

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

PATÓGENOS EM ÁGUAS CINZA: REVISÃO

*Felipe Ramos Marques¹
Willian Ribeiro Ide¹
Paula Loureiro Paulo¹

PATHOGENS IN GREYWATER: REVIEW

Recibido el 3 de febrero de 2017; Aceptado el 15 de marzo de 2018

Abstract

*The reuse of greywater is relevant considering the growing water scarcity problems in the world. However, its use without adequate treatment presents risks to human health, as pathogens may be present in this effluent. To provide safe reuse, microbiological risk assessment studies are recommended. To do so, it is essential to gather information on possible pathogens and indicators present in this fraction of domestic sewage. Most studies available in the literature found no pathogens in greywater. However, some other studies have detected bacteria, viruses and protozoa, varying from 0.4 organisms.L⁻¹ of Cryptosporidium to 10⁶ (CFU.100mL⁻¹) of *Salmonella*. Several authors reported that the performance of pathogens analysis was not technically and financially feasible, and adopted the use of biological indicators instead. However, indicator organisms tend to be influenced by other microorganisms or chemicals present in the greywater. Therefore, it is neither recommended to use a single indicator to verify fecal contamination, nor to use biological indicators to estimate the concentration of pathogens in greywater, once it might underestimate or overestimate the risks.*

Keywords: domestic sewage, fecal contamination, reuse, risk assessment.

¹ Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.

* Autor correspondente: Av. Costa e Silva, s/n - Cidade Universitária, Campo Grande - MS, 79070-900.

Email: felipe.ramos.marques@gmail.com

Resumo

O reuso de água cinza é relevante considerando-se os problemas de escassez hídrica cada vez mais frequente no mundo. Entretanto, sua utilização sem tratamento adequado apresenta riscos à saúde humana, pois patógenos podem estar presentes nesse efluente. Para proporcionar o reuso seguro, estudos de avaliação de risco microbiológico são recomendados. Para tal, é imprescindível levantar informações sobre possíveis patógenos e indicadores presentes nesta fração do esgoto doméstico. Na maioria dos estudos disponíveis na literatura não foram encontrados patógenos na água cinza. No entanto, em alguns estudos foram detectados bactérias, vírus e protozoários, e em concentrações que vão de 0.4 organismos.L⁻¹ de *Cryptosporium* a 10⁶ (UFC/100mL) de *Salmonella*. Vários autores relataram inviabilidade técnica e financeira na execução de análises de patógenos, tendo que recorrer à utilização de indicadores biológicos. No entanto, organismos indicadores tendem a sofrer influência de outros microrganismos ou substâncias químicas presente na água cinza. Logo, não é recomendado utilizar um único indicador para verificar contaminação de origem fecal, tampouco usar indicadores biológicos para estimar a concentração de patógenos na água cinza, pois podem subestimar ou superestimar os riscos.

Palavras chave: avaliação de risco, contaminação fecal, esgoto doméstico, reuso.

Introdução

A água é essencial para a vida de todos os seres vivos que habitam nosso planeta. A natureza aleatória deste recurso, que se manifesta pela alternância de períodos chuvosos e períodos de seca, tornam-no ainda mais precioso (Pedro-Monzonís *et al.*, 2015). A escassez de água doce já vem restringindo o desenvolvimento econômico e o bem-estar social em muitos países (Barbagallo *et al.*, 2012; Mankad, 2012). Com o crescimento econômico e populacional previsto para as próximas décadas, aliados às mudanças climáticas e ao uso inadequado deste recurso, a demanda por água de boa qualidade deve aumentar e agravar esses problemas (Benami *et al.*, 2013; Friedler, 2004). Uma alternativa promissora é a separação e reuso local de águas cinza (Dalahmeh *et al.*, 2012; Fu *et al.*, 2012; Hernández Leal *et al.*, 2012; Lazarova *et al.*, 2012; Mankad, 2012; Molinos-Senante *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2012). Essa prática pode reduzir de 30% a 50% do consumo de água em uma residência (Emmerson, 1998).

A separação na fonte consiste na coleta em separado do efluente na origem, de acordo com suas características. Em relação ao efluente doméstico, o mais comum é a separação em águas negras (efluentes provenientes dos vasos sanitários, como urina, fezes e papel higiênico) e águas cinza (lavatório, banho e lavanderia, excluindo o efluente proveniente dos vasos sanitários) (Otterpohl, 2001). Essa separação resulta numa água cinza com baixa contaminação fecal e com menos substâncias eutrofizantes (tabela 1), simplificando a sua reutilização no local (Gonçalves, 2009; Ottosson, 2003).

As águas cinza podem ser utilizadas para diversos fins não potáveis (Emmerson, 1998; Gross *et al.*, 2015; Maimon *et al.*, 2010; Ottoson & Stenström, 2003; WHO (2006b). Todavia, cuidados devem ser tomados em seu manuseio, tendo em vista os riscos ambientais e à saúde humana devido à possibilidade de presença de metais pesados (Guilbaud *et al.*, 2012), compostos orgânicos (Finley *et al.*, 2009), e principalmente, microrganismos patogênicos relacionados à contaminação cruzada por fezes (Gross *et al.*, 2015; Maimon *et al.*, 2014; Stenström *et al.*, 2011; Tandlich *et al.*, 2009), uma vez que microrganismos patogênicos (bactérias, vírus e parasitas) são expelidos em grande quantidade nas fezes de indivíduos infectados (Bitton, 2005; Feachem *et al.*, 1983; Haas *et al.*, 2014). Para compreender e gerenciar esses riscos, é imprescindível levantar informações sobre possíveis patógenos e indicadores presentes na água cinza e suas concentrações. Portanto, o objetivo desse trabalho foi realizar levantamento de literatura de concentrações de patógenos na água cinza e os indicadores de contaminação utilizados, informações essas a serem utilizadas em estudos de avaliação de risco.

Revisão

Características da água cinza

As características da água cinza variam de acordo com a fonte de água, a rede de distribuição e principalmente, as atividades realizadas na residência (Al-Mashaqbeh *et al.*, 2012; Crook & Rimer, 2009; Eriksson *et al.*, 2002). Sua composição e o volume são influenciados por fatores como o nível social, o estilo de vida, os hábitos e costumes (como o uso de produtos químicos), o estado de saúde, a quantidade e a idade dos ocupantes da residência, além de fatores como a localização e a degradação química e biológica que ocorre dentro da tubulação e durante seu armazenamento (Finley *et al.*, 2009; Gross *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2010). Note na tabela 1 que as características da água cinza mudam significativamente ao separá-la da água negra.

