

**USO DE ESGOTOS TRATADOS NO NORDESTE DO BRASIL:
POTENCIAIS E DESAFIO**

Rafaela Ribeiro de Oliveira ⁽¹⁾

Mestranda do programa de pós-graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais, ênfase em Saneamento Ambiental do IFRN (PPgUSRN – IFRN). Graduada em Química pela UFRN. Técnica em Controle Ambiental pelo CEFET-RN. Técnica de Laboratório do Laboratório de Química Ambiental do Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis (CTGAS-ER).

Yldeney Silva Domingos

Mestranda do programa de pós-graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais, ênfase em Saneamento Ambiental do IFRN (PPgUSRN – IFRN). Graduada em Química pela UFRN. Técnica em Controle Ambiental pelo CEFET-RN. Técnica de Laboratório do Laboratório de Química Ambiental do Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis (CTGAS-ER).

André Luis Calado Araújo

Engenheiro Civil pela UFPB. Mestre em Engenharia Sanitária pela UFPB. PhD em Engenharia de Saúde Pública pela *University of Leeds*. Professor do IFRN e do Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais (PPgUSRN-IFRN). Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária da UFRN (PPGES-UFRN).

Luara Musse de Oliveira

Mestranda do programa de pós-graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais, ênfase em Saneamento Ambiental do IFRN (PPgUSRN – IFRN). Especialista em Gestão Ambiental pelo IFRN. Graduada em Tecnologia de Gestão Ambiental pelo IFRN. Graduada em Ciências Biológicas pela UFRN.

Paula Rafahela Silva dos Santos

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária da UFRN (PPGES-UFRN). Graduada em Química pela UFRN. Especialista em Engenharia Sanitária pela UFRN. Tecnóloga em Meio Ambiente pelo CEFET-RN. Técnica em Tecnologia Ambiental pelo CEFET-RN. Técnica de Laboratório do Laboratório de Química Ambiental do Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis (CTGAS-ER).

Glauber José Tuolla Fernandes

Graduado em Química pela UFRN, Mestre em Ciências com ênfase em Química Analítica pela USP. Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais pela UFRN. Doutor em Química pela UFRN. Pós-Doutor em Química da Atmosfera pelo INPE. Pesquisador do Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis (CTGAS-ER). Professor do Mestrado em Engenharia do Petróleo e Gás da Universidade Potiguar - UNP/*Laureate International Universities*.

Endereço⁽¹⁾: Av. Capitão-Mor Gouveia, 2770. Lagoa Nova. CEP: 59064-164. Natal-RN.
E-mail: rafaelaribeiro.o@hotmail.com

RESUMO

Com a escassez dos recursos hídricos, fala-se cada vez mais em reutilizar os recursos de maneira sustentável. A disponibilidade da água, tanto na qualidade quanto na quantidade, somada a alta demanda, deve ser pensada de forma planejada levado em consideração à conservação e o reúso. A região nordeste possui características climáticas peculiares e neste cenário as técnicas de reúso são bastante aplicáveis. As tecnologias de reúso de águas residuais são variadas, e elas incluem: reúso agrícola, reúso industrial, reúso recreacional e/ou público, reúso doméstico, reúso na aquicultura, recargas de aquíferos subterrâneos, dentre outros. Neste trabalho, mostraremos o uso de efluentes tratados no nordeste do Brasil, apresentando de maneira clara a os potenciais desta medida, bem como os desafios.

PALAVRAS-CHAVES: Reúso, Efluentes, Nordeste.

INTRODUÇÃO

Reúso significa de maneira bem simplista, o aproveitamento de uma água que já foi utilizada, de um efluente tratado ou não, em qualquer aplicação diferente daquela da qual foi gerada, como exemplo: usar a água do banho para regar o jardim ou a água que foi utilizada em um processo de resfriamento industrial seja direcionada para lavagem de equipamentos. A vantagem disso desse tipo de postura recai na redução nos gastos, na geração de esgotos e, principalmente, em uma mudança de postura cultural, pois partirá do princípio que é preciso fazer uso da água com responsabilidade (ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS DA SABESP, 2006).

