
Reuso de águas residuárias: uma breve revisão de literatura

| **Bárbara Ribeiro de Souza**
IFSertão - PE

| **Clecia Simone G. R. Pacheco**
IFSertão - PE

| **Reinaldo Pacheco dos Santos**
Univasf

RESUMO

O Brasil oferece condições excepcionalmente favoráveis para a utilização de águas residuárias, tanto pela disponibilidade em áreas por sua grande extensão territorial, como pelas condições climáticas adequadas. O presente capítulo apresenta uma revisão de literatura, sobre os conceitos que circunscrevem a temática reuso do esgoto tratado, padrões ambientais e critérios de avaliação de desempenho de tratamento de esgotos. Além disso, o estudo aponta as vantagens e desvantagens do reuso de água residuária na agricultura, tendo em vista uma das possíveis contribuições para o problema da escassez hídrica, especialmente no Semiárido brasileiro. Deste modo, se praticado com frequência, o reuso dessas águas traz para a região semiárida inúmeros benefícios que vão tornar a produção mais sustentável e evitar o desperdício de água, além de minimizar o uso de adubos químicos.

Palavras-chave: Agricultura, Efluente, Nutrientes, Semiárido.

■ INTRODUÇÃO

A destruição gradual dos recursos hídricos em muitas regiões do mundo vem gerando a escassez generalizada da água que é um recurso natural finito e essencial à vida. A minimização do desperdício e conservação tem que contar com os planos racionais de utilização da água para o desenvolvimento de fontes de suprimento de água subterrâneas ou de superfície, e de outras fontes potenciais (CUNHA, 2010).

De acordo com Bastos (2003) o Brasil oferece condições excepcionalmente favoráveis para a utilização de esgotos, tanto pela disponibilidade de áreas em sua grande extensão territorial, quanto pelas condições climáticas adequadas. A substituição da água potável por uma água de qualidade inferior reduz a demanda sobre os mananciais de água devido a tal reuso. Utilizada atualmente em alguns países essa prática é baseada no conceito de substituição de mananciais. Isso tendo uma qualidade específica para cada tipo de uso (CETESB, 2010).

Através da recuperação da água poluída ela pode ser reutilizada para diversos fins benéficos, tendo níveis de tratamento, critérios de segurança a serem adotados, custos de capital, operação e manutenção, estabelecidos para a qualidade da água utilizada e o objeto específico do reuso. Logo, os fatores locais, características e condições que vão direcionar as possibilidades e formas potenciais de reuso (HESPANHOL, 1997).

A regulamentação sobre os recursos hídricos no Brasil, inicia-se com a promulgação da Lei n. 9433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) pela resolução n. 54 estabeleceu as diretrizes, modalidades e critérios para o reuso direto não potável da água, ainda em 2005, definindo como modalidades o reuso para fins agrícolas, florestais, urbanos, ambientais, industriais e para aquicultura. Assim, o reuso da água com essa regulamentação passa a integrar as políticas de gestão dos recursos hídricos no país (BRASIL, 2006).

As diretrizes podem ser adaptadas por padrões, que são imposições legais promulgados através de leis, regulamentos, ou posturas técnicas estabelecidos em nível nacional, levando em consideração as limitações e características técnicas, econômicas, sociais e culturais locais. Sempre que novas evidências científicas ou novas tecnologias se tornarem disponíveis, os padrões podem ser complementados ou alterados, ou em condições de mudanças de prioridades e tendências nacionais. Em muitos países há complementação de padrões por códigos de prática, com intuito de proporcionar orientação para a construção, operação, manutenção e monitoramento de sistemas de reuso (HESPANHOL, 2002).

Neste sentido, este capítulo objetivou demonstrar, a partir de uma revisão de literatura, os conceitos que circunscrevem a temática reuso do esgoto tratado, padrões ambientais e critérios de avaliação de desempenho de tratamento de esgotos, e as vantagens e as



desvantagens do reuso de água na agricultura, tendo em vista uma melhoria para o problema da escassez hídrica.

■ REFERENCIAL TEÓRICO

O reuso de águas

Durante muitos anos, a água foi considerada um recurso inesgotável e, somente nas últimas décadas, tomou-se consciência da situação de escassez e da necessidade de racionalizar seu uso, procurar formas de reuso e recuperação da sua qualidade (CUBA *et al.*, 2015).