Tabela 1. Comparação das características das águas cinza e águas negras.

| Parâmetro | Águas cinza | Águas negras | Combinação |
|---|-------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| DBO ₅ (g.p ⁻¹ .d ⁻¹ e mg.L ⁻¹) | 25 e 150-300 | 20 e 2000-3000 | 71 |
| DBO ₅ (% de OD) | 90 | 40 | - |
| DQO (g.p ⁻¹ .d ⁻¹ e mg.L ⁻¹) | 48 e 300 | 72 e 2000-6000 | - |
| Fósforo total (g.p ⁻¹ .d ⁻¹ e mg.L ⁻¹) | 2 e 4-35 | 1.6 | 4.6 |
| Nitrogênio total (g.p ⁻¹ .d ⁻¹ e mg.L ⁻¹) | 1 (0.6-5 mg.L ⁻¹) | 11 | 13.2 |
| Sólidos suspensos totais (g.p ⁻¹ .d ⁻¹) | 18 | >50 | 70 |
| Patógenos | Baixa | Muito alta | Muito alto |
| Principais características | Químicos inorgânicos | Orgânicos, patógenos | Inorgânicos, orgânicos e patógenos |

Adaptado de (Wang et al., 2010); g.p-1.d-1 = gramas.pessoas-1.dia-1

As águas cinza podem ser divididas, ainda, em duas categorias: água cinza clara e água cinza escura. As águas cinza clara são águas residuais provenientes do chuveiro, do lavatório e da máquina de lavar roupas, enquanto que as águas cinza escura são efluentes gerados na pia da cozinha e na máquina de lavar pratos (Henze & Ledin, 2001). Essa separação reduz significativamente a quantidade de sólidos e gordura, tornando o tratamento mais simples (Gross *et al.*, 2015).

A maior parte do esgoto doméstico - entre 60 e 75% - é composta por águas cinza (Eriksson *et al.*, 2002; Gonçalves, 2009). Esse efluente é normalmente utilizado para irrigação de jardim e descarga de vaso sanitário, podendo economizar até 50% do consumo de água potável de uma residência (Eriksson *et al.*, 2002; Maimon *et al.*, 2010; Ottoson & Stenström, 2003). Pode ser utilizado, ainda, para outros fins não potáveis, tais como irrigação de áreas verdes (parques, campos de golfe, campos desportivos, cinturões verdes e cemitérios), paisagismo (cascatas, fontes, lagos), lavagem de veículos e janelas, limpeza de pisos, vias e logradouros, combate a incêndio, alimentação de caldeiras e produção de concreto (Emmerson, 1998; Lazarova *et al.*, 2012; Okun, 1997; WHO (2006b)). O uso da água cinza para irrigação é bem visto já que esse efluente é rico em nutrientes, podendo reduzir a necessidade do uso de fertilizantes (Okun, 1997). Entretanto, como visto anteriormente, a possibilidade de presença de patógenos na água cinza sugere cuidados em seu manuseio e, portanto, deve ser estudada para garantir o gerenciamento adequado dos riscos.

Características dos patógenos

Os microrganismos são onipresentes na natureza, sendo que a maioria não é patogênica para os seres humanos. Em sistemas de tratamento de esgoto, eles agem como decompositores de matéria orgânica e nutrientes (U.S.EPA, 2012). No entanto, o esgoto doméstico pode conter grande variedade de microrganismos patogênicos, oriundos, principalmente, das fezes de humanos infectados (Stenström *et al.*, 2011). Grande parte dos patógenos encontrados em águas residuais não tratadas são conhecidos como microrganismos entéricos - que habitam o trato intestinal, onde podem causar doenças como a diarreia. Eles são classificados em três grandes grupos: bactérias, vírus e parasitas (protozoários e helmintos).

A tabela 2 apresenta alguns patógenos excretados nas fezes de indivíduos infectados e que, portanto, podem estar presentes em águas residuais, tais como as águas cinza. Esses patógenos podem ser transmitidos pela água e acessar o hospedeiro mediante inalação de aerossóis, contato com a pele e ingestão oral (Bitton, 2005; Stenström *et al.*, 2011; WHO, 2012; Winward, 2007), durante atividades como a ingestão acidental de água cinza, a inalação de aerossóis devido à irrigação ou à descarga do vaso sanitário e o contato com objetos, plantas, solo, brinquedos e utensílios de jardinagem contaminados (U.S.EPA, 2008; Winward, 2007). Como pode ser observado na tabela 2, os microrganismos patogênicos são excretados em grande quantidade nas fezes de humanos infectados e a dose infecciosa varia com o tipo de patógeno, sendo necessárias

apenas algumas partículas para estabelecer infecção por vírus entéricos e milhares de organismos para que ocorra infecção por *Salmonella typhi*.

Tabela 2. Características dos principais patógenos excretados nas fezes de indivíduos infectados

| Organismo | Excreção (g ⁻¹ de fezes) | Dose infectiva mínima | Doenças e sintomas | Período de incubação | Duração da doença |
|-----------------------------|-------------------------------------|---|---|----------------------|-------------------|
| Bactérias entéricas | | | | | |
| <i>Salmonella</i> spp. | 10 ⁴ -10 ¹⁰ | 10 ⁴ -10 ⁷ | Salmonelose, gastroenterite, artrite reativa, febre tifóide | 16-72h | 2-7 dias |
| <i>Shigella</i> ssp. | 10 ⁵ -10 ⁹ | 10 ¹ -10 ² | Shigelose (disenteria bacilar) | 16-72h | 2-7 dias |
| <i>Vibrio cholerae</i> | 10 ⁶ | 10 ³ | Cólera, diarreia, vômito | - | - |
| <i>Campylobacter jejuni</i> | 10 ⁷ | Cerca de 500 | Gastroenterite, artrite reativa, síndrome de Guillain-Barré | 3-5 dias | 2-10 dias |
| Vírus entéricos | | | | | |
| Enterovirus | 10 ³ -10 ⁷ | 1 | - | - | - |
| Rotavírus | 10 ⁹ -10 ¹⁰ | 1 | Rotavirose (gastroenterite e febre) | 24-72h | 4-6 dias |
| Adenovirus | 10 ¹¹ | 1 | Doença respiratória, infecção nos olhos, gastroenterite | 8-10 dias | 8 dias |
| Norovirus | 10 ¹¹ | 1 | Gastroenterite | 24-48 dias | 1-2 dias |
| Protozoários | | | | | |
| <i>Giardia lamblia</i> | 10 ⁵ | 10 ¹ -10 ² cistos | Giardíase (gastroenterite) | 7-14 dias | Semanas-meses |
| <i>Cryptosporidium</i> | 10 ⁷ | 10 ¹ oocistos | Criptosporidiose, diarreia, febre | 2-14 dias | Semanas-meses |
| Helmintos | | | | | |
| <i>Ascaris</i> | 10 ⁴ -10 ⁵ | 1 – 10 ovos | Ascariíase (infecção da lombriga) | - | - |
| <i>E. histolytica</i> | - | - | Amebíase (disenteria amebiana) | 7-14 dias | Semanas-meses |

