

Guia metodológico para a reutilização de águas residuais tratadas em Cabo Verde

Methodological guide for the reuse of treated wastewater in Cape Verde

Filipa Ferreira^{1,5}, António Albuquerque², Domingos Castro³, Marize Gominho⁴, José Saldanha Matos^{1,5}

¹ CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, CERIS, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura e Georecursos, Lisboa, Portugal, filipamferreira@tecnico.ulisboa.pt

² Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, antonio.albuquerque@ubi.pt

³ AdP – Internacional, Lisboa, Portugal, d.castro@adp.pt

⁴ ANAS/Agência Nacional de Água e Saneamento, Cidade da Praia, Cabo Verde, Marize.Gominho@anas.gov.cv

⁵ Hidra, Hidráulica e Ambiente, Lda, Lisboa, Portugal, jose.saldanha.matos@tecnico.ulisboa.pt

RESUMO: O aumento do consumo de água em Cabo Verde devido à crescente procura para abastecimento público, industrial, agrícola e turístico, exerce uma pressão significativa sobre os escassos recursos hídricos nacionais disponíveis. O Governo tem investido na última década numa grande reforma legislativa do sector da água e saneamento que advoga, como um dos requisitos, a reutilização total das águas residuais tratadas em utilizações compatíveis. Na presente comunicação é divulgado o “Guia Metodológico para a Definição do Quadro Regulamentar Aplicável à Água para Reutilização em Cabo Verde”, que se foca na reutilização de águas residuais tratadas de sistemas de tratamento centralizados ou descentralizados, considerando as utilizações compatíveis com a qualidade dos efluentes tratados. O Guia suporta-se no conceito de “adequação aos usos pretendidos” (“fit-for-purpose”) e do efeito de barreiras múltiplas, por forma a acrescentar robustez, resiliência e fiabilidade aos projetos de reutilização da água. O principal objetivo do guia é servir como um documento de orientação metodológica, alinhado com as melhores práticas internacionais, mas suficientemente simples e prático para poder ser adotado pragmaticamente em projetos de reutilização de água em Cabo Verde.

Palavras-chave: Adequação ao fim a que se destina; barreiras múltiplas; Cabo Verde; guia; reutilização da água.

ABSTRACT: The increase in water consumption in Cape Verde due to growing demand for public, industrial, agricultural and tourism activities, creates a significant pressure on the scarce national water resources. The Government has invested in the last decade in a major legislative reform of the water and sanitation sector which advocates, as one of the requirements, the full reuse of treated wastewater in compatible uses. This article refers to the “Methodological Guide for the Definition of the Regulatory Framework Applicable to Water for Reuse in Cape Verde”, which focuses on the reuse of treated wastewater from centralized or decentralized treatment systems, considering uses compatible with the quality of the treated effluent. The guide relies on the concept of “fit-for-purpose” and the multiple barriers effect, in order to add robustness, resilience and reliability to water reuse projects. The main objective of the guide is to serve as a methodological guidance document, aligned with international best practices, but simple and practical enough to be adopted pragmatically in water reuse projects in Cabo Verde.

Keywords: Cape Vert; fit-for-purpose; guide; multiple barriers; water reuse.

1. INTRODUÇÃO

O aumento do consumo de água em Cabo Verde devido à crescente procura para abastecimento público, industrial, agrícola e turístico, exerce uma pressão significativa sobre os recursos hídricos nacionais disponíveis. Com recursos hídricos limitados, Cabo Verde é um país em que a população tem vindo a aumentar significativamente nos últimos 40 anos (de 200 para quase 600 mil habitantes). A precipitação anual média é 237 mm e em três das dez ilhas (São Vicente, Sal e Boavista) é inferior a 100 mm. Os efeitos das alterações climáticas agravam a situação e contribuem para a procura prioritária de fontes de água alternativas.

O Governo investiu na última década numa grande reforma legislativa do sector da água e saneamento, consubstanciada no PLENAS, o Plano Estratégico Nacional de Água e Saneamento (Conselho de Ministros, 2015), que advoga, como um dos requisitos básicos, a total reutilização das águas residuais tratadas em utilizações compatíveis, até 2030. Adicionalmente, o recente Decreto Regulamentar Nº 4/2020, de 02 de março de 2020, estabelece os critérios e os parâmetros para controlo da qualidade da água para rega.