A região semiárida do nordeste do Brasil tem como característica apresentar um curto período chuvoso, possuir temperaturas elevadas e altas taxas de evaporação. No que diz respeito à quantidade de água no solo disponível para as plantas, nessa região, registra-se uma deficiência hídrica na grande maioria dos meses do ano. O reúso planejado de águas residuárias domésticas na agricultura vem sendo estudado como uma medida para minimizar o problema da escassez hídrica nessa região, sendo uma das alternativas para os agricultores localizados especificamente nas áreas circunvizinhas das cidades (SOUSA, 2005).

Segundo Hespanhol (2008) a reutilização de águas residuais tratadas para irrigação doméstica-agrícola é uma atividade viável e considerada de multiuso, é capaz de resolver problemas de escassez de água e escassez ecológica de forma simultânea, uma vez que a aplicação do efluente para irrigação também tem a vantagem de diminuir a necessidade de fertilização artificial. O esgoto ou efluente tratado pode ser reutilizado para uma série de propósitos, tais como agricultura, irrigação de campos, recarga de aquíferos e refrigeração industrial (ORON, 1994).

Em áreas urbanas, o potencial de reúso de efluentes é muito amplo e diversificado. Entretanto, usos que demandam água com qualidade elevada requerem sistemas de tratamento e de controle avançados, podendo levar a custos incompatíveis com os benefícios correspondentes.

A reutilização de águas residuais era aplicada principalmente na irrigação de culturas industriais em grande escala, mas com a irrigação por gotejamento, principalmente para sistemas em superfície, foram ampliadas as possibilidades de reúso e tornou-se possível ser aplicada na irrigação de vegetais e hortaliças. Porém, um dos problemas que se possui quanto à reutilização de águas residuais, diz respeito aos critérios de controle exigidos pelas legislações para a reutilização destes efluentes (ORON, 1994).

Hespanhol (2008) mostra que atualmente, diversas companhias de saneamento se preparam para fornecer a chamada “água de reúso” ou “água de utilidades” para o atendimento de fins não-potáveis na área urbana. Essa prática, já bastante disseminada em diversas regiões metropolitanas brasileiras, consiste em complementar, geralmente por meio de sistemas de tratamento físico-químicos, o tratamento dos efluentes de sistemas biológicos e efetuar a distribuição em áreas restritas, para atender a usos diversos, especialmente de novos usuários.

O reúso urbano não-potável é, portanto, efetuado tendo os esgotos domésticos como matéria-prima básica. Entretanto, considerações têm sido feitas ultimamente sobre a possibilidade de utilização de águas cinzas, como matéria-prima para reúso não-potável em áreas urbanas, especialmente em edificações e sistemas condominiais (HESPANHOL, 2008).

No Brasil, um dos entraves no que diz respeito ao reúso de águas é o fato de ainda não existir, uma legislação que estabeleça critérios para os sistemas de reúso e, principalmente, padrões de qualidade aceitáveis. Como essa água pode conter uma quantidade elevada de microrganismos que trazem danos à saúde, como bactérias, vírus e afins, os padrões de qualidade utilizados, até o momento, são os internacionais. Existem diretrizes sobre o tema, porém nenhuma regra estabelecida ou políticas de incentivo ao sistema (ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS DA SABESP, 2006).

OBJETIVO

Este trabalho tem como o objetivo apresentar algumas formas de reúso de efluentes utilizadas no nordeste brasileiro, bem como apresentar sua aplicabilidade e respectivas dificuldades de execução.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foi realizada uma pesquisa quantitativa e exploratória, através de pesquisa bibliográfica nas diversas fontes de informações, tais como livros, revistas, publicações em periódicos, artigos científicos, jornais, boletins, monografias, dissertações, teses e legislações.