Fonte: (Bitton, 2005; Feachem et al., 1983; Haas et al., 2014; McCray et al., 2009; Ottosson & Stenström, 2003; U.S.EPA, 2012)

Concentração de patógenos na água cinza

A presença de patógenos na água cinza está relacionada, principalmente, à contaminação fecal cruzada, resultante de atividades como lavar roupas, tomar banho e lavar as mãos após o contato com superfícies e objetos contaminados (Ottosson & Stenström, 2003; Stenström et al., 2011). Diante disso, foi realizado levantamento literário de trabalhos em que foram realizadas análises microbiológicas de patógenos na água cinza. As informações encontradas estão resumidas na Tabela 3.

Ao analisarem a qualidade da água cinza gerada no banheiro e lavanderia de quatro residências em Melbourne (Austrália), Christova-Boal *et al.* (1996) não detectaram a presença de *Salmonella* ssp., *Campylobacter* ssp., *Cryptosporidium* e *Giardia* em nenhuma das amostras. Winward *et al.* (2008) analisaram a água cinza proveniente de lavatórios, banheiras e chuveiros de 18 apartamentos no campus de uma universidade do Reino Unido e não detectaram a presença de *Salmonella* ssp. e *Campylobacter* ssp. nas respectivas 13 e 9 amostras investigadas. Matos *et al.* (2012) também não detectaram a presença de *Salmonella* e ovos de helmintos ao analisarem a água cinza de uma residência em que o número de moradores variava entre 4 e 6 pessoas em Portugal. No Brasil, Vaz (2009) ao realizar análise da água cinza gerada em lavatórios, chuveiros, tanques e máquinas de lavar roupas de um residencial multifamiliar de classe alta no município de Vitória (ES) não detectou a presença de *Cryptosporidium* ssp., *Giardia* ssp., *Salmonella* ssp. e ovos de helmintos em nenhuma das amostras (8-12) analisadas. Já Rapoport (2004) detectou *Salmonella* em 1 de 8 amostras analisadas de um residencial, na concentração de 2×10^2 UFC/100ml. Birks *et al.* (2004) analisaram três amostras de água cinza gerada no lavatório de uma arena poliesportiva em Londres (Reino Unido) com a finalidade de verificar a presença dos seguintes patógenos: *E. Coli* (O157), *Salmonella*, *Campylobacter*, *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Legionella pneumophila* (serotipo 1 e 2-14) e *Shigella*. Os resultados mostraram a presença do serotipo *Legionella pneumophila* 2-14 em todas as três amostras, variando de 1500 a 7500 unidades formadoras de colônia (UFC) por litro. Além disso, *Cryptosporidium* e *Giardia* foram detectadas em 2 das 3 amostras, porém, em baixas concentrações. Já Birks & Hills (2007), ao analisarem a água cinza de 18 apartamentos de em condomínio de 72 unidades no Reino Unido, observou a presença de *Giardia* em baixa concentração em 63% das amostras - entre 0.5-1.5 organismos por litro - e *Salmonella* em 13% das amostras. Já *Cryptosporidium*, *Campylobacter*, *Legionella pneumophila*, sg 1.2-14, *Legionella* sp. (non-pneumophila), Enterovirus e *Escherichia coli* (*E. Coli*) O157:H7 não foram encontrados.

No entanto, O'TOOLE *et al.* (2012) analisaram a presença de vírus entéricos (norovírus, enterovírus e rotavírus) em 111 amostras de água cinza de 93 casas em Melbourne (Austrália) e identificaram a presença dessas partículas em 20 amostras (18%), sendo que 16 eram originárias de máquinas de lavar roupas e 4 do banheiro (chuveiro e lavatório). Norovírus foram encontrados em 13 amostras, enterovírus em 8 amostras e rotavírus em 1 amostra. Foi observada a presença de mais de um vírus em duas amostras de máquina de lavar roupa. Esse autor realizou ainda uma pesquisa domiciliar com o intuito de identificar casos de doenças gastrointestinais na população amostrada. Ele conclui que houve pouca correlação entre os relatos de problemas gastrointestinais (relatados em 14 residências) e a presença de patógenos na água cinza. Já Katukiza *et al.* (2014), ao realizar monitoramento da qualidade da água cinza em 10 casas em uma favela na cidade de Kampala (Uganda), detectaram a presença de *Salmonella* spp. em 61% das 81 amostras, e em alta concentração. Nas amostras provenientes de lavanderias, foi observada concentração média de 3.02×10^6 ($\pm 2.9 \times 10^6$) UFC de *Salmonella* spp. por 100 mL de amostra. Nas amostras do banheiro, foi observada em média 1.63×10^6 ($\pm 1.3 \times 10^6$) UFC de *Salmonella* spp. por

100 mL de amostra. Destaca-se nesse trabalho, que a vazão de água cinza produzida nessas residências era de apenas 99L/dia, considerada baixa tendo em vista o fato de haver, em média, 7 moradores por residência amostrada. Ainda na África, Kotut (2011) analisou a água cinza coletada em 15 residências na cidade de Homa Bay (Quênia) e detectou *Salmonella*, *Shigella* e *Vibrio cholerae* em 33%, 15% e 17%, respectivamente, das amostras da água cinza oriunda da lavanderia e em 31%, 22% e 9%, respectivamente, da água cinza proveniente da lavagem de pratos. Já na água cinza produzida nas atividades de banho, *Salmonella* e *Vibrio cholerae* estavam presentes em 33% das amostras.