Os usos potenciais para a água para reutilização (ApR) incluem a irrigação e os usos urbanos compatíveis (por exemplo, lavagem de ruas; lavagem de contentores, veículos e equipamentos; e limpeza de coletores de águas residuais). A reutilização de águas contribuirá para satisfazer as necessidades futuras de água para usos que não requerem água potável, diminuindo os volumes a captar ou dessalinizar, contribuindo assim para a redução de custos, energia e emissões carbónicas na produção de água potável e da conseqüente descarga de águas residuais em meios recetores, para além de potenciar o uso sustentável dos recursos hídricos, em linha com os princípios consagrados da eficiência hídrica e energética e da economia circular.

Neste contexto, foi desenvolvido, por iniciativa da Águas de Portugal Internacional em articulação com a Agência Nacional de Água e Saneamento de Cabo Verde (ANAS), e com suporte da Sociedade HIDRA, Hidráulica e Ambiente Lda, o “Guia Metodológico para a Definição do Quadro Regulamentar Aplicável à Água para Reutilização em Cabo Verde”. O guia centra-se na reutilização de águas residuais tratadas de sistemas de tratamento de águas residuais centralizados ou descentralizados, considerando as utilizações compatíveis com a qualidade dos efluentes tratados. O principal objetivo do guia proposto é servir como um

documento de orientação metodológica, alinhado com as melhores práticas internacionais, mas suficientemente simples e prático para ser adotado pragmaticamente em projectos de reutilização de água em Cabo Verde. Foi desenvolvido tendo como referência principal o Guia para a Reutilização de Água - Usos não potáveis, elaborado pela Agência Portuguesa do Ambiente (2019).

O guia define os princípios gerais para a reutilização da água (incluindo as principais utilizações e normas de qualidade aplicáveis), estabelece diretrizes para a gestão e avaliação de riscos, licenciamento, e desenvolvimento de programas de monitorização.

2. REUTILIZAÇÃO: PRINCÍPIOS GERAIS

A reutilização de águas é enquadrada, no guia metodológico, numa abordagem de “adequação ao fim a que se destina” (*“fit-for-purpose”*, na terminologia anglo-saxónica), de acordo com normas adequadas a cada uso, bem como à proteção dos utilizadores, através de uma metodologia de avaliação de risco. Salienta-se que a conjugação das alíneas 2 e 4 do artigo 6º do DR nº 4/2020 abre a possibilidade de aplicação, se oportuno e para efeitos de licenciamento, de uma abordagem tipo *“fit-for-purpose”*.

Para garantir a correta aplicação da abordagem “adequação ao fim a que se destina”, a produção de ApR deve garantir uma qualidade mínima para os usos previstos. Na prática, a qualidade mínima é frequentemente condicionada pelo uso predominante, tendo em atenção as normas de qualidade em vigor, em função dos resultados do processo de avaliação do risco conjugado com a aplicação de barreiras ou barreiras equivalentes. O conceito de barreira-equivalente, explicado em maior detalhe no capítulo 3, corresponde ao conjunto de barreiras que produz um resultado equivalente a uma certa redução de perigo e risco associado a contaminação por microrganismos patogénicos.

Do ponto de vista agronómico, a água de rega destina-se a satisfazer as necessidades hídricas das plantas, não devendo ser veículo de aplicação de substâncias prejudiciais ao seu desenvolvimento (e.g., excesso de sais dissolvidos, metais pesados ou cloro residual), podendo adicionalmente fornecer substâncias benéficas ao desenvolvimento da planta (e.g., nutrientes como o azoto, boro, enxofre, fósforo, potássio e zinco). A proteção da saúde pública exige que o teor de compostos químicos e de microrganismos patogénicos seja compatível com o tipo de exposição humana e animal à rega e aos produtos regados.

A qualidade mínima é assegurada através da introdução de barreiras múltiplas equivalentes de segurança de natureza física ou química, a implementar pelo produtor, podendo ser complementadas por outras barreiras ao nível do utilizador.