RESULTADOS

Segundo a ABNT 13.969 (1997) o esgoto de origem essencialmente doméstica ou com características similares, passando por um tratamento, deve ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como, irrigação dos jardins, lavagem de pisos e dos veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagísticas dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas, pastagens, etc.

A simples prática de recirculação de água de enxágue da máquina de lavagem de roupas, já é considerado uma forma de reúso de efluente doméstico. Admite-se também que o esgoto tratado, em condições de reúso, possa ser direcionado para limites externos do sistema local para atender à demanda industrial ou outra demanda da área próxima.

A qualidade da água utilizada e o objetivo específico do reúso, estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de capital, operação e manutenção associados. As possibilidades e formas potenciais de reúso dependem, evidentemente, de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais (HESPANHOL, 2002).

Devido à impossibilidade de identificar adequadamente a enorme quantidade de compostos de alto risco, particularmente micro poluentes orgânicos, presentes em efluentes líquidos industriais, mananciais que recebem, ou receberam, durante períodos prolongados, esses efluentes, são, “a priori”, desqualificados para a prática de reúso para fins potáveis. O reúso, para fins potáveis, só pode ser praticado, tendo como matéria prima básica, esgotos exclusivamente domésticos (ORON, 1996).

No Brasil, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) lançou, em 2003, uma minuta de resolução, bastante similar à recomendação da Organização Mundial da Saúde, incentivando o reúso de águas de qualidade inferior e estabelecendo os padrões de qualidade dos efluentes para cada modalidade de reúso, o que representou um grande passo na legalização da técnica no país. Contudo, tal resolução não entrou em vigor e no ano de 2005 o órgão o lançou a Resolução Nº 54, que incentiva a prática do reúso em diversas modalidades, mas não estabelece parâmetros específicos para seu emprego (BERTONCINI, 2008).

As formas de reúso do efluente tratado incluem variadas tecnologias de aplicações. Dependendo das características do efluente e de sua destinação, o reúso dos efluentes podem ser aplicados de várias maneiras, conforme pode ser visualizado na tabela abaixo.

Tabela 1: Tipos de reúsos.

As várias Formas de Reúso	
Reúso agrícola	Utilização de um efluente de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), com o devido pós-tratamento, para a irrigação de cultura de sustento ou forrageira e/ou para a dessedentação de animais. Como consequência desta modalidade de reúso, na maioria das vezes, ocorre a recarga do lençol freático.
Reúso industrial	Utilização de um efluente de ETE, com o devido pós-tratamento, caso necessário, para torres de resfriamento, caldeiras, água de processamento, construções civis e fins menos nobres que possam prescindir da qualidade da água potável.
Reúso recreacional e/ou público	Utilização de um efluente de ETE, com o devido pós-tratamento, caso necessário, para a irrigação de parques, campos de esporte, rega de jardins, lagos ornamentais e/ou recreacionais, postos de serviço para lavagem de automóveis.
Reúso doméstico	Trata-se do reúso do efluente das ETEs, acondicionado, para regar jardins residenciais, lavar carros, em áreas verdes de condomínios e para as descargas de vasos sanitários.
Reúso para aquicultura	Trata-se do reúso dos efluentes das ETEs, convenientemente acondicionado para a alimentação de reservatórios destinados à produção de peixes e plantas aquáticas. O objetivo é a obtenção de alimentos e/ou energia de biomassa aquática.
Reúso de aquíferos subterrâneos	Trata-se do reúso do efluente de ETEs, para suplementar o nível do aquífero ou para evitar a intrusão da cunha salina em cidades a beira mar. A recarga permite a redução dos custos de bombeamento de água, uma vez que o nível da água subterrânea aumenta após a recarga.

Fonte: ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS DA SABESP, 2006.

Dentre as formas de reúso existentes abordaremos neste trabalho a piscicultura, agricultura, a recarga de aquífero e reúso industrial, que são técnicas bem difundidas e aplicadas.