De acordo com Barros *et al.*, (2012) o Brasil possui uma das maiores reservas de água do planeta, entretanto, nem todos os brasileiros têm acesso à quantidade e qualidade de água necessária para satisfazer as suas necessidades básicas. Por conta do uso indiscriminado e da má gestão destes recursos, tem-se o esgotamento de muitos mananciais colocando em risco a saúde e a economia das comunidades.

A Resolução CNRH nº 54/2005, define águas residuárias como sendo, os esgotos, a água descartada, os efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não. Deste modo, as águas residuárias são todas as águas descartadas que derivam de diversos processos e com grau de impureza variado. Geralmente transporta grande carga de materiais poluentes que se não forem tratados adequadamente podem prejudicar a qualidade das águas dos rios, comprometendo a biota e a potencialidade de utilização das águas superficiais e subterrâneas (BRASIL, 2005).

Já a definição de reuso da água pode ser compreendido, segundo a Resolução CNRH nº 54/2005, como a utilização de água residuária. Neste processo pode haver ou não um tratamento da água, a depender da finalidade para a qual será reutilizada. Assim, o reuso da água pode ser apresentado como uma promissora solução, sugerindo a utilização de águas de qualidade inferior para usos que as tolerem (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Nesta premissa, o reuso da água tem proporcionado benefícios positivos involuntariamente, tanto no aspecto do aumento do abastecimento de água ou no gerenciamento de nutrientes do efluente tratado. Tais benefícios são também os principais impulsionadores para a implementação de programas de reuso. Dentre os benefícios é possível incluir a melhora da produção agrícola; a redução no consumo de energia associada à produção, tratamento e distribuição de água; e os benefícios ambientais significativos, tais como, o arrefecimento da carga de nutrientes nos corpos receptores por conta do uso das águas residuárias tratadas (USEPA, 2012).

Dentre as vantagens do uso de esgoto na irrigação é possível destacar: maiores rendimentos dos cultivos, produção durante todo ano, ampliação da variedade de culturas que





podem ser irrigadas, particularmente (mas não limitado) em zonas áridas e semiáridas, redução dos custos com fertilizantes, desenvolvimento das propriedades do solo (fertilidade do solo e textura) e possibilidade de recarregar aquíferos por meio do processo de infiltração (JIMÉNEZ, 2006).

Atividades como a agricultura, indústrias, aliado à expansão urbana tem levado a degradação dos recursos naturais. Segundo OMS (2013) a agricultura é responsável por cerca de 70% do consumo global de água. Dessa forma, a utilização do esgoto tratado pode representar uma fonte de água e nutrientes disponível para aplicação na agricultura, mesmo durante os períodos de estiagem (SHAER-BARBOSA *et al.* 2014), tornando uma importante ferramenta na gestão da água.

Tipos de reusos

De acordo com a CETESB (2012), as formas de usos de águas residuárias podem ocorrer de forma direta ou indireta, decorrente de ações planejadas ou não, podendo ser classificada como:

- I. **Reuso indireto não planejado da água:** acontece quando a água utilizada é descarregada no meio ambiente e novamente aproveitada, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada.
- II. **Reuso indireto planejado da água:** processo que descarrega os efluentes de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, que por sua vez são utilizadas de maneira controlada, no atendimento de alguma necessidade.
- III. **Reuso direto planejado das águas:** é aquele cujos efluentes, depois de tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reuso. Esse método já está sendo praticado por algumas indústrias e em irrigações.
- IV. **Reciclagem de água:** reuso interno da água, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição. Funciona como uma fonte suplementar de abastecimento do uso original. A reciclagem da água é um caso particular do reuso direto planejado.

O reuso do esgoto na agricultura é uma técnica atrativa que está enquadrada como reuso direto planejado das águas. Esse efluente possui nutrientes importantes para o desenvolvimento das plantas, como o nitrogênio, fósforo, potássio entre outros. Por tais razões Filho (2013) destaca que a utilização de esgoto na irrigação pode possibilitar a redução significativa dos gastos com fertilizantes, a utilização de água de qualidade superior para outros fins e diminuir a quantidade de efluentes despejados nos corpos d'água. Contudo, esta técnica, requer acompanhamento do balanço de cátions no solo, como o sódio que,





em geral, possui concentrações elevadas na água residuária, o que reduz a solubilidade de muitos nutrientes (SANDRI et. al., 2009).