A minimização dos riscos é conseguida através da consideração cumulativa de múltiplas barreiras, de natureza física ou química, a serem implementadas tanto pelo produtor de águas residuais tratadas como pelos utilizadores finais. Além disso, deve ser implementado um programa de monitorização e um plano de gestão dos riscos. Esta abordagem assegura a reutilização das águas residuais tratadas com uma qualidade adequada à utilização prevista, garantindo a proteção do ambiente e da saúde pública.

Os projetos para reutilização de águas podem ser implantados a partir de sistemas descentralizados de tratamento de águas residuais, coletivos ou individuais, que produzem ApR apenas para uso próprio, ou de sistemas coletivos centralizados de tratamento de águas residuais, que produzem ApR para uso próprio ou para a sua utilização por terceiros.

Os projetos para reutilização de águas devem incluir a recolha das ApR no local de produção e seu transporte, com eventual elevação, armazenamento e aplicação nos pontos de utilização. O armazenamento pode ter lugar em reservatórios enterrados, apoiados ou torres de pressão, em tanques, lagoas, massas de água de barragens, ou qualquer outro espaço de retenção de água. O desenvolvimento do projeto para reutilização de águas inclui as seguintes fases:

1. Avaliação das oportunidades de reutilização de águas e da viabilidade técnica em termos quantitativos e qualitativos, de acordo com a oferta (potencial de produção de ApR e qualidade no local de entrega) e de acordo com a procura (com análise dos possíveis usos e qualidade necessária para a sua aplicação).
2. Elaboração de uma avaliação do risco e definição de medidas de minimização, para identificar eventuais perigos da aplicação de ApR para o ambiente e saúde pública, de acordo com a tipologia de usos praticada, com determinação dos riscos associados ao projeto e com a definição de medidas para a sua minimização e controlo (i.e., implementação de barreiras sanitárias e ambientais ao nível do produtor e/ou utilizador e estabelecimento de plano de gestão de risco).

3. Avaliação do custo-benefício das soluções, para análise comparativa do investimento necessário para alcançar a qualidade mínima desejada nas ApR.
4. Obtenção das licenças para produção e utilização de ApR, em que constam as medidas de gestão e de monitorização adequadas a cada projeto.

3. AVALIAÇÃO E GESTÃO DE RISCO

Como referido, o guia considera uma abordagem adequada para assegurar uma qualidade mínima para as utilizações pretendidas, com base numa metodologia de avaliação de risco. A avaliação dos riscos no contexto da reutilização da água consiste em identificar vulnerabilidades, perigos e consequências da reutilização de água sobre o ambiente e a saúde pública, em termos espaciais e temporais, tal como se ilustra na Figura 3.1. Os riscos ambientais resultantes da aplicação de ApR na rega e usos urbanos decorrem, nomeadamente, da sua eventual escorrência, infiltração e percolação para o solo e recursos hídricos subterrâneos ou superficiais; os riscos para a saúde pública podem resultar da sua ingestão, inalação ou absorção pela pele.

O guia estabelece os procedimentos de avaliação de risco, gestão e comunicação de risco, que são componentes-chave dos estudos de análise de risco.

A implementação de modelos de gestão do risco pretende assegurar uma boa e segura implementação de projetos de reutilização de águas, devendo garantir os objetivos de qualidade das ApR para os usos preconizados, sem resultar em impactes ambientais negativos ou colocar em causa a saúde pública.

Para cada utilizador de ApR e para cada tipologia de aplicação deve ser elaborada uma grelha com as vulnerabilidades, perigos, consequências e riscos associados, para cenários de exposição direta ou indireta. Em cenários de exposição direta (ingestão ou inalação) poderá ser utilizado um modelo matemático quantitativo, como o Quantitative Microbial Risk Assessment (QMRA) proposto pela OMS (2006). No entanto, os modelos de avaliação semi-quantitativa e qualitativa são os mais adequados para as aplicações previstas no Guia. Na aplicação destes modelos, a severidade das consequências é definida empiricamente com base em dados da literatura.

A minimização dos riscos é alcançada pela aplicação de barreiras múltiplas ajustadas a cada projeto de reutilização de águas (conceito de multibarreira).