PISCICULTURA

A piscicultura é uma atividade difundida há muito tempo, a nível mundial e em escala regional também. O desenvolvimento de uma cultura de pescado depende do ecossistema no qual ela está inserida, este deve permanecer em equilíbrio antes e depois de sua utilização. Estudos estão sendo desenvolvido sobre a potencialidade do reúso de efluentes para aplicação na piscicultura.

Como desenvolvido por Santos (2001), seu trabalho mostra que os resultados referentes à produtividade piscícola dos sistemas avaliados foram de 4.717,5 kg/(ha.safra) para o sistema de piscicultura convencional; 1.562,0 kg/(ha.safra) para o sistema de reúso na piscicultura sem aeração; 7.018,5 kg/(ha.safra) para o sistema de reúso na piscicultura com aeração. O sistema de lagoa de estabilização apresentou produtividade nula, por não se tratar de um sistema de produção de peixes.

Com isso, reforça-se a prática do reúso de águas residuárias nesta atividade como uma ferramenta ambientalmente sustentável para o aumento da oferta hídrica. Quando se avaliam os resultados obtidos neste trabalho para o sistema denominado reúso sem aeração, observa-se que não houve alteração significativa na condição da qualidade do efluente da ETE, o que mostra que é possível se realizar o reúso em piscicultura, nas condições testadas, sem que haja prejuízo ambiental (SANTOS, 2011).

Um dos principais pré-requisitos para a criação de peixes é que a água seja de boa qualidade e que esteja disponível em quantidade adequada. No entanto, a maioria dos sistemas de piscicultura não possui unidades para filtragem e/ou tratamento dos seus efluentes, o que pode comprometer a qualidade da água a jusante dos cultivos. Dessa forma muitos cultivos acabam agindo como agentes de degradação da qualidade da água no meio natural (CASTELLANI, 2006).

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2013) a aquicultura moderna se baseia em três componentes: a produção lucrativa, a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento social. Assim, para que a atividade se estabeleça, é preciso que algumas condições ambientais sejam respeitadas, e que a produção dos animais aquáticos seja conduzida dentro de parâmetros de qualidade de água especificados pela legislação brasileira. Também é preciso que a qualidade dos efluentes gerados nas pisciculturas seja a melhor possível, a fim de que os impactos ou alterações provocadas nos corpos hídricos às jusantes sejam minimizados.

Dentre os principais impactos potenciais, destaca-se que a quantidade elevada de matéria orgânica e nutrientes, como nitrogênio e fósforo nos efluentes que podem comprometer a qualidade da água nos cursos hídricos a jusante. O uso de ração cresceu proporcionalmente ao aumento da produção e produtividade da aquicultura em todo o mundo.

Segundo Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2013) em sistemas de produção tradicionais, o aporte significativo de nutrientes e matéria orgânica da ração poderá levar ao excesso de fitoplâncton, à baixa concentração de oxigênio dissolvido, à alta concentração de amônia e a condições insatisfatórias do sedimento de fundo dos viveiros (pois o sedimento reflete as condições alóctones, como por exemplo processos erosivos das margens, no caso de viveiros escavados, e também fatores internos, como altas concentrações de sólidos em suspensão na água, o que certamente prejudicará a produção aquícola.

A ração não consumida e os excrementos dos peixes contribuem para o aumento na concentração de nitrogênio e fósforo na água, por meio da eliminação por via das brânquias e fezes. Estes elementos podem ser os principais poluentes em águas naturais e solos que os recebem, principalmente nos sistemas de produção semi-intensivos e intensivos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2013).

AGRICULTURA

No Brasil a prática do reúso de esgotos, principalmente para a irrigação é de certa forma, difundida. Na agricultura a reutilização de águas residuais também está relacionada as condições climáticas da região, caracterizada por escassez de chuvas, falta de fontes de água doce e a alta salinidade da água subterrânea. Para o reaproveitamento de águas residuárias na agricultura é necessário que o seu tratamento seja eficaz. Técnicas de tratamento, eficazes, práticas, econômicas e recomendadas ao meio rural (BERTONCINI, 2008).