Em países como Israel, a prática do reuso encontra-se difundida e regulamentada, onde as águas residuais já desempenham um papel dominante na agricultura (HARUVY, 2007), sendo realizado quase sempre fora das cidades. Porém, a maioria dos israelenses tem consciência do processo de escassez hídrica, visto que esta problemática é bastante divulgada na Agenda Nacional de Israel (FRIEDLER et al., 2006).

Em Pequim, o esgoto tratado utilizado na irrigação agrícola substituiu e diminuiu o uso de águas subterrâneas da cidade, sendo que, em 2010, 3x10⁸ m³ do esgoto tratado foi usado para fins agrícolas no sudeste da cidade, em 400 km² de terras cultivadas. Devido a políticas nacionais de incentivo em recuperação de águas residuárias, Pequim alcançou desenvolvimento nesta área, onde 59,3% de águas residuárias tratadas são recuperadas e 19,3% da água doce foram substituídas em 2010 (CHANG; MAN, 2012 *apud* FILHO, 2013).

No Brasil a prática de reuso de esgoto na agricultura ainda é pouco difundida, no entanto se encontrou na literatura alguns trabalhos que obtiveram resultados positivos, a exemplo de Filho (2013) que avaliando a viabilidade do uso de esgoto doméstico tratado a partir de reator UASB - (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) no cultivo da melancia na cidade de Petrolândia-PE, obteve frutos maiores e maior produtividade em relação a irrigação sem a presença de esgoto.

Silva (2011) estudando a viabilidade do uso de esgoto doméstico tratado na irrigação de mudas de eucalipto detectou que em relação à planta o crescimento das mudas foi maior no T2 e T3 que consistiam no reuso do efluente com percentual de irrigação de 80 e 60%, revelando que a planta reagiu bem a essa faixa de irrigação. Os piores resultados foram os dos tratamentos com (100%) e (40%) de irrigação, o que já era esperado, uma vez que esses percentuais de irrigação representaram o excesso e a escassez, promovendo dessa forma desequilíbrio para planta.

Dessa forma, o aproveitamento de efluentes no solo é uma maneira eficaz de controle da poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões áridas e semiáridas. Os maiores benefícios dessa forma de reuso, estão associados aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública (HESPANHOL, 2002).

Aspectos legais do reuso

Em relação aos critérios para a utilização na irrigação, de águas residuárias oriundas de esgotos, na maioria das vezes estão relacionados ao risco de contaminação dos





trabalhadores, aos danos que podem causar ao solo, aos cultivos ou na tubulação da irrigação. No Brasil não existe uma legislação específica que estabeleça restrições ao uso de esgoto na irrigação.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) lançou no ano de 2005 a Resolução nº 54, que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água. Em 2010, o CNRH lançou a Resolução nº 121, que estabelece diretrizes e critérios para a prática de reuso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução nº 54 (BRASIL, 2011).

Dessa forma, a caracterização e o monitoramento da qualidade da água de reuso devem ser acompanhados no que se refere a Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (BRASIL, 2011), que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos d'água como também altera e complementa a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA (BRASIL, 2005), que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e sobre diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Essas resoluções definem padrões associados às várias classes de água. O Art. 29 da Resolução nº 357 do CONAMA (BRASIL, 2005), determina que a disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não poderá causar poluição ou contaminação das águas.

Em relação à reuso urbanos, em junho de 2017, o governo do estado de São Paulo publica Resolução conjunta SES/SMA/SSRH N° 01, que disciplina o reuso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário. Os critérios de qualidade da água de reuso propostos na minuta de resolução foram baseados nos critérios adotados por órgãos internacionais como a Organização Mundial de Saúde (OMS), a USEPA e a normas legais vigentes no Brasil. Esta Resolução divide as águas de reuso em duas classes:

- I. **Classe A:** Águas destinadas a irrigação paisagística;
- II. **Classe B:** Águas destinadas a lavagem de logradouros, espaços públicos, construção civil e desobstrução de galerias de água pluvial, rede de esgotos e lavagem de veículos.

