado através de ministração de formação adequada."

⁷ Correções já introduzidas no artigo.

ANEXO III

LISTAGEM DE ELEMENTOS A APRESENTAR COM OS REQUERIMENTOS PARA OBTENÇÃO DE LICENÇA DE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE APR

1. Os pedidos de emissão de licença de produção de ApR são instruídos com os seguintes elementos:
 - a. Identificação do produtor e indicação do seu número de identificação fiscal;
 - b. Identificação da licença de rejeição de águas residuais;
 - c. Identificação, se aplicável, da origem e volumes de águas residuais provenientes de terceiros para efeitos de produção de ApR em sistemas descentralizados com usos industriais ou em sistemas descentralizados em simbiose;
 - d. Identificação das finalidades de produção de ApR e respetivos volumes a produzir/utilizar em usos próprios (diários e anuais);
 - e. Avaliação do risco, realizada de acordo com o disposto no subcapítulo 3.3;
 - f. Indicação dos locais de armazenamento e de entrega, com recurso à indicação das coordenadas geográficas;
 - g. Programa de monitorização;
 - h. Elementos adicionais quando ocorra uso próprio de ApR:
 - i. Finalidade da utilização de ApR;
 - ii. Procedimentos para a manutenção ou afinação da qualidade da água, se aplicável;
 - iii. Tipo de barreiras a adotar considerando as utilizações em causa;
 - iv. Indicação exata dos locais de armazenamento, com recurso às coordenadas geográficas, se diferentes das previstas na alínea e);
 - v. Localização geográfica das parcelas, locais ou equipamentos onde serão aplicadas as ApR, à escala apropriada e em formato digital;
 - vi. Programa de monitorização no meio recetor, se aplicável.
2. Os pedidos de emissão de licença de utilização de ApR são instruídos com os seguintes elementos:
 - a) Identificação do utilizador e indicação do seu número de identificação fiscal;
 - b) Identificação da licença de produção de ApR;
 - c) Finalidade da utilização de ApR;
 - d) Avaliação do risco realizada de acordo com o disposto no subcapítulo 3.3;
 - e) Indicação exata dos locais de armazenamento e de receção, com recurso às coordenadas geográficas;
 - f) Localização geográfica das parcelas ou locais onde serão aplicadas as ApR, à escala apropriada e em formato digital;
 - g) Programa de monitorização.

ANEXO IV

CRITÉRIOS PARA A DEFINIÇÃO DE VALORES DE CAUÇÃO A PRESTAR NO ÂMBITO DO LICENCIAMENTO DE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE APR

O valor da caução é calculado em função da dimensão do projeto de reutilização, nomeadamente o volume de ApR produzido ou utilizado e dos fatores de risco associados, de acordo com os critérios abaixo descritos:

Q _{produzido/utilizado} (m ³ /dia)	Valor Base (€)	Valor em euros a adicionar ao valor base da caução				Valor min. Caucão (€)	Valor max. Caucão (€)
		Avaliação do Risco (resultado) ¹		Requisitos de qualidade a impor na licença ³ (€)	Hist. Incump. ⁴ (€)		
		Desprezável ² (€)	Aceitável (€)				
		-25% do Valor Base	+50% do Valor Base	+25% do Valor Base	+100% do Valor Base		
Q ≤ 750	0	0	0	0	0	0	0
750 < Q ≤ 1 500	500	-125	250	125	500	375	1 375
1 500 < Q ≤ 3 000	1 500	-375	750	375	1 500	1 125	4 125
3 000 < Q ≤ 7 500	2 500	-625	1 250	625	2 500	1 875	6 875
7 500 < Q ≤ 15 000	3 500	-875	1 750	875	3 500	2 625	9 625
15 000 < Q ≤ 22 500	4 500	-1 125	2 250	1 125	4 500	3 375	12 375
22 500 < Q ≤ 30 000	5 500	-1 375	2 750	1 375	5 500	4 125	15 125
30 000 < Q ≤ 45 000	6 500	-1 625	3 250	1 625	6 500	4 875	17 875
45 000 < Q ≤ 60 000	7 500	-1 875	3 750	1 875	7 500	5 625	20 625
60 000 < Q ≤ 75 000	9 000	-2 250	4 500	2 250	9 000	6 750	24 750
Q > 75 000	12 000	-3 000	6 000	3 000	12 000	9 000	33 000

¹ Resultado da avaliação de risco para a saúde ou ambiente ("abordagem pior cenário"), prevista no artigo 5.º do presente decreto-lei.