Tabela 3. Síntese da concentração de patógenos disponível na literatura.

| Referência | Origem | Patógeno | Concentração |
|---------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|--|
| (Christova-Boal <i>et al.</i> , 1996) | Banheiro e lavanderia | <i>Campylobacter</i> spp. | ND |
| | | <i>Cryptosporidium</i> | ND |
| | | <i>Salmonella</i> spp. | ND |
| (Birks <i>et al.</i> , 2004) | Lavatório | <i>Cryptosporidium</i> (por litro) | 0.4-1.2 |
| | | <i>Giardia</i> (por litro) | 0.6-1.2 |
| | | <i>Campylobacter</i> | ND |
| | | <i>Salmonella</i> | ND |
| | | <i>Shigella</i> | ND |
| (Birks & Hills, 2007) | Água cinza clara | <i>Cryptosporidium</i> (por litro) | ND |
| | | Enterovirus (por 10 litros) | ND |
| | | <i>Campylobacter</i> (por L) | ND |
| | | <i>Salmonella</i> (NMP/L) | (+) |
| (Winward <i>et al.</i> , 2008) | Banheiro e lavanderia | <i>Giardia</i> (por litro) | 0.5-1.5 |
| | | <i>Salmonella</i> spp. | ND |
| | | <i>Campylobacter</i> spp. | ND |
| | | <i>Salmonella</i> spp. (NMP/100mL) | ND |
| (Vaz, 2009) | Água cinza clara | <i>Cryptosporidium</i> spp | ND |
| | | <i>Giardia</i> spp | ND |
| | | Ovos de helmintos | ND |
| | | <i>Salmonella</i> (UFC/100mL) | 2.0x10 ² |
| (Rapoport, 2004) | Chuveiro e lavatório | Norovirus | (+) |
| | | Enterovirus | (+) |
| | | Rotavirus | (+) |
| (Kotut, 2011) | Chuveiro, lavandeira e cozinha | <i>Salmonella</i> | (+) |
| | | <i>Shigella</i> | (+) |
| | | <i>Vibrio cholerae</i> | (+) |
| (Katukiza <i>et al.</i> , 2014) | Lavanderia | <i>Salmonella</i> spp. (UFC/100mL) | 3.0x10 ⁶ (±2.9x10 ⁶) |
| | Banheiro | <i>Salmonella</i> spp. (UFC/100mL) | 1.6x10 ⁶ (±1.3x10 ⁶) |

ND = não detectado; (+) = presente na amostra.; NMP = Número Mais Provável; UFC = Unidades de Formação Colônias.

A maioria dos estudos disponíveis na literatura não detectou a presença de patógenos ou detectou em baixas concentrações. Nesses casos pode ter ocorrido que o método de análise utilizado foi incapaz de detectá-los ou que o período amostrado não coincidiu com período de

infecção, já que microrganismos patogênicos não fazem parte da flora fecal normal e geralmente estão presentes no efluente quando há indivíduo infectado na residência (Lusk *et al.*, 2011). No entanto, estudos realizados por Katukiza *et al.* (2014) e Kotut (2011) em locais com deficiências de saneamento básico, aliados ao trabalho de O'Toole *et al.* (2012), apontam potencial considerável de presença de bactérias patogênicas e partículas virais na água cinza, confirmando a potencialidade de transmissão de patógenos por meio desse efluente. Foram detectados representantes dos principais grupos de patógenos na água cinza: vírus (Norovirus, Enterovirus e Rotavirus), bactérias (*Salmonella*, *Shigella* e *Vibrio cholerae*) e protozoários (*Giardia* e *Cryptosporidium*).

Foi observado que há pouca informação na literatura acerca da concentração de patógenos na água cinza. Alguns autores relatam que a pesquisa rotineira de organismos patogênicos tem custo elevado, é difícil e demorada, requer mão-de-obra qualificada e, em alguns casos, as técnicas analíticas ainda não apresentam sensibilidade e especificidade necessária (Birks & Hills, 2007; Gerba, 2009). Por essas razões, tem-se utilizados microrganismos indicadores para avaliar a qualidade microbiológica das águas residuais (Rodríguez *et al.*, 2012), evitando a perda de tempo e gastos desnecessários com análises (Gross *et al.*, 2015).

Uso de indicadores na identificação da contaminação fecal

O conceito de microrganismos indicadores foi desenvolvido no final do século XX para avaliar o potencial de contaminação fecal na água. Ele é baseado no fato de que há certas bactérias não patogênicas que ocorrem nas fezes de todos os animais de sangue quente. Logo, sua detecção na amostra significa que ocorreu contaminação fecal e sugere que patógenos entéricos também podem estar presentes (Gerba, 2009).

Os microrganismos indicadores de contaminação sanitária são geralmente usados para detectar mudanças de qualidade, monitorar, classificar e restringir o uso de águas ou alimentos (Souza, 2006). Para um indicador ser considerado ideal é necessário que ele: i) seja aplicável a todos os tipos de águas; ii) tenha população no ambiente maior do que outros patógenos; iii) tenha sobrevivência maior que os possíveis patógenos; iv) possua resistência equivalente à dos patógenos aos processos de autodepuração; e v) seja detectado por metodologia simples e barata (Duarte, 2011).

A maioria dos estudos sobre bactérias patogênicas utiliza indicadores fecais pertencentes ao gênero *Enterococcus* e à família *Enterobacteriaceae* (Magri, 2013; Ottoson, 2005). Dentro desta família está o grupo coliforme, considerado um dos grupos mais importantes na área ambiental, do qual fazem parte os Coliformes Totais, os Coliformes Fecais (atualmente denominado Coliformes Termotolerantes) e a *Escherichia Coli*. A *E. Coli* é muito utilizada como indicadora de contaminação de origem fecal por ser uma bactéria de fácil isolamento e identificação, e por ter período de sobrevivência semelhante ao dos agentes patógenos mais comuns na flora intestinal

(Bastos *et al.*, 2000; Pinto & Oliveira, 2011). Amaral (2007) relata em seu estudo que as bactérias do grupo coliforme têm demonstrado eficiência no monitoramento de águas doces em relação à presença de contaminação fecal, embora haja divergências em relação ao seu uso. Dentre as críticas e desvantagens apontadas estão a sua baixa tolerância à toxicidade da água salgada e o fato de não atuarem adequadamente como indicadores de poluição local.

As bactérias do grupo coliformes são inativadas rapidamente na presença de cloro, ao contrário de outros microrganismos como cistos de *Giardia*, oocistos de *Cryptosporidium* e vírus entéricos humanos, que são mais resistentes a desinfetantes e representam maiores riscos à saúde pública (Cabral, 2010). A *E. Coli* tem, ainda, a desvantagem de ter seu desenvolvimento inibido na presença certos microrganismos. De acordo com Coelho *et al.* (2010), as *Pseudomonas aeruginosa* produzem uma substância denominada “Pseudocin”, que tem efeito bacteriostático sobre o crescimento da *E. coli*, *Aerobacter aerogenes*, *Citrobacter freundii* e *Klebsiella sp.*, podendo dificultar o isolamento destes e alterar os resultados das análises laboratoriais. De acordo com Duarte (2011) o pigmento antibiótico denominado "Piocianina" também produzido pela *Pseudomonas aeruginosa* pode inibir o desenvolvimento das bactérias do grupo dos coliformes.