A prática do uso de efluentes para fins agrícolas, está associado a alta carga de nutrientes presentes no esgoto. A agricultura é a atividade humana que mais consome água, em média 70% de todo o volume captado, destacando-se a irrigação como atividade de maior demanda. Em áreas de clima seco a irrigação é responsável pelo consumo de 50 a 85 % dos recursos hídricos disponíveis; já no Brasil, a agricultura utiliza 61% de todo o volume captado (DUARTE, 2008).

No que se refere à irrigação, o aproveitamento de esgotos sanitários tratados se constitui em uma valiosa ferramenta para minimizar os conflitos pelo uso da água, quer seja pela redução da quantidade extraída dos mananciais, ou por possibilitar a redução dos impactos decorrentes do seu lançamento nesses mananciais. Comparativamente, no Brasil, o volume de água utilizado para irrigação é significativamente superior àquele utilizado para consumo humano, o qual dará origem aos esgotos sanitários. Mesmo em condições ideais, na qual se admite que o índice de coleta e tratamento de esgotos seja de 100% e que todo o volume gerado possa ser aproveitado, sempre haverá necessidade de complementar a demanda para irrigação com a água proveniente de fontes tradicionais, ou então, desenvolver e utilizar métodos mais eficientes de irrigação (MIERZWA, 2015).

Segundo Hespanhol, (2012) durante as duas últimas décadas, o uso de esgotos para irrigação de culturas aumentou, significativamente, devido aos seguintes fatores: dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de águas para irrigação; custo elevado de fertilizantes; segurança de que os riscos de saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos, se as precauções adequadas são efetivamente tomadas; custos elevados

dos sistemas de tratamento, necessários para descarga de efluentes em corpos receptores; aceitação sociocultural da prática do reúso agrícola e reconhecimento, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, do valor intrínseco da prática.

De acordo com Duarte (2008) apesar do reúso planejado ser amplamente difundido e utilizado mundialmente, no Brasil, mesmo com escassez dos recursos hídricos em algumas regiões, esta prática não tem sido utilizada de forma intensiva; entretanto, é consenso geral que a irrigação com esgoto sem tratamento adequado pode ser nociva ao meio ambiente, à saúde humana, ao solo, aos aquíferos e às culturas irrigadas, pois tanto o afluente como o efluente pode conter certos constituintes poluentes.

As águas residuárias tratadas e destinadas ao reúso agrícola devem ser avaliadas sob os aspectos de sodicidade, salinidade, excesso de nutrientes e, sobretudo, sob os aspectos sanitários: bactérias, cistos de protozoários, ovos de helmintos e vírus que criam graves problemas de saúde pública, uma vez que acarretam enfermidades (SOUZA, 2005).

HIDROPONIA

Diante da escassez dos recursos hídricos, da crescente pressão demográfica e visando atendimento da população em geral com água potável está sendo tarefa cada vez mais difícil de ser cumprida. A busca por alternativas para contornar este problema é, sem dúvida, o reúso de esgoto. Uma forma de reúso de efluente que está se apresentando como uma alternativa viável no Nordeste é a hidroponia.

A hidroponia é uma técnica na qual a planta recebe os nutrientes que precisam. Segundo Andrade Neto (2015), os efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários são ricos em macro e micronutrientes e podem, portanto, com algumas adaptações das técnicas, serem utilizados como solução nutritiva em hidroponia.

Nesta técnica há o controle dos fatores ambientais, temperatura, macro e micronutrientes, pH da solução, salinidade, intensidade de luz, condutividade elétrica, umidade do ar, dentre outras. Desta forma garante-se uma cultura estável, elevada produtividade, eficiente uso da água, eficiente uso nutrientes produzindo plantas bem nutridas. Os desafios do uso desta técnica são os riscos associados ao uso de efluentes na agricultura no geral.