Entretanto, no Brasil são escassos os estudos que evidenciem quais as taxas seguras de aplicação para cada cultura e quais os reais danos cada contaminante podem ocasionar ao sistema ao solo ou planta, utiliza-se muito os critérios adotados pela USEPA (*United State Environment Protection Agency*), e pela OMS (Organização Mundial da Saúde) que estabelece diretrizes para o uso de águas residuárias na agricultura, de acordo com a qualidade microbiológica (nematoides e coliformes fecais).





A Agência Americana de Proteção Ambiental (*United States Environmental Protection Agency*) – USEPA subdivide os usos agrícolas e urbanos em restrito e irrestrito, que são caracterizados pelo grau de restrição de acesso ao público a áreas, técnicas de aplicação dos esgotos ou de plantas irrigadas (controle da exposição humana), e conseqüentemente, as exigências de tratamento e o padrão de qualidade de efluentes (USEPA, 2012).

O Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB propõe diretrizes para reuso urbano de esgotos sanitários. A modalidade é dividida em 3 categorias (restrito, irrestrito e predial) de acordo com o grau de exposição humana e as diretrizes são baseadas nas recomendações da Organização Mundial de Saúde (OMS) e estudos de avaliação de risco.

Reuso do esgoto tratado

De acordo com PROSAB (2006) a finalidade do reuso do esgoto tratado é o aperfeiçoamento e o desenvolvimento e o de tecnologias nas áreas de resíduos sólidos, abastecimento de água, águas residuárias de forma que esses processos tenham baixo custo de implantação, sejam de fácil aplicabilidade, operação e manutenção, tendo à recuperação ambiental dos corpos d'água e à melhoria das condições de vida da população, dando prioridade as menos favorecidas e que mais necessitem de ações nessas áreas.

A qualidade exigida pela USEPA é igual ao padrão de potabilidade da água para consumo humano, ou seja, ausência de coliformes, turbidez 2uT e cloro residual de 1 mg/L. Sendo assim para alcançar esses padrões só com processos de tratamento rigorosos (USEPA, 2004). Mas tem maior tolerância para a irrigação restrita, em culturas alimentícias processadas e culturas não alimentícias, com 200 CTer 100mL-1 para padrão bacteriológico (USEPA, 2004).

As normas, critérios e padrões técnicos de qualidade, estabelecem para uso do esgoto tratado em ambiente urbano deve ter aspecto agradável e odor não objetável, igual à água potável no que se refere a cor, odor e turbidez (BRASIL, 2004). O reuso planejado de águas residuárias domésticas na agricultura vem sendo apontado como uma medida para atenuar o problema da escassez hídrica no semiárido, sendo uma alternativa de para os agricultores localizados especificamente nas áreas circunvizinhas das cidades (SOUSA *et al*, 2003).

O efluente tratado quando utilizado como biofertilizante possui notadamente valorização econômica. Para uma população de 500 mil habitantes, cujo consumo de água é 200 L hab⁻¹ ao dia, produz de efluentes, cerca de 85.000 m³ (85 % de esgoto canalizado) ou 30 milhões de m³ ano⁻¹. Desse modo, ao se aplicar uma lâmina de 500 mm ano⁻¹ de efluente via irrigação, o total de efluentes produzidos seria suficiente para irrigar 6.000 ha de lavoura (REBOUÇAS, 2010).





Neste aspecto, o reuso de esgoto doméstico provenientes do tratamento têm grande potencial de desempenhar papel importantíssimo na fruticultura irrigada do município de Petrolina-PE, desde que sejam criados métodos de aplicação adaptados as condições da região. Para isso a qualidade sanitária de esgotos tratados tem que ser estabelecida para garantir o uso seguro na irrigação, no entanto até o momento não existe nenhuma legislação específica voltada para o uso de esgoto tratado na agricultura, o que acaba limitando a utilização desse efluente.

Composição do esgoto

O esgoto doméstico é proveniente das residências, do comércio e das repartições públicas e faz parte da composição do esgoto sanitário que é formado também pelas águas de infiltração e despejos industriais, sendo que as águas de infiltração são as que penetram na rede coletora através de juntas defeituosas das tubulações, paredes de poços de visita, etc, e os despejos industriais são efluentes de indústrias que, devido às características favoráveis, são admitidos na rede de esgoto (VON SPERLING, 2005).