Alguns autores reportam que *Pseudomonas aeruginosa* foram encontradas nas amostras de água cinza (Winward *et al.*, 2008; Zimmerman *et al.*, 2014), o que desqualifica a utilização de coliformes como único indicador. Por essas razões, é razoável considerar o uso de mais de um indicador na avaliação microbiológica da água cinza, pois a análise paralela realizada com dois ou mais microrganismos indicadores fornece resultados mais confiáveis e seguros quanto ao risco à saúde humana (Duarte, 2011). São exemplos de microrganismos que podem ser utilizados como indicadores de poluição além do grupo coliformes: *Pseudomonas aeruginosa* (Benami *et al.*, 2015; Gross *et al.*, 2007), *Staphylococcus aureus* (Benami *et al.*, 2015; Curiel-Ayala *et al.*, 2012; Zimmerman *et al.*, 2014), *Clostridium perfringens* (Mohammed *et al.*, 2012), *Enterococci* (Birks & Hills, 2007; Jones *et al.* 2013; Ortega-Gómez *et al.*, 2012; Page *et al.*, 2012), *Streptococcus faecalis* (Cabral, 2010), *Salmonella sp.* (Rapoport, 2004), *Shigella sp.* (Rodríguez *et al.*, 2012), Ovos de helmintos (Forslund *et al.*, 2012), Bacteroides (Gonzalez *et al.*, 2012; Van Der Wielen & Medema, 2010), Bacteriófagos (Ottoson, 2005) e Colifagos (Juárez-Figueroa *et al.*, 2003).

Uso de indicadores na estimativa de patógenos na água cinza

Os coliformes também não são bons indicadores de vírus (Debartolomeis & Cabelli, 1991). Eles têm sido utilizados para modelar o risco viral que o reuso da água cinza representa à saúde humana, visto que há certa dificuldade de obtenção de informações reais a respeito da quantificação de vírus. No entanto, a validade dessa prática também vem sendo discutida nas últimas décadas (Maimon *et al.*, 2014; O’Toole *et al.*, 2012; Ottoson & Stenström, 2003). O’Toole *et al.* (2012) sugerem precaução ao utilizar *E. Coli* para estimar densidade de vírus entéricos na água cinza, uma vez que eles não observaram relação significativa entre a detecção de *E. Coli* e a

presença de vírus entéricos nas amostras analisadas. Birks & Hills (2007) também não observaram correlação entre os altos níveis de indicadores (Coliformes Totais, *E. Coli* e Enterococos) e a presença de patógenos na água, contraindicando essa prática. Ottoson & Stenström (2003) observaram que há superestimação da concentração patogênica ao serem utilizados indicadores biológicos para estimar a contaminação de fezes na água cinza: 1000 e 100 vezes quando se utiliza *E. Coli* e Enterococos, respectivamente, quando comparado ao bioindicador químico coprostanol - que também é excretado nas fezes. Isso ocorre porque a água cinza pode conter carga elevada de compostos orgânicos facilmente degradáveis, o que favorece o recrescimento de bactérias durante o seu armazenamento, ao contrário do coprostanol (Ottoson, 2005; Ottosson, 2003). Diante disso, Ottoson & Stenström (2003) sugerem a utilização do bioindicador químico coprostanol (0.04 ± 0.02 g de fezes.pessoa⁻¹.dia⁻¹) para estimar a concentração de fezes nesse efluente.

Gerenciamento de risco no reuso de água cinza

Considerando a literatura consultada, nota-se que, devido ao perigo de exposição direta dos usuários, a presença de microrganismos patogênicos continua sendo a maior preocupação relacionada ao reuso da água cinza, tanto para reuso na agricultura quanto para outros fins como descarga de sanitários e jardinagem. Isso reflete nos estudos conduzidos em avaliação de risco, que em sua quase totalidade estão relacionados à caracterização microbiológica, à busca por um indicador representativo na água cinza e/ou à aplicação da avaliação quantitativa de risco microbiológico (Benami *et al.*, 2013, 2015; Leas, Dare, & Al-Delaimy, 2014; Maimon *et al.*, 2014; O'Toole *et al.*, 2012; Ottoson & Stenström, 2003; Stenström *et al.*, 2011; WHO, 2006). Diante disso, muitos esforços vêm sendo empregados para proporcionar o uso seguro dos produtos do saneamento com separação na fonte. Recentemente, a Organização Mundial de Saúde - OMS lançou o Plano de Saneamento Seguro (SSP), uma ferramenta de gerenciamento baseado no risco, que leva em consideração a exposição de diferentes grupos a perigos microbiológicos, físicos e químicos, sendo um guia (passo-a-passo) para auxiliar a implementação das diretrizes para o reuso seguro de águas residuárias, água cinza e excreta (WHO, 2006, 2015). Com a ajuda do SSP é possível identificar e gerenciar os riscos envolvidos no processo de saneamento, orientando os investimentos nessa área e fornecendo garantias às autoridades e ao público quanto à segurança do reuso dos produtos do saneamento, podendo ser aplicado tanto em sistemas de saneamento centralizados quanto em sistemas descentralizados.

Conclusões

O reuso das águas cinza é uma alternativa viável e sustentável tendo em vista os problemas de escassez de água cada vez mais frequente no mundo. No entanto, o uso sem o devido tratamento pode ocasionar problemas à saúde humana devido à possibilidade de presença de patógenos nesse efluente.

Microrganismos patógenos representantes das bactérias, vírus e protozoários já foram detectados nas amostras de água cinza, confirmando a potencialidade de transmissão de patógenos por meio desse efluente. Dentre as bactérias, destaque-se a *Salmonella*, que foi encontrada em grandes concentrações em amostras coletadas em locais com deficiências de saneamento básico.

Há poucas informações na literatura relacionadas à concentração de patógenos na água cinza, sendo que vários autores relataram dificuldades na realização dessas análises, visto que elas têm custos elevados, são difíceis de executar e muitas vezes não possuem sensibilidade suficiente para detecção desses microrganismos. Com isso, tem-se aderido à utilização de indicadores.

Os organismos indicadores são usados, historicamente, para avaliar se houve contribuição fecal na água. Entretanto, seus usos têm limitações, pois indicadores biológicos tendem a sofrer interferência da ação de outros microrganismos ou de substâncias químicas presentes na água cinza. Devido às diferentes características das águas cinza, é recomendado o uso de mais de um tipo de indicador para garantir a confiabilidade dos resultados.

O uso de indicadores biológicos, tais como *E. Coli* e Enterococos, para estimar a concentração de patógenos na água cinza tem sido objeto de discussão nas últimas décadas, pois esses microrganismos tendem a recrescer durante o armazenamento e superestimar os riscos desse efluente. Uma alternativa é a utilização de indicadores químicos que também são excretados nas fezes, pois eles tendem a não sofrer efeitos do armazenamento do efluente.