² Implica a adoção de barreiras para reduzir o risco para um nível de risco desprezável.

³ Por inclusão de normativo de qualidade nas licenças de produção e utilização de substâncias prioritárias, substâncias prioritárias perigosas ou outros poluentes, classificados nos decretos-leis n.ºs 103/2010, de 24 de setembro, e 218/2015, de 7 de outubro, na sua redação atual, ou poluentes específicos classificados no plano de gestão de região hidrográfica aplicável. Note-se que para estas substâncias há objetivos de redução ou cessação de emissões, no âmbito do disposto na Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, na sua redação atual, que aprova a Lei da Água.

⁴ Existência de histórico de incumprimento

ANEXO V

METODOLOGIA PARA DEFINIÇÃO DE PROGRAMAS DE MONITORIZAÇÃO DO MEIO RECETOR

Para análise da necessidade de definição de programa de monitorização do meio recetor pode recorrer-se à metodologia qualitativa de avaliação e risco abaixo descrita:

1. Identificação dos perigos:
 - Características das águas residuais:
 - Domésticas;
 - Urbanas;
 - Industriais sem substâncias prioritárias ou poluentes específicos;
 - Industriais com substâncias prioritárias ou poluentes específicos.
 - Atribuição de fatores do risco a cada perigo:
 - Domésticas – Risco aceitável (R ac);
 - Urbanas e/ou industriais sem substâncias prioritárias/poluentes específicos – Risco intermédio (R int);
 - Urbanas e/ou industriais sem substâncias prioritárias/poluentes específicos – Risco inaceitável (R inac).
2. Caracterização das vias de exposição e recetores:
 - Utilização da Matriz 1 para determinação do fator do risco associado a cada matriz ambiental passível de ser afetada (águas subterrâneas e/ou águas superficiais) em função das características hidrogeológicas e/ou hidrológicas:

Infiltração nas águas subterrâneas			Ausência de infiltração	Baixa infiltração	Média infiltração	Elevada infiltração
			I	II	III	IV
Risco para águas subterrâneas	Aquífero superficial com ausência de camada protetora de argila	I	2	4	6	6
	Aquífero profundo com camada protetora de argila	II	2	4	4	6
	Aquífero profundo com camada protetora de argila significativa	III	2	2	4	4
	Ausência de aquífero com continuidade hidrológica na área	IV	2	2	4	4
Risco para águas superficiais			6	6	4	2
			IV	III	II	I
			Elevada escorrência superficial	Média escorrência superficial	Baixa escorrência superficial	Ausência escorrência superficial
Escorrência superficial						

Matriz 1: Risco de afetação de matriz ambiental (adaptado de ISO 16075-1:2015, Guidelines for Treated Wastewater Use for Irrigation Projects — Part 1: The Basis of a Reuse Project for Irrigation)

- Utilização da Matriz 2 para definição do fator do risco associado às utilizações das águas subterrâneas, onde d é a distância entre a captação e a utilização:

	$d > 500$ m	300 m $< d \leq 500$ m	50 m $< d \leq 300$ m	$d \leq 50$ m
Captação sem extração (exceto captações de reserva para abastecimento público)	2	2	4	4
Captação com extração mínima (consumo humano) ou rega de áreas inferiores a 1 ha	2	4	4	4
Captação com extração (rega agrícola superior a 1 ha, campos de golfe e uso industrial)	4	4	4	6
Captações com grande extração (captações para abastecimento público) *	4	6	6	6

*Captações cujos perímetros de proteção ainda não tenham sido definidos pelas respetivas entidades gestoras

Matriz 2: Risco associado às águas subterrâneas (adaptado de A. Rebelo, I. Ferra, I. Gonçalves, A. M. Marques – A risk assessment model for water resources: Releases of dangerous and hazardous substances. Journal of Environmental Management. Vol. 140 (2014), p. 51-59)

No caso de existirem captações públicas com perímetro de proteção aprovado, em vez da Matriz 2 é utilizada a seguinte escala direta:

Fora do Perímetro – 0;
 Zona de Proteção Alargada – 4;
 Zona de Proteção Intermédia – 6;
 Zona de Proteção Imediata⁸ – Risco global inaceitável, a utilização não poderá ser autorizada no local inicialmente previsto.