Outra forma de cultura hidropônica é a forragem verde hidropônica com esgoto tratado. Esta possui vantagens como: tratamento complementar de esgotos em nível terciário com eficiência inigualável, controle da poluição: não polui águas, nem solo nem ar, proteção da saúde pública e do meio ambiente; Reúso de água e reciclagem de nutrientes; necessita de pequenas áreas; alta produção; controle natural de pragas; cultura sem agrotóxico, natural e orgânica; Alta relação benefício/custos e excelente retorno social do investimento; proteção dos animais (rumem); Altíssima eficiência evapotranspirométrica e alta eficiência fotossintética (ANDRADE NETO, 2015).

RECARGA DE AQUÍFEROS

Diante do quadro caótico da utilização, Moura (2004) afirma que, há a inexistência ou insuficiência de água superficial em quantidade suficiente para atender as necessidades do homem, a recarga artificial de aquíferos (RAA) surge como uma alternativa rápida e eficiente para manter ou elevar o volume de água em aquíferos subterrâneos.

Segundo a NBR 13.969, a infiltração é o processo de tratamento/disposição final do esgoto que consiste na percolação do mesmo no solo, onde ocorre a depuração devido aos processos físicos (retenção de sólidos) e bioquímicos (oxidação). Como utiliza o solo como meio filtrante, seu desempenho depende grandemente das características do solo, assim como do seu grau de saturação por água

A recarga artificial de um aquífero se faz necessária quando a taxa de exploração de suas águas é superior a sua taxa de recarga natural, o que acarreta o rebaixamento de seu nível e a redução do volume de água nele disponível, que por sua vez traz como consequências o colapso estrutural do solo (MOURA, 2004).

A prática de recarga artificial, mais propriamente designada como recarga gerenciada de aquíferos, com efluentes domésticos tratados, de acordo com Hespanhol (2008), vem encontrando aplicação em diversas partes do mundo, tanto em regiões áridas e semiáridas como em áreas com disponibilidade hídrica elevada. No Brasil, a prática, que é ainda pouco conhecida, vem suscitando reações de hidrogeólogos, biólogos, engenheiros ambientais e de conservacionistas em geral, que a consideram uma metodologia com grande potencial para contaminar as águas subterrâneas.

Um dos métodos de se realizar a recarga diz respeito a recarga direta, para tanto é necessário tratar os efluentes no nível de água potável com a finalidade de proteger a integridade sanitária do aquífero (Foster et al., 1994). Considerando os custos do tratamento mais os custos dos poços, o processo exige grandes investimentos (HESPANHOL, 2008).

As bacias de infiltração consistem no método mais simples, antigo e amplamente utilizado para executar a RAA, pois se baseia na simples infiltração da água destinada à recarga. O método é preferido por permitir o uso eficiente do espaço e requerer uma manutenção simples e rápida, sendo sua utilização indicada para áreas que disponham de topografia favorável e solos que apresentem boa permeabilidade. A recuperação de efluentes de ETEs pode ser relativamente fácil através do tratamento solo-aquífero (TSA) em locais que disponham de condições hidrogeológicas que favoreçam o uso de bacias de infiltração (MOURA, 2004).

Fink e Santos (2003) argumenta que a presença de organismos patogênicos e de compostos orgânicos sintéticos na grande maioria dos efluentes disponíveis para reúso, principalmente naqueles oriundos de estações de tratamento de esgotos de grandes conurbações, com polos industriais expressivos, caracteriza reúso potável como uma alternativa associada a riscos muito elevados, tornando-o praticamente inaceitável. Além disso, os custos dos sistemas de tratamento avançados, que seriam necessários para um projeto dessa natureza, levariam a inviabilidade econômica-financeira do abastecimento público, não-havendo, ainda, garantia de proteção adequada da saúde dos consumidores.