Ferramentas como o Plano de Saneamento Seguro (SSP) da OMS são importantes para o conhecimento dos riscos inerentes ao reuso dos produtos do saneamento, fornecendo informações necessárias para que o poder público e população adotem as soluções e técnicas de saneamento específicas para cada caso.

Referencias bibliográficas

- Al-Mashaqbeh, O.A., Ghrair, A.M., Megdal, S.B. (2012) Grey Water Reuse for Agricultural Purposes in the Jordan Valley: Household Survey Results in Deir Alla, *Water*, **4**(4), 580–596. <http://doi.org/10.3390/w4030580>
- Amaral, A.L.P. (2007) Microrganismos indicadores de qualidade de água, Especialização, Programa de Pós-Graduação em Microbiologia do Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Microbiologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 40pp.
- Barbagallo, S., Cirelli, G.L., Consoli, S., Licciardello, F., Marzo, A., Toscano, A. (2012) Analysis of treated wastewater reuse potential for irrigation in Sicily, *Water Science and Technology*, **65**(11), 2024–2033. <http://doi.org/10.2166/wst.2012.102>
- Bastos, R.K.X., Bevilacqua, P.D., Nascimento, L.E. do, Carvalho, G.R.M., Silva, C.V. Da. (2000) Coliformes como indicadores da qualidade da água: alcance e limitações, XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária E Ambiental, (1), 1–12.

- Benami, M., Gillor, O., Gross, A. (2015) The question of pathogen quantification in disinfected graywater, *Science of the Total Environment*, **506–507**, 496–504. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.11.051>
- Benami, M., Gross, A., Herzberg, M., Orlofsky, E., Vonshak, A., Gillor, O. (2013) Assessment of pathogenic bacteria in treated graywater and irrigated soils, *The Science of the Total Environment*, **458–460**, 298–302. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.04.023>
- Birks, R., Colbourne, J., Hobson, R. (2004) Microbiological water quality in a large in-building, water recycling facility, *Water Science and Technology*, **50**(2), 165–172.
- Birks, R., Hills, S. (2007) Characterisation of indicator organisms and pathogens in domestic greywater for Recyclin, *Environmental Monitoring and Assessment*, **129**(1–3), 61–69. <http://doi.org/10.1007/s10661-006-9427-y>
- Bitton, G. (2005) *Wastewater microbiology* (3rd ed.), Wiley, John & Sons, Incorporated: Hoboken, New Jersey, 765pp.
- Cabral, J.P.S. (2010) Water Microbiology. Bacterial Pathogens and Water, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **7**(10), 3657–3703. <http://doi.org/10.3390/ijerph7103657>
- Christova-Boal, D., Eden, R.E., McFarlane, S. (1996) Investigation into greywater reuse for urban residential properties, *Desalination*, **106**(1–3), 391–397. [http://doi.org/10.1016/0011-9164\(96\)00134-8](http://doi.org/10.1016/0011-9164(96)00134-8)
- Coelho, M.I.S., Mendes, E.S., Cruz, M.C.S., Bezerra, S.S., Silva, R.P.P.E. (2010), Avaliação da qualidade microbiológica de águas minerais consumidas na região metropolitana de Recife, Estado de Pernambuco, *Acta Scientiarum, Health Science*, **32**(1), 1–8. <http://doi.org/10.4025/actascihealthsci.v32i1.3837>
- Crook, J., Rimer, A. (2009) Technical Memorandum on Graywater, Black & Veatch, Boston, Massachusetts, Retrieved from <http://www.nwri-usa.org/pdfs/CrookTechnicalMemorandumonGraywater.pdf>
- Curiel-Ayala, F., Quiñones-Ramírez, E.I., Pless, R.C., González-Jasso, E. (2012) Comparative studies on Enterococcus, Clostridium perfringens and Staphylococcus aureus as quality indicators in tropical seawater at a Pacific Mexican beach resort, *Marine Pollution Bulletin*, **64**(10), 2193–2198. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.07.052>
- Dalahmeh, S.S., Pell, M., Vinnerås, B., Hylander, L.D., Öborn, I., Jönsson, H. (2012) Efficiency of Bark, Activated Charcoal, Foam and Sand Filters in Reducing Pollutants from Greywater, *Water, Air, & Soil Pollution*, **223**(7), 3657–3671. <http://doi.org/10.1007/s11270-012-1139-z>
- Debartolomeis, J., Cabelli, V.J. (1991) Evaluation of an Escherichia-Coli Host Strain for Enumeration of F-Male-Specific Bacteriophages, *Applied and Environmental Microbiology*, **57**(5), 1301–1305.
- Duarte, P.B. (2011) Microrganismos indicadores de poluição fecal em recursos hídricos, Especialização, Programa de Pós-Graduação em Microbiologia do Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Microbiologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 52
- Emmerson, G. (1998) Every Drop Is Precious: Greywater as an alternative water source - Research Bulletin no 4/98, Queensland Parliamentary Library, Brisbane (Austrália), 53pp.
- Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M., Ledin, A. (2002) Characteristics of grey wastewater, *Urban Water*, **4**(1), 85–104. [http://doi.org/10.1016/S1462-0758\(01\)00064-4](http://doi.org/10.1016/S1462-0758(01)00064-4)
- Feachem, R.G., Bradley, D.J., Garelick, H., Mara, D.D. (1983) Sanitation and Disease: health Aspects of Excreta and Wastewater Management, *World Bank Studies in Water Supply and Sanitation* **3**, **78**(6), 501. [https://doi.org/10.1016/0035-9203\(84\)90011-7](https://doi.org/10.1016/0035-9203(84)90011-7)
- Finley, S., Barrington, S., Lyew, D. (2009) Reuse of domestic greywater for the irrigation of food crops, *Water, Air, and Soil Pollution*, **199**(1–4), 235–245. <http://doi.org/10.1007/s11270-008-9874-x>
- Forslund, A., Ensink, J.H.J., Markussen, B., Battilani, A., Psarras, G., Gola, S., Dalsgaard, A. (2012) Escherichia coli contamination and health aspects of soil and tomatoes (Solanum lycopersicum L.) subsurface drip irrigated with on-site treated domestic wastewater, *Water Research*, **46**(18), 5917–5934. <http://doi.org/10.1016/j.watres.2012.08.011>
- Friedler, E. (2004) Quality of individual domestic greywater streams and its implication for on-site treatment and reuse possibilities, *Environmental Technology*, **25**, 997–1008. <http://doi.org/10.1080/09593330.2004.9619393>