De acordo com Silva (2001) esgoto é formado qualitativamente por cerca de 99,9% de água e 0,1% de impurezas físicas, químicas e biológicas. Dentre as impurezas de natureza física estão as partículas sólidas dissolvidas ou em suspensão no meio líquido, nas de natureza química, enquadram-se as substâncias orgânicas (proteínas, gorduras, carboidratos, hidratos, fenóis) e inorgânicas (nitrogênio, fósforo, enxofre, metais pesados, entre outros); nas de natureza biológicas, situam-se as bactérias, vírus, leveduras, vermes e protozoários.

Dessa forma, antes de ser lançado em corpos de água é necessário que o esgoto seja tratado de forma adequada. A busca por melhores condições ambientais tem exigido das unidades produtoras de águas residuárias a adoção de políticas ambientais que prevejam, entre outros fatores, a instalação de sistemas de tratamento, sejam eles físicos, químicos ou biológicos (LOPES *et al.*, 2015).

Seja para a sua utilização produtiva, ou seja, para obtenção de efluentes que atendam aos padrões de lançamento do corpo receptor, o adequado tratamento de esgoto, representa solução para parte dos problemas de poluição e escassez hídrica (MOTA; VON SPERLING, 2009).

O tratamento biológico de águas residuárias vem sendo bastante utilizado e consiste na remoção de nutrientes, sólidos em suspensão, material carbonáceo e organismos patogênicos, promovendo a estabilização do esgoto para que não haja o consumo de oxigênio presente nos corpos d'água receptores, podendo ser dividido em duas modalidades: os tratamentos aeróbios e anaeróbios (NUVOLARI, 2003).





Tecnologias de tratamento de esgotos

No tratamento de esgotos domésticos tem se verificado um crescimento na utilização de tecnologia anaeróbia, principalmente de reatores tipo UASB (*Upflow Anaerobic SludgeBlanket*), também conhecido de Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e manta de lodo. Segundo Foresti (2002), esses reatores se caracterizam pela simplicidade e eficiência no tratamento de esgotos, uma vez que apresentam altas concentrações de biomassa, estruturas multicelulares agregadas em grânulos ou lodo denso, baixas exigência de nutrientes, boa estabilidade em mudanças de composição e concentração afluente e capacidade de absorver altas cargas orgânicas volumétricas.

No reator UASB a estabilização da matéria orgânica ocorre em todas as zonas de reação (leito e manta de lodo), sendo a mistura do sistema promovida pelo fluxo ascensional do esgoto e das bolhas de gás. O compartimento de decantação forma uma zona tranquila que facilita o processo de retorno das partículas suspensas mais pesadas para o interior do reator eliminando as partículas mais leves junto com o efluente final e o biogás proveniente da mistura é despreendido pelo separador de fases (CHERNICHARO, 2007).

De acordo com Sousa *et al.*, (2000) efluentes advindos de reator anaeróbio de manta de lodo necessitam de um pós-tratamento, pois tal processo fornece efluente com constituintes residuais, como matéria orgânica, sólidos suspensos, nutrientes, organismos patogênicos e gases dissolvidos.

O pós-tratamento tem por finalidade completar a remoção da matéria orgânica e realizar a remoção de nutrientes e de organismos patogênicos, constituintes pouco afetados pelo tratamento anaeróbio (PONTES, 2016). As unidades operacionais utilizadas como pós-tratamento geralmente consisti num processo biológico, dentre estes destaca-se o biofiltro aerado submerso e os decantadores secundários.

Os processos de crescimento aderido têm provado sua viabilidade em termos de tratamento a nível secundário de águas residuárias, tanto de origem industrial como doméstica. Dentre as modalidades existentes, os biofiltros aerados submersos destacam-se pela pequena necessidade de área em planta e pelas cargas orgânicas aplicáveis muito superiores aos processos biológicos convencionais, alcançando elevada eficiência de remoção de compostos orgânicos e sólidos suspensos (GÁLVEZ *et al.*, 2003). Estudos desenvolvidos por Gonçalves *et al.* (2000) mostraram que sistema combinado reator UASB e biofiltro aerado submerso tratando esgoto sanitário são capazes de manter condições operacionais estáveis, independente das concentrações de carga afluente e da recirculação do lodo aeróbio descartado do biofiltro.