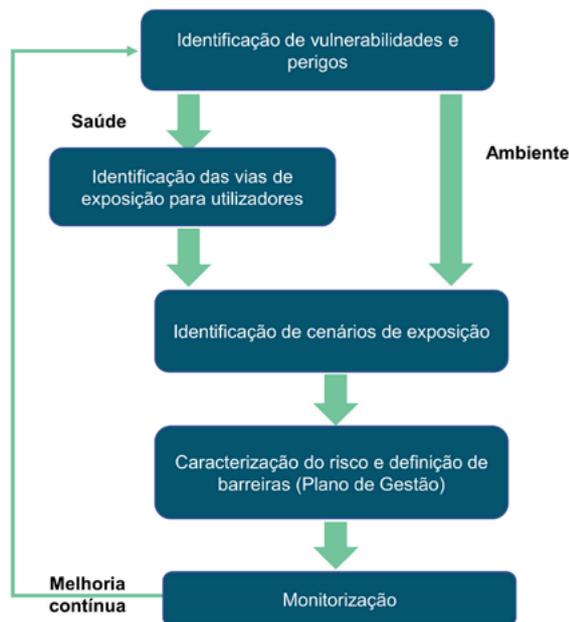


Figura 3.1. Representação esquemática da avaliação de risco.

Este procedimento consiste na imposição de barreiras de segurança ao nível do tratamento das águas residuais (barreiras ao nível do produtor) e de barreiras para minimizar o risco na sua utilização. A implementação de medidas com base na conjugação de múltiplas barreiras para obtenção de efeito multibarreira pode permitir a utilização de ApR de menor qualidade ao nível do produtor para um uso mais exigente ao nível do utilizador. Neste caso, as medidas de prevenção ou controlo ao nível do utilizador devem permitir alcançar um valor de risco mais reduzido, compatível ou equivalente à aplicação de um normativo mais exigente (barreira-equivalente).

Em conformidade com Rebelo *et al.* (2020), uma redução logarítmica (\log_{10}), assegurada por um conjunto particular de medidas preventivas, é conhecida como uma barreira equivalente (ou seja, um conjunto de medidas que assegure uma redução logarítmica de 1 é equivalente a uma redução de microrganismos de 10 vezes, pelo que a contagem final é 1/10 da contagem original, e pode ser designada por barreira equivalente). O guia propõe a aplicação do conceito de barreiras equivalentes, e estabelece o número de barreiras que devem ser combinadas com um grau específico de qualidade da água para assegurar um nível adequado de proteção contra agentes patogénicos. Para reduzir o risco para o ambiente (solo e recursos hídricos), podem ser usadas nomeadamente as seguintes barreiras:

- definir restrições de acesso aos locais de produção, armazenamento, distribuição e aplicação de ApR;
- evitar o transporte de ApR em sistemas abertos como canais ou valas, privilegiando o transporte por tubagem enterrada;
- não aplicar ApR em solos argilosos, fraturados ou fissurados;
- não aplicar ApR em solos onde a profundidade do nível freático, no período mais crítico do ano em termos de precipitação, seja inferior a 3 m.

Para reduzir o risco para a saúde pública resultante do contacto direto ou indireto com ApR sugerem-se, como exemplo, as barreiras seguintes:

- introduzir tratamento de afinação ou terciário para ApR de tratamento secundário, à base de filtração e desinfecção por tecnologias de radiação ultravioleta ou equivalente;
- evitar sistemas de rega por aspersão, privilegiando a rega gota-a-gota ou a rega subsuperficial, ou ainda evitar a lavagem de superfícies por jato em locais de acesso público;
- suspender a rega num período de tempo adequado, antes das operações de colheita;
- não utilizar ApR para rega de culturas destinadas a consumo em cru para pessoas ou animais.

A barreira, ou conjunto de barreiras, que produz um resultado equivalente a uma certa redução de perigo e risco associado a contaminação por microrganismos patogénicos, é definida como barreira-equivalente, apresentando-se alguns exemplos no Quadro 3.4.

Após a definição das barreiras a aplicar a cada oportunidade de utilização e de exposição, procede-se à classificação do risco associado às aplicações de ApR, em função da perigosidade e da probabilidade de falha das medidas de minimização (barreiras). Em termos de perigosidade, definiram-se quatro classes (Quadro 3.5), de acordo com a probabilidade do perigo ter ocorrido no passado, ou de as vulnerabilidades apresentadas poderem ser “baixa”, “média”, “alta” e “muito alta”. O risco é, assim, classificado qualitativamente em “Baixo”, “Médio”, “Alto” e “Muito Alto” em função da associação entre a perigosidade e a eficiência das barreiras, como apresentado no Quadro 3.6.