- Fu, J., Cai, T., Xu, Q. (2012) Coupling multiple water-reuse network designs for agile manufacturing, *Computers and Chemical Engineering*, **45**, 62–71. <http://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2012.06.002>
- Gerba, C.P. (2009) Indicator Microorganisms, In Raina M. Maier, Ian L. Pepper (Eds.), *Environmental Microbiology*, Academic Press, 2nd ed., 485–499 pp.). Retrieved from <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370519-8.00023-7>
- Gonçalves, R.F (Coordenador) (2009) Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água, Rio de Janeiro: ABES, 352 pp.
- Gonzalez, R.A., Conn, K.E., Crosswell, J.R., Noble, R.T. (2012) Application of empirical predictive modeling using conventional and alternative fecal indicator bacteria in eastern North Carolina waters, *Water Research*, **46**(18), 5871–5882. <http://doi.org/10.1016/j.watres.2012.07.050>
- Gross, A., Kaplan, D., Baker, K. (2007) Removal of chemical and microbiological contaminants from domestic greywater using a recycled vertical flow bioreactor (RVFB), *Ecological Engineering*, **31**(2), 107–114. <http://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2007.06.006>
- Gross, A., Maimon, A., Alfiya, Y., & Eran Friedler (2015) *Greywater Reuse*, Boca Raton (Flórida): CRC Press, 301 pp.
- Guilbaud, J., Massé, A., Andrès, Y., Combe, F., Jaouen, P. (2012) Influence of operating conditions on direct nanofiltration of greywaters: Application to laundry water recycling aboard ships, *Resources, Conservation and Recycling*, **62**, 64–70. <http://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.02.001>
- Haas, C.N., Rose, J.B., Gerba, C.P. (2014) *Quantitative Microbial Risk Assessment*, Wiley (Second). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 427 pp.
- Henze, M., Ledín, A. (2001) Types, characteristics and quantities of classic, combined domestic wastewaters, In P. Lens, G. Zeeman, G. Lettinga (Eds.), *Decentralised sanitation and reuse: Concepts; systems and implementation*, (Vol. 1, p. 650), London: IWA Publishing.
- Hernández Leal, L., Soeter, A.M., Kools, S.A.E., Kraak, M.H.S., Parsons, J.R., Temmink, H., Buisman, C.J.N. (2012) Ecotoxicological assessment of grey water treatment systems with *Daphnia magna* and *Chironomus riparius*, *Water Research*, **46**(4), 1038–1044. <http://doi.org/10.1016/j.watres.2011.11.079>
- Jones, R.M., Liu, L., Dorevitch, S. (2013) Hydrometeorological variables predict fecal indicator bacteria densities in freshwater: data-driven methods for variable selection, *Environmental Monitoring and Assessment*, **185**(3), 2355–2366. <http://doi.org/10.1007/s10661-012-2716-8>
- Juárez-Figueroa, L.A., Silva-Sánchez, J., Uribe-Salas, F.J., Cifuentes-García, E. (2003) Microbiological indicators of water quality in the Xochimilco canals, Mexico City, *Salud Publica de Mexico*, **45**(5), 389–395. <http://doi.org/10.1590/S0036-36342003000500009>
- Katukiza, A.Y., Ronteltap, M., Niwagaba, C.B., Kansime, F., Lens, P.N.L. (2014) Grey water characterisation and pollutant loads in an urban slum, *International Journal of Environmental Science and Technology*, **12**(2), 423–436. <http://doi.org/10.1007/s13762-013-0451-5>
- Kotut, K. (2011) Physico-Chemical and Microbial Quality of Greywater from Various Households in Homa Bay Town, *The Open Environmental Engineering Journal*, **4**(1), 162–169. <http://doi.org/10.2174/1874829501104010162>
- Lazarova, V., Sturny, V., Sang, G.T. (2012) Relevance and Benefits of Urban Water Reuse in Tourist Areas, *Water*, **4**(1), 107–122. <https://doi.org/10.3390/w4010107>
- Leas, E.C., Dare, A., Al-Delaimy, W.K. (2014) Is Gray Water the Key to Unlocking Water for Resource-Poor Areas of the Middle East, North Africa, and Other Arid Regions of the World?, *AMBIO*, **43**(6), 707–717. <http://doi.org/10.1007/s13280-013-0462-y>
- Lusk, M., Toor, G.S., Obreza, T. (2011) Onsite Sewage Treatment and Disposal Systems: Bacteria and Protozoa, UF/IFAS Extension, University of Florida, 1–7. Retrieved from <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/SS/SS55200.pdf>
- Magri, M.E. (2013) *Aplicação de Processos de Estabilização e Higienização de Fezes e Urina Humana em Banheiros Secos Segregadores*, Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, 193 pp.
- Maimon, A., Friedler, E., Gross, A. (2014) Parameters affecting greywater quality and its safety for reuse, *Science of the Total Environment*, **487**(1), 20–25. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.03.133>