Os decantadores secundários também são amplamente utilizados como pós-tratamento. Segundo Nuvolari (2003), essa unidade operacional nas regiões de clima quente





tem dupla finalidade: separar os sólidos para permitir uma clarificação eficiente do efluente final e facilitar o adensamento do lodo permitindo o seu retorno ao tanque de aeração com concentração mais elevada do que a existente no reator.

O tanque de contato é o último estágio do tratamento do esgoto, sua função é garantir um tempo suficiente de permanência do esgoto, em contato com o cloro, a fim de possibilitar uma adequada desinfecção. No Brasil, a desinfecção tem por objetivo a redução de coliformes totais e fecais (indicadores de contaminação por dejetos humanos) dos efluentes das ETEs, de modo a alcançar níveis que atendam os índices preconizados pelo CONAMA 357/05 em função da classificação do corpo receptor (PIANOWSKI; JANISSEK, 2003).

Portanto, com viabilidade técnica e econômica, os sistemas de reuso e reciclagem de água, gera benefícios ambientais, isso por aumentar a oferta de água potável e disponível nos mananciais, como por evitar o lançamento desses efluentes nos corpos d'água (BERNARDI, 2003). Ademais, havendo um tratamento adequado é indicada a utilização do reuso da água na irrigação agrícola, na irrigação de parques e jardins, na reciclagem industrial, nos usos potáveis urbanos, e na recarga de aquíferos subterrâneos.

■ CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabendo que os recursos naturais são finitos e com a degradação desses recursos hodiernamente devido ao mau uso, faz-se necessário a conscientização e disseminação dos benefícios do reuso de águas residuárias na agricultura.

Sendo assim, se praticado com frequência, o reuso dessas águas traz algumas vantagens para a região semiárida podendo tornar a produção mais sustentável e evitar o desperdício de água, além de minimizar o uso de adubos químicos. No entanto, é indispensável a utilização de técnicas alternativas, práticas, econômicas e viáveis de tratamento de água de abastecimento e de tratamento de esgotos e dejetos, devendo o uso sustentável de efluentes e outros resíduos orgânicos em solos devem ser incentivados, desde que haja monitoramento constante das áreas tratadas.

Dentre as desvantagens é possível mencionar a presença de metais pesados, originários de esgoto industrial descartado acoplado a esgotos domésticos que pode acarretar a contágio do solo, dos produtos agrícolas e de águas subsuperficiais. Tem também o excedente de sais e de sódio em efluentes sanitários e outros tipos de efluentes. Tais excedentes pode provocar a salinidade do solo e a carência hídrica em plantas. Além dos patógenos humanos, presentes em efluentes sanitários, podem infectar a cultura, o lençol freático e os trabalhadores. Contudo, dentre todos estes fatores, é a lixiviação de nitrato o fator de maior preocupação considerando a utilização de efluentes em solos sob condições tropicais, onde a mineralização de sua carga orgânica é acelerada.





Portanto, o uso de águas residuárias derivadas de esgotos sanitários em solos agrícolas deve ser visto com prudência, devendo ser priorizado na irrigação de plantas cujas partes comestíveis não estejam em contato direto com o solo, a exemplo da cana-de-açúcar e do eucalipto, que são cultivadas em grandes extensões de terra e que podem ser mecanizadas.

■ REFERÊNCIAS

1. APHA (American Public Health Association). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington, 2005.
2. BARROS, K. K.; NASCIMENTO, C. W. A.; FLORENCIO, L. Nematodesuppressionandgrowthstimulation in cornplants (Zeamays L.) irrigatedwithdomesticiceffluent. **Water Science and Technology**. v. 66, p. 681-688, 2012.
3. BASTOS, R. K. X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura**. Projeto PROSAB. 2003, 264p.
4. BASTOS, R. K. X.; KIPERSTOK, A.; CHERNICHARO, C. A. L.; FLORENCIO, L. ; MONTEGGIA, L. O; SPERLING, M. V.; AISSE, M.M.; BEVILACQUA, P.D.; PIVELLI, R. P. Subsídios à Regulamentação do reúso da Água no Brasil -Utilização de Esgotos Sanitários Tratados para Fins Agrícolas, Urbanos e Piscicultura. **Revista DAE**, v. 1, p. 50-62, 2008.
5. BRASIL. Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 - Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília – DF, janeiro de 1997.
6. BRASIL. Resolução Conselho Nacional de Recursos Hídricos nº 54, de 28 de novembro de 2005 - Estabelece critérios gerais para reúso de água potável. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília – DF, março de 2006.
7. BRASIL. **Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005**. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2054.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2022.
8. BERNARDI, C. C. Reúso de água para irrigação. **Monografia** (Conclusão do Curso de Pós-graduação em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada) – ISEAFGV/ECOBUSINESS SCHOOL, Brasília-GO, 2003.
9. _____. Resolução CNRH nº 121, de 16 de dezembro de 2010. Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH nº 54, de 28 de novembro de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, dezembro 2010.