Quando o risco de um parâmetro for “Muito Alto”, o projeto de reutilização de águas deve ser

considerado inviável. Se o risco for “Médio” ou “Alto” devem ser equacionadas novas barreiras e voltar a ser avaliado o risco até que se obtenha a classificação de risco “Baixo”. Apenas com uma avaliação de Baixo Risco se deverá abrir a possibilidade da não satisfação integral das normas de qualidade de ApR para rega definidas no Decreto Regulamentar Nº 4/2020, de 2 de março, conforme decisão excecional da Entidade Licenciadora.

O guia inclui, como exemplo de aplicação, o estudo de caso de reutilização de águas residuais da ETAR do Tarrafal, localizada na ilha de Santiago, Cabo Verde. A ETAR compreende um sistema de tratamento de águas residuais por lagoas de estabilização, prevendo-se um tratamento final de afinação, destinando-se a ser reutilizado na irrigação de campos agrícolas próximos e na rega de espaços verdes.

Quadro 3.1. Tipo de barreiras e barreiras-equivalentes para redução de carga microbiológica patogénica (adaptado de HPB, 2022; APA, 2019 e OMS, 2006).

| Barreira | Redução de microrganismos indicadores ou patogénicos (Log ¹⁰) | Nº de barreiras-equivalentes |
|--|---|------------------------------|
| Tratamento secundário em ETAR | 0,5 a 3 | 1 a 2 |
| Tratamento de afinação com filtração em meio granular ¹ | 2 a 4 | 1 a 2 |
| Tratamento de afinação com filtração em membrana ² | 4 a 6 | 2 a 3 |
| Tratamento de afinação com desinfecção ³ | 2 a 6 | 1 a 3 |
| Rega gota-a-gota para culturas de crescimento lento (≥25 cm do solo) | 2 | 1 |
| Rega gota-a-gota para culturas de crescimento elevado (≥50 cm do solo) | 4 | 2 |
| Rega subsuperficial | 6 | 3 |
| Coberturas resistentes ao sol | 2 a 4 | 1 a 2 |
| Secagem de culturas ao sol antes da colheita (e.g., girassol) | 2 a 4 | 1 a 2 |
| Cessação da rega ou interrupção em período de tempo anterior à colheita | 0,5 a 2 ⁴ | 1 ⁴ |
| Restrição de acesso de pessoas e animais, pelo menos 24 horas após a rega | 0,5 a 2 | 1 |
| Restrição de acesso de pessoas e animais, pelo menos 5 dias após a rega | 2 a 4 | 1 a 2 |
| 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 por exemplo, filtro de areia ou antracite com carvão ativado.

² por exemplo, microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração ou osmose inversa.

³ por exemplo, cloragem ou radiação ultravioleta.

⁴ por dia, tempo seco.

Quadro 3.5. Classes de perigosidade.

| Perigosidade | Descrição |
|--------------|--|
| Baixa | Não há evidência de ter ocorrido no passado ou a vulnerabilidade é baixa. |
| Média | Há evidência de ter ocorrido no passado, mas não há registos ou a vulnerabilidade é média. |
| Alta | Há registos de ocorrência de alguns casos no passado ou a vulnerabilidade é alta. |
| Muito alta | Há registos de ocorrência frequente no passado ou a vulnerabilidade é muito alta. |

Quadro 3.6. Classificação do risco para os usos previstos.

| | | Perigosidade | | | |
|--------------------------|------------|--------------|-------|-------|------------|
| | | Baixa | Média | Alta | Muito alta |
| Eficiência das barreiras | Baixa | Alto | Alto | Alto | Muito alto |
| | Média | Médio | Médio | Alto | Alto |
| | Alta | Baixo | Médio | Médio | Alto |
| | Muito alta | Baixo | Baixo | Baixo | Médio |

4. LICENCIAMENTO, PLANO DE MONITORIZAÇÃO E PLANO DE GESTÃO DE RISCO

O guia estabelece os requisitos de licenciamento que estão sujeitos a parecer das autoridades de gestão dos recursos hídricos, agricultura, saneamento e saúde, concretamente a Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANAS), a quem foi atribuída a responsabilidade de licenciar a produção e a reutilização de águas residuais tratadas. As licenças de produção e de utilização de ApR podem ser emitidas por um prazo máximo de 10 anos, sendo o gestor do sistema centralizado o responsável pela manutenção da qualidade da água até ao local de entrega.