- Maimon, A., Tal, A., Friedler, E., Gross, A. (2010) Safe on-site reuse of greywater for irrigation - A critical review of current guidelines, *Environmental Science and Technology*, **44**(9), 3213–3220. <http://doi.org/10.1021/es902646g>
- Mankad, A. (2012) Decentralised water systems: Emotional influences on resource decision making, *Environment International*, **44**, 128–140. <http://doi.org/10.1016/j.envint.2012.01.002>
- Matos, C., Sampaio, A., Bentes, I. (2012) Greywater Use in Irrigation: Characteristics, Advantages and Concerns, In Dr. Iker García-Garizábal (Eds.), *Irrigation - Water Management, Pollution and Alternative Strategies*, InTech, University of Zaragoza, Dept. of Earth Science, Spanish Geological Survey, Spain, 159-184.
- McCray, J., Lowe, K., Geza, M., Drewes, J., Wunsch, A., Roberts, S. (2009) State of the Science : Review of Quantitative Tools to Determine Wastewater Soil Treatment Unit Performance, Alexandria, Virginia: IWA, 196 pp.
- Mohammed, R.L., Echeverry, A., Stinson, C.M., Green, M., Bonilla, T.D., Hartz, A., Esiobu, N. (2012) Survival trends of *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Clostridium perfringens* in a sandy South Florida beach, *Marine Pollution Bulletin*, **64**(6), 1201–1209. <http://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.03.010>
- Molinos-Senante, M., Hernández-Sancho, F., Sala-Garrido, R. (2011) Cost–benefit analysis of water-reuse projects for environmental purposes: A case study for Spanish wastewater treatment plants, *Journal of Environmental Management*, **92**(12), 3091–3097. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.07.023>
- O’Toole, J., Sinclair, M., Malawaraarachchi, M., Hamilton, A., Barker, S.F., Leder, K. (2012) Microbial quality assessment of household greywater, *Water Research*, **46**(13), 4301–13. <http://doi.org/10.1016/j.watres.2012.05.001>
- Okun, D.A. (1997) Distributing reclaimed water through dual systems, *Journal - American Water Works Association*, **89**(11), 52–64. <https://doi.org/10.1002/j.1551-8833.1997.tb08321.x>
- Ortega-Gómez, E., Fernández-Ibáñez, P., Ballesteros Martín, M.M., Polo-López, M.I., Esteban García, B., Sánchez Pérez, J.A. (2012) Water disinfection using photo-Fenton: Effect of temperature on *Enterococcus faecalis* survival, *Water Research*, **46**(18), 6154–6162. <http://doi.org/10.1016/j.watres.2012.09.007>
- Otterpohl, R. (2001) Black, brown, yellow, grey- the new colors of sanitation, *Water*, **21 October 2001**, 37–41.
- Ottoson, J. (2005) Comparative Analysis of Pathogen Occurrence in Wastewater – Management Strategies for Barrier Function and Microbial Control, Tese de Doutorado, Land and Water Resource Sciences, KTH, Stockholm, Sweden, 67 pp.
- Ottoson, J., Stenström, T.A. (2003) Faecal contamination of greywater and associated microbial risks, *Water Research*, **37**(3), 645–55. [http://doi.org/10.1016/S0043-1354\(02\)00352-4](http://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00352-4)
- Ottoson, J. (2003) Hygiene Aspects of Greywater and Greywater Reuse, Royal Institute of Technology (KTH).
- Ottoson, J., Stenström, T.A. (2003) Growth and reduction of microorganisms in sediments collected from a greywater treatment system, *Letters in Applied Microbiology*, **36**(3), 168–172. <http://doi.org/10.1046/j.1472-765X.2003.01286.x>
- Page, R. M., Scheidler, S., Polat, E., Svoboda, P., Huggenberger, P. (2012) Faecal indicator bacteria: Groundwater dynamics and transport following precipitation and river water infiltration, *Water, Air, and Soil Pollution*, **223**(5), 2771–2782. <http://doi.org/10.1007/s11270-011-1065-5>
- Pedro-Monzonis, M., Solera, A., Ferrer, J., Estrela, T., Paredes-Arquiola, J. (2015) A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management, *Journal of Hydrology*, **527**, 482–493. <http://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.05.003>
- Pinto, A.B., De Oliveira, A.J.F.C. (2011) Diversidade de microrganismos indicadores utilizados na avaliação da contaminação fecal de areias de praias recreacionais marinhas: Estado atual do conhecimento e perspectivas, *Mundo Da Saude*, **35**(1), 105–114.
- Rapoport, B. (2004) Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial, Dissertação de Mestrado, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 72 pp.

- Rodríguez, D.C., Pino, N., Peñuela, G. (2012) Microbiological quality indicators in waters of dairy farms: Detection of pathogens by PCR in real time, *Science of The Total Environment*, **427–428**, 314–318. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.03.052>
- Santos, C., Taveira-Pinto, F., Cheng, C.Y., Leite, D. (2012) Development of an experimental system for greywater reuse, *Desalination*, **285**, 301–305. <http://doi.org/10.1016/j.desal.2011.10.017>
- Souza, C.P. (2006) Segurança alimentar e doenças veiculadas por alimentos: utilização do grupo coliforme como um dos indicadores de qualidade de alimentos, *Revista APS*, **9**(1), 83–88.
- Stenström, T.A., Seidu, R., Nelson, E., Christian, Z. (2011) *Microbial Exposure and Health Assessments in Sanitation Technologies and Systems*, Stockholm: EcoSanRes, 165 pp.
- Tandlich, R., Zuma, B.M., Whittington-Jones, K. J., Burgess, J.E. (2009) Mulch tower treatment system for greywater reuse Part II: destructive testing and effluent treatment, *Desalination*, **242**(1–3), 57–69. <http://doi.org/10.1016/j.desal.2008.03.031>
- U.S.EPA, Environmental Protection Agency (2008) *Child-specific exposure factors handbook*, National Center for Environmental Assessment, Washington, DC, 687 pp.
- U.S.EPA, Environmental Protection Agency (2012) *Guidelines for Water Reuse*, U.S. Agency for International Development, Washington, D.C: CDM Smith Inc, 643 pp.
- Van Der Wielen, P. W.J.J., Medema, G. (2010) Unsuitability of quantitative bacteroidales 16S rRNA gene assays for discerning fecal contamination of drinking water, *Applied and Environmental Microbiology*, **76**(14), 4876–4881. <http://doi.org/10.1128/AEM.03090-09>
- Vaz, L. de O. (2009) *Avaliação do risco microbiológico decorrente do reúso de águas cinza em uma edificação residencial de alto padrão*, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, 133 pp.
- Wang, L.K., Tay, J.H., Tay, S.T.L., Hung, Y.T. (2010) *Environmental Bioengineering (Volume 11)*, Springer New York Dordrecht Heidelberg London. <https://doi.org/10.1007/978-1-60327-031-1>
- WHO. (2006a) *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater*, World Health Organization (Vol. IV), Geneva, Switzerland, 182 pp. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- WHO, World Health Organization (2006b) *Overview of Greywater Management: Health Considerations*, WHO Report, WHO-EM/CEH/125/E, Amman, Jordan, 49 pp.
- WHO, World Health Organization (2012) *Animal Waste, Water Quality and Human Health*, A. Dufour, J. Bartram, R. Bos, V. Gannon, Eds.), Londres, Reino Unido: IWA Publishing, 476 pp.
- WHO, World Health Organization (2015) *Sanitation safety planning: manual for safe use and disposal of wastewater, greywater and excreta*, Geneva, Switzerland, 138 pp. Retrieved from: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/171753/1/9789241549240_eng.pdf
- Winward, G.P. (2007) *Disinfection of grey water*, Tese de PhD, Department of Sustainable Systems, Cranfield University, Reino Unido, 189 pp.
- Winward, G.P., Avery, L.M., Frazer-Williams, R., Pidou, M., Jeffrey, P., Stephenson, T., Jefferson, B. (2008) A study of the microbial quality of grey water and an evaluation of treatment technologies for reuse, *Ecological Engineering*, **32**(2), 187–197. <http://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2007.11.001>
- Zimmerman, B.D., Ashbolt, N.J., Garland, J.L., Keely, S., Wendell, D. (2014) Human Mitochondrial DNA and Endogenous Bacterial Surrogates for Risk Assessment of Graywater Reuse, *Environmental Science & Technology*, **48**(14), 7993–8002. <http://doi.org/10.1021/es501659r>