REÚSO INDUSTRIAL

As indústrias cada vez mais tendem a reutilizar a água utilizada no processo dentro da própria planta. O reúso de água na produção pode ser reutilizado para a refrigeração como para o auxílio da produção de energia industrial e tem sido praticada há muitos anos. Um dos maiores desafios associados à reutilização ou reciclagem de água nesta situação são os requisitos de qualidade da água. A degradação das águas de processo, ou aumento do acúmulo de sais na água de refrigeração são dois exemplos primários. Os requisitos de tratamento para aliviar essas degradações devem atender a qualidade da água necessária no custo suficientemente baixo para manter a viabilidade econômica do esquema de reutilização (DEBOER; LINSTEDT, 1997).

Segundo a Firjan (2015) para a aplicação da prática do reúso de água em indústrias, existem duas alternativas a serem consideradas. Uma delas é o reúso chamado de macro externo, definido como o uso de efluentes tratados provenientes das estações administradas por concessionárias ou outras indústrias. A segunda é o reúso chamado de macro interno, definido como o uso interno de efluentes, tratados ou não, provenientes de atividades realizadas na própria indústria.

O tratamento da água de arrefecimento para o processo exige a eliminação dos sais que se formam durante ciclos repetidos de arrefecimento. Os sais de cálcio e sulfatos tipicamente representam os problemas mais graves. Além disso, a remoção de compostos orgânicos também se faz necessário (DEBOER; LINSTEDT, 1997).

As imposições de mercado para o setor industrial tornam impraticáveis as tomadas de qualquer decisão sem uma avaliação dos aspectos econômicos associados. Para a escolha da alternativa que apresente a melhor viabilidade econômica, é necessário que sejam identificadas as tecnologias disponíveis para tratamento de efluentes e seus respectivos custos.

CONCLUSÕES

Verificamos que ainda não existem limites estabelecidos em legislações nacionais para o reúso de efluentes nas tecnologias descritas neste trabalho. Se verificarmos o histórico sobre o avanço deste tema, podemos visualizar que até o advento da Constituição Federal de 1988, sempre considerou a água um bem inesgotável, passível de utilização abundante. Esse pensamento, foi disseminado até pouco mais da metade do século XX.

No Decreto Federal nº 24.643, de 10 de julho de 1934, conhecido como Código das Águas, previa a propriedade privada de corpos d'água, assegurava o uso gratuito de qualquer corrente ou nascente e tratava os conflitos sobre o uso das águas como meras questões de vizinhança. (FINK, SANTOS, 2003). Somente com a própria Constituição Federal de 1988 e a lei que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997) que a consciência de que os recursos hídricos são finitos fica mais evidenciado.

Ao tratarmos da região nordeste, apontamos como um avanço no quesito legislativo a iniciativa do município de Caicó do Estado do Rio Grande do Norte. A lei nº 4.593/2013, de 19 de junho de 2013 que recomenda critérios e padrões de qualidade para água de reúso a ser utilizada nas seguintes atividades: produção agrícola, fins urbanos, piscicultura.

Segundo Fink e Santos (2003) a própria legislação em vigor, ao instituir os fundamentos da gestão de recursos hídricos, cria condições jurídicas e econômicas para a hipótese do reúso de água como forma de utilização racional e de preservação ambiental.

Embora a água seja um recurso natural renovável, a consciência de sua escassez como fonte de manutenção da vida, seja nas atividades produtivas, agropastoris e até mesmo para o abastecimento público das populações, tem levado os países a tratarem seus recursos hídricos como se não fossem renováveis, institucionalizando e sistematizando políticas para sua utilização e descarte.