Cada projeto de reutilização de água deve incluir um plano de monitorização relativo à qualidade da água reutilizada nos locais de produção e distribuição, para avaliar a eficácia das medidas de minimização na redução dos riscos ambientais e de saúde pública. São distinguidos três tipos de planos de monitorização:

- Monitorização de validação: para provar que um dado sistema de reutilização cumpre os requisitos de qualidade requerida para o uso pretendido. A monitorização de validação é suportada por três tipos de indicadores (bactérias, vírus e protozoários) e é efetuada uma vez, no arranque do sistema de tratamento.
- Monitorização de desempenho: ao longo da vida útil do projeto, devem ser monitorizados os parâmetros operacionais adequados à tipologia de tratamento e do sistema de reutilização, com prévia seleção de pontos críticos de controlo. Podem ser considerados parâmetros como: caudal, oxigénio dissolvido, CBO5, SST, tempos de retenção hidráulica; cloro residual livre, pH e temperatura.
- Monitorização de conformidade: de solos (incluindo a salinidade), vegetação ou recursos hídricos, para confirmação de não deterioração. A monitorização de solos e vegetação deve ser definida em conjunto pela ANAS e autoridade de agricultura.

Por último, refere-se o plano de gestão do risco (Figura 4.1) que se destina a prever procedimentos para a identificação de vulnerabilidade e perigos, identificação de consequências e estimativa qualitativa do risco, avaliação do risco e definição de medidas mitigadoras e monitorização, em todas as fases de reutilização de águas, desde a produção até à utilização. Estes procedimentos devem ser revistos periodicamente, numa perspetiva de

melhoria contínua, garantindo assim que o risco se mantém baixo (i.e., os perigos e suas potenciais consequências sejam reduzidos) ao longo de período de vida útil do projeto de reutilização.



Figura 4.1. Aspectos a considerar no plano de gestão de risco.

SÍNTESE

O presente artigo apresenta o “Guia Metodológico para a Definição do Quadro Regulamentar Aplicável à Água para Reutilização em Cabo Verde”, desenvolvido com base nos conceitos de “adequação aos usos pretendidos” (“fit-for-purpose”) e de multibarreiras.

O guia centra-se na reutilização de águas residuais tratadas de sistemas de tratamento de águas residuais centralizados ou descentralizados, considerando as utilizações compatíveis com a qualidade dos efluentes tratados. O principal objetivo do guia proposto é servir como um documento de orientação metodológica, alinhado com as melhores práticas internacionais, mas suficientemente simples e prático para ser adotado pragmaticamente em projectos de reutilização de água em Cabo Verde

São identificados os aspetos relevantes a ter em atenção no desenvolvimento de projetos de reutilização de águas residuais, incluindo de avaliação e gestão do risco, de licenciamento da produção e da utilização, de planos de monitorização das ApR, da saúde e dos meios recetores (solos, plantas, águas superficiais e águas subterrâneas). Para se assegurar a adequada promoção da ApR e dos seus projetos, bem como a respetiva aceitação pública, a transmissão de informação e sensibilização da população é considerada crucial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APA (2019). Guia para a reutilização de água. Usos não potáveis. Agência Portuguesa do Ambiente, Lisboa, Portugal.

Conselho de Ministros (2015). Resolução nº 10/2015 de 20 de fevereiro (PLENAS – Plano Estratégico Nacional de Água e Saneamento), Cabo Verde.

Conselho de Ministros (2020). Decreto Regulamentar Nº 4/2020, de 2 de março (critérios e parâmetros para controlo da qualidade da água para rega). Boletim oficial do Governo de Cabo Verde, I Série, Nº 24, Cabo Verde.

OMS (2006). Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Organização Mundial da Saúde, Genebra, Suíça.

Rebelo A., Quadrado M., Franco A., Lacasta N., Machado P. (2020). Water reuse in Portugal: New legislation trends to support the definition of water quality standards based on risk characterization, Water Cycle, Volume 1, Pages 41-53.