10. _____. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da União**, Brasília, maio 2011.
11. _____. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, março 2005.
12. BREGA FILHO, D. & MANCUSO, P. C. S. **Conceito de reuso de água**. In: Reuso de água; Capítulo 2. Eds. P. C. Sanches Mancuso & H. Felício dos Santos. Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES. São Paulo, 2002.
13. CALIJURI, M. L.; BASTOS, R.K.X; Tiago de Brito MAGALHÃES, T. B; CAPELETE, C.B; DIAS, E.H.O. Tratamento de esgotos sanitários em sistemas reatores UASB/*wetlands* construídas de fluxo horizontal: eficiência e estabilidade de remoção de matéria orgânica, sólidos, nutrientes e coliformes. **Eng Sanit Ambient**. v.14 n.3, 421-430p, 2009.
14. COLARES, C.J.G e SANDRI D. Eficiência do tratamento de esgoto com tanques sépticos seguidos de leitos cultivados com diferentes meios de suporte. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v. 8, n.1, 2013.
15. COSTA e BARROS JÚNIOR, **AVALIAÇÃO DA NECESSIDADE DO REÚSO DE ÁGUAS RESIDUAIS**, Holos, Ano 21, setembro/2005.
16. CUBA, R.S; CARMO, J.R; SOUZA, C.F ; BASTOS, G.R. Potencial de efluente de esgoto doméstico tratado como fonte de água e nutrientes no cultivo hidropônico de alface. **Rev. Ambient. Água**, vol. 10 n. 3 Taubaté – Jul. / Sep. 2015.
17. CUNHA, Ananda Helena Nunes. **Reuso de água no Brasil**, 2010. Monografia (Pós-graduação), Saneamento Ambiental, Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro-RJ, 46p..
18. CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**, Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, v. 5, 2 ed, p. 31-32, 2007.
19. DENIZ, F.; SADHWANI, J. J.; VEZA, J. M. New quality criteria in wastewaterreuse the case of Gran Canaria. **Desalination**. v. 250, p. 716-722, 2010.
20. FILHO, Edécio José de Souza. Reúso de esgoto doméstico tratado, baseado em diferentes níveis de reposição nutricional para cultura da melancia no semiárido pernambucano. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Recife, 2013.
21. FORESTI, E. Anaerobic treatment of domestic sewage: established technologies and perspectives. **Water Science Technology**, v. 45, n.10, p. 181-186, 2002.
22. FRIEDLER, E.; LAHAV, O.; JIZHAKI, H.; LAHAV, T. Study of urban population attitude towards various wastewater reuse options: Israel as a case study. **Journal of Environmental Management**. v. 81, p. 360-370, 2006.