⁸ De acordo com o disposto no Decreto-Lei n.º 382/99, de 22 de setembro, esta zona consiste área da superfície do terreno contígua à captação em que, para a proteção direta das instalações da captação e das águas captadas, todas as atividades são, por princípio, interditas. Nesta zona o terreno é vedado e tem que ser mantido limpo de quaisquer resíduos, produtos ou líquidos que possam provocar infiltração de substâncias indesejáveis para a qualidade da água captada.

- Utilização da Matriz 3 para definição do fator do risco associado às utilizações águas superficiais, onde d representa a distância entre a utilização de ApR e a linha de margem do curso de água:

	d > 500 m	300 m < d ≤ 500 m	50 m < d ≤ 300 m	d ≤ 50 m
Zonas sem utilização e não classificadas*	2	2	4	4
Zonas sem utilização e classificadas*	2	4	4	6
Zonas com utilização e não classificadas*	4	4	4	6
Zonas com utilização e classificadas*	4	6	6	6

*zonas sensíveis ou áreas adjacentes, zonas balneares, áreas protegidas,...

Matriz 3: Risco associado às águas superficiais (adaptado de A. Rebelo, I. Ferra, I. Gonçalves, A. M. Marques – A risk assessment model for water resources: Releases of dangerous and hazardous substances. Journal of Environmental Management. Vol. 140 (2014), p. 51-59)

- Definição do risco associado às águas subterrâneas e águas superficiais (Integração dos resultados das matrizes 1 e 2 e 1 e 3)

$$\text{Risco}_{\text{ag sub/sup}} = \frac{\text{Matriz 1} \times \text{Matriz 2 (Matriz 3)}}{6}$$

Interpretação de resultados:

- $0 < \text{Risco}_{\text{ag sub/sup}} < 2 \rightarrow$ Risco aceitável (R ac)
- $2 \leq \text{Risco}_{\text{ag sub/sup}} < 4 \rightarrow$ Risco intermédio (R int)
- $4 \leq \text{Risco}_{\text{ag sub/sup}} \leq 6 \rightarrow$ Risco inaceitável (R inac)

- Águas subterrâneas

$$\text{Risco}_{\text{ag sub}} = \frac{\text{Matriz 1} \times \text{Matriz 2}}{6}$$

Ex.: Captação subterrânea para uso industrial situada a menos de 50 m do ponto de utilização, numa área de baixa infiltração (presença de aquífero profundo com camada protetora de argila):

Resultados da Matriz 1 – 4

Resultado da Matriz 2 – 6

$$\text{Risco}_{\text{ag sub}} = \frac{4 \times 6}{6} = 4 \text{ (R inac)}$$

- Águas superficiais

$$\text{Risco}_{\text{ag sup}} = \frac{\text{Matriz 1} \times \text{Matriz 3}}{6}$$

Ex.: Escorrência para pequena linha de água classificada como zona adjacente a zona sensível (critério eutrofização) sem qualquer utilização para jusante a menos de 500 m. Do ponto de vista hidrogeológico é zona de elevada infiltração (eventual aquífero superficial)

Resultados da Matriz 1 – 6

Resultado da Matriz 2 – 2

$$\text{Risco}_{\text{ag sup}} = \frac{6 \times 2}{6} = 2 \text{ (R int)}$$

Caraterização do risco:

- A caraterização do risco é dada pelo produto matemático entre o perigo e o potencial de danos, ou seja:

PERIGO		POTENCIAL DE DANOS PARA AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E/OU SUPERFICIAIS		
		R _{ag sub/sup}		
		R _{ac}	R _{int}	R _{inac}
Águas residuais domésticas	R _{ac}	Não requer monitorização	Não requer monitorização	A definir caso-a-caso
Águas residuais urbanas e/ou industriais sem substâncias prioritárias/poluentes específicos	R _{int}	A definir caso-a-caso	Requer monitorização	Requer monitorização
Águas residuais urbanas e/ou industriais com m substâncias prioritárias/poluentes específicos	R _{inac}	Requer monitorização	Requer monitorização	Requer monitorização

Matriz 3: Caraterização do risco

Este procedimento é realizado para cada uma das matrizes ambientais e para cada uso, quando haja presença dos mesmos.