O reúso controlado de águas residuais, possui pontos positivos pois, reduz a necessidade de captação de águas primárias em mananciais naturais, que são assim preservados para usos mais restritivos. Combinações adequadas de técnicas de tratamento de esgotos, tipo de cultura, método de irrigação e cuidados ambientais, permitem a utilização de esgotos sanitários em variadas aplicações, com baixo risco à saúde pública, de forma econômica e tecnicamente viável.

RECOMENDAÇÕES

- Estudos para a viabilidade econômica do reúso de efluentes nas diversas atividades industriais;
- Disseminação da informação dos potenciais reúsos dos efluentes;
- Estudos quanto a segurança sanitária do reúso de efluentes;
- Revisão e adequação das legislações vigentes quanto ao controle, valores máximos permitidos na reutilização de efluentes.
- Estudos sobre os impactos ou alterações ambientais decorrentes da utilização efluentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE NETO, Cícero Onofre de. **Reúso de água na agricultura**. Natal: UFRN, 2015.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.969**. Tanques septos- unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projetos, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.
3. ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS DA SABESP. Reúso de água: uma necessidade para as próximas décadas. **Saneas**. v. 02, n. 23, ago, 2006.
4. BERTONCINI, Edna Ivani. Tratamento de efluentes e reúso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**. Jun, 2008.
5. CASTELLANI, Daniela; BARRELLA, Walter. Impactos da atividade de piscicultura na bacia do Rio Ribeira de Iguape, SP – Brasil. **B. Inst. Pesca**, v. 32, n.2, p. 161 - 171, 2006.
6. DEBOER, J.; LINSTEDT, K. D. Advances in water reuse applications. **Water Res.** v.i9, n. 11, p. 1455-1461, 1985.

7. DUARTE, Anamaria S. Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.12, n.3, p.302–310, 2008.
8. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes**. São Paulo: Embrapa Meio Ambiente, 2013.
9. FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Manual de conservação e reúso de água na indústria**. Rio de Janeiro: [s.n], 2015.
10. FINK, Daniel Roberto; SANTOS, Hilton Felício. A legislação de reúso de água. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício (ed). **Reúso do de água**. São Paulo: Manole, 2003. (Coleção ambiental)
11. HESPANHOL, Ivanildo. Potencial de Reúso de Água no Brasil Agricultura, Industria, Municípios, Recarga de Aquíferos. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v.7, n.4, p. 75-95, Out-Dez, 2002.
12. HESPANHOL, Ivanildo. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos avançados**. v.22, n.63, 2008.
13. EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **Hidroponia: Uma Técnica Alternativa de Cultivo**. Disponível em: <file:///C:/Users/yldeney/Downloads/hidroponia%20(1).pdf>. Acesso em: 07 dez 2015.
14. LIBERTI, Lorenzo; LOPEZ, Antônio. Strategy for agriculture wastewater reuse in s. italy. **Desalination**, v.83, p. 173-182, 1991.
15. MOTA, Suetônio. **Aproveitamento de Águas Residuárias Tratadas em Irrigação e Piscicultura: A Experiência da Universidade Federal do Ceará**.2013.
16. MOURA, André Negrão de. **Recarga artificial de aquíferos: os desafios e riscos para garantir o suprimento futuro de água subterrânea**. 2004. Trabalho apresentado no XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Paulo, 2004.
17. ORON, Gideon. Duckweed culture for wastewater renovation and biomass production. **Agricultural Water Management**. v. 26, p. 27-40, 1994.
18. SANTOS. Emanuel Soares et al. Avaliação da sustentabilidade ambiental do uso de esgoto doméstico tratado na piscicultura. **Eng. Sanit. Ambient**. v.16, n.1, Mar. 2011.
19. SOUSA, José Tavares de. et al. Tratamento de esgoto para uso na agricultura do semi-árido nordestino. **Eng. sanit. ambient**. v.10, n. 3, p. 260-265, jul-set, 2005.
20. MIERZWA, José Carlos. Uso de águas residuárias na agricultura: o caso do Brasil. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/upf/mierzwa.pdf>. Acesso em: 09 dez 2015.