23. GÁLVEZ, J.M. et al. Influence of hydraulic loading and air flow rate on urban wastewater nitrogen removal with a submerged fixed-film reactor. **Journal of Hazardous Materials**, v. 101, p. 219-229, 2003.
24. GONÇALVES, R.F.; PASSAMANI, F.R.F.; SALIM, F.P, SILVA, A.L.B; MARTINELI.G; BAUER, D.G. **Associação de um reator UASB e biofiltros aerados submersos para tratamento de esgoto sanitário**. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaérobios- Coletânea de artigos técnicos-FINEP/PROSAB, 2000.
25. HARUVY, N. Agricultural reuse of wastewater: nation-wide cost-benefit analysis. **Agriculture Ecosystems and Environment**. v.66, n.2, p. 113-119, 1997.
26. HESPANHOL, I. **Esgotos como Recurso Hídrico – Parte I: Dimensões Políticas, Institucionais, Legais, Econômico financeiras e Sócio-culturais**, Engenharia, Instituto de Engenharia de São Paulo, nº.523, ano 55, São Paulo, 1997.
27. HESPANHOL, (2002) Potencial de Reuso de Água no Brasil - Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Volume 7 n.4 Out/Dez 2002, 75-95.
28. JIMÉNEZ, B.; ASANO, T. Water reuse: Na International Survey of current practice, issues and needs. **Scientific and Technical Report**. n. 20. IWA London, UK, 2008. 631 p.
29. LOPES, et al. Estudo do potencial de geração de biocombustíveis líquidos a partir de microalgas: Utilização de efluentes agroindustriais e domésticos no desenvolvimento da *Chlorella sp*. **Revista Ciência e Tecnologia**, v. 18, n. 33, 2015.
30. MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (Org.). **Reuso de Água**. São Paulo: Editora Manole LTDA, 2003. 579p.
31. MASCARENHAS, L.C.A.; VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, A.L. Avaliação do desempenho de lagoas de polimento rasa, em série, para o pós-tratamento de efluentes de reator UASB. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v.9, n.1, p.45-54, 2004.
32. MOTA, F. S. B. VON SPERLING, M. **Nutrientes de esgoto sanitários: utilização e remoção**, Rio de Janeiro: ABES, 2009.
33. MELLO, J. **Avaliação da estação de tratamento de esgoto do Bairro Novo Horizonte na cidade de Araguari – MG**. Universidade Federal de Minas Gerais. Pós - graduação em Engenharia Ambiental. 2007.
34. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Manual de educação para o consumo sustentável**. Ministério do meio ambiente, Brasília, 2005.
35. NAKAGAWA, D. H; CORREA, C. Z.; DEMETRIO, B. O.; PRATES, K.M.C. Remoção de matéria orgânica e sólidos de esgoto sanitário bruto em reator em bateladas sequenciais aerado. **XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS 21, 22 E 23 DE SETEMBRO DE 2016**.
36. NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. Edgard Blucher: São Paulo, 2003.
37. PIANOWSKI, E.H E JANISSEK, P.R. Desinfecção de efluentes sanitários com uso de cloro: avaliação da formação de trihalometanos. **Revista Técnica da Sanepar**, Curitiba, v.20, n.20, jul./dez. 2003.





38. PROSAB. **Reúso das águas de esgoto sanitário, inclusive desenvolvimento de tecnologias de tratamento para esse fim.** Disponível em: https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Esgoto-Prosab_-_final.pdf. Acessado em: 20 de novembro de 2021.
39. REBOUÇAS ET AL . **Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado.** *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 97-102, jan.-mar., 2010.
40. RIGO, M. M. et al. Destinação e reúso na agricultura do lodo de esgoto derivado do tratamento de águas residuárias domésticas no Brasil. *Gaia Scientia*, v. 8, outubro, 2014. Disponível em: <<http://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/gaia/index>>. Acesso em: 20 de novembro de 2021.
41. SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Alteração química do solo irrigado por aspersão e gotejamento subterrâneo e superficial com água residuária. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, PB, DEAg/UFCG. v.13, n.6, p.755–764, 2009.
42. SILVA, A. M. R. B. Caracterização e avaliação do potencial de uso de lodos de estações de tratamento de esgoto doméstico da região metropolitana do Recife. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)** – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2001.
43. SILVA, J.D; PEREIRA, R.J; CARMO, M,A. **Nutrição Mineral e Adubação da Mangueira em Condições Irrigadas.** Circular técnica 77. Petrolina, PE Julho, 2004.
44. SOUSA, J. T. et al. Efluentes tratados utilizados na agricultura. In: **XV Simpósio brasileiro de recursos hídricos**. Curitiba-PR, Brasil, p.1-12, 2003.
45. SHAER-BARBOSA, M.; SANTOS, M. E. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Viabilidade do reúso de água como elemento mitigador dos efeitos da seca no semiárido da Bahia. *Ambiente e Sociedade*, v. 17, n. 2, p. 17-32, 2014.
46. USEPA. **Unites States Environmental Protection Agency. Guidelines for Water Reuse.** EPA/600/R-12/618 Washington, DC, USA. 640p. 2012.
47. VON SPERLING, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3. ed. Belo Horizonte: UFMG-Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.
48. WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards.** Of a WHO meeting of experts. Technical report series N° 517. Genebra, 1973.

