

REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA COMO FERRAMENTA DE SISTEMAS DE GESTÃO AMBIENTAL AGROINDUSTRIAS E DOMÉSTICOS

Lívia Cristina da Silva¹; Joice Vinhal Costa Orsine²

1 Mestranda em Genética e Melhoramento de Plantas - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás, Brasil. MBA em Perícia, Auditoria e Gestão Ambiental - Instituto de Pós Graduação - IPOG, Brasil. e-mail: liviacristy@gmail.com

2 Professora Mestre do Instituto Federal Goiano – campus Urutaí, Brasil.

Data de recebimento: 07/10/2011 - Data de aprovação: 14/11/2011

RESUMO

A redução de volume de efluentes, seguida pelo aproveitamento do efluente tratado são questões fundamentais nos atuais sistemas de gestão ambiental em diversos setores, no sentido de contribuir para redução dos impactos no meio ambiente. O presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre a reutilização de água na agricultura, em processos industriais e domésticos. Pôde ser observado que existe uma tendência para o estudo de novas formas de se tratar a água residual e diferentes meios de se reutilizar esta água em diversos setores, uma vez que pequenas e grandes empresas têm se preocupado mais com a redução, reutilização e reciclagem, para adequação da legislação ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão ambiental, minimização do uso de água, produção mais limpa, tratamento de efluentes.

WATER REUSE AS A TOOL FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

ABSTRACT

The volume reduction of waste, followed by the use of treated wastewater are key issues in current environmental management systems in various sectors, in helping to reduce environmental impacts. This study aimed to conduct a literature review on water reuse in agriculture, domestic and industrial processes. It could be observed that there is a tendency to study new methods to treat wastewater and different ways to reuse this water in different sectors, since small and large companies have been more concerned with the reduction, reuse and recycling, to the adequacy of environmental legislation.

KEYWORDS: Environmental management, minimization of water use, cleaner production, wastewater treatment.

INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas mundiais que poderá afetar gerações futuras se não houver uma conscientização global da necessidade de sua conservação é a escassez de água. Apesar de ser constante a quantidade de água existente numa região, a população consumidora deste insumo é crescente. Dessa forma, a disponibilidade de água reduz à medida que a população e/ou atividades industriais aumentam (KELMAN, 2003).

O gerenciamento das fontes de água, sendo uma preocupação global, tem o propósito básico de prover adequadamente a água para o homem e o meio ambiente. O gerenciamento de água inclui sua utilização, a conservação de sua fonte, o monitoramento e a preservação de sua qualidade (AHMED & ROY, 2007).

Ações tecnológicas, institucionais e educacionais têm sido vivenciadas em todo o mundo em busca por alternativas de otimização de consumo de água, da redução de efluentes gerados e de uso de fontes alternativas de água (SAUTCHÜK et al., 2005).

No Brasil destaca-se a lei 6938/81, que institui a política nacional do meio ambiente que menciona o incentivo ao estudo e pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais e a lei 9433/97, que institui a política nacional de recursos hídricos. Esta última fixa os fundamentos, os objetivos, as diretrizes e os instrumentos capazes de indicar a orientação pública no processo de gerenciamento dos recursos hídricos, além de estabelecer entre os princípios de ações governamentais o incentivo ao estudo e pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais, bem como a racionalização do uso da água, instituindo a cobrança pelo uso da mesma, por meio de outorga (RAPAPORT, 2004).

Dessa forma, o reúso da água funciona como um importante instrumento de gestão ambiental, devendo ser aplicados critérios e padrões de qualidade quando considerada a questão de saúde pública, a aceitação da água pelo usuário, a preservação do ambiente, a qualidade da fonte da água para reúso e a adequação da qualidade ao uso pretendido (PHILIPPI, 2006).

De acordo com o *CODEX ALIMENTARIUS* (2001), a água de reúso é aquela recuperada de uma etapa de processamento, podendo até ser de componentes de alimentos, e que após subseqüentes tratamentos de acondicionamento, se necessários, é destinada a ser reusada no mesmo, anterior ou subseqüente operação do processamento de alimentos. Assim, a água de reúso inclui a água recirculada (*recirculated water*), água reciclada (*recycled water*) e água recuperada (*reclaimed water*).

Para a implementação dos sistemas de minimização de água em indústrias, deve-se realizar a adequação de um modelo prático de gerenciamento hídrico industrial, o qual se constitui em sete etapas: coleta e análise de documentos; medição de consumo de água e geração de efluentes (balanço hídrico); verificação dos pontos de maior consumo de água; minimização do consumo de água com ênfase nos pontos de maior consumo de água; avaliação do potencial de reúso e reciclo de água sem acondicionamento; avaliação do potencial de reúso e reciclo de água com acondicionamento; manutenção do gerenciamento hídrico (LUIZ, 2007).

Porém, de acordo com SILVA et al. (2010), um sistema de reúso de água mal concebido, independente da forma de operação, possivelmente irá ocasionar inúmeros malefícios aos usuários diretos e indiretos do sistema. Assim, torna-se relevante a ampliação do conhecimento desse sistema e a realização de avaliações

contínuas dos sistemas existentes, de tal forma que se promova a criação de uma base de dados que permita aos profissionais avaliar os benefícios de adoção dos sistemas prediais de reúso de água. Por meio dessas informações, também, seria possível propor melhorias, estabelecer metas e diretrizes mais rigorosas para o desenvolvimento de sistemas de elevado desempenho e cada vez mais seguros para os usuários.

Segundo SILVA JÚNIOR (2010), para que se possa avançar na discussão da preservação dos recursos naturais, especialmente em relação à água, faz-se necessário que os órgãos gestores possam fiscalizar os usos inadequados da água, especificamente em distritos industriais, que se caracterizam como um grande poluidor dos recursos hídricos, de maneira eficiente e regular.

A conservação da água, por meio do uso racional e do reúso tem se mostrado como uma ferramenta eficaz na preservação dos recursos hídricos. Os ganhos ambientais são obtidos tanto na redução da captação de água quanto na redução da emissão de poluentes ao meio ambiente, preservando esse recurso natural em quantidade e qualidade (WEBER et al., 2010).

Porém, as intervenções de ordem comportamental e física devem preceder o reúso da água, pois trazem maiores benefícios ambientais pela eliminação ou redução do seu uso. Dessa forma, o reúso proporciona apenas a substituição de uma água de qualidade superior por outra de qualidade mínima necessária à atividade em questão, não promovendo um aumento na eficiência de uso da água (WEBER et al., 2010).

Considerando os diversos benefícios advindos da implantação de programas de minimização e reúso de água, como a redução de custos de implantação e de operação de estações de depuração de efluentes, aumentos de produtividade e redução de perdas de processo, decorrentes da otimização do processo industrial, da conscientização e do envolvimento dos funcionários, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre o reúso de água nos diversos setores de agricultura, indústria e doméstico.

- Reutilização de água na agricultura

Atualmente, o uso de efluentes de esgotos tratados na agricultura constitui como um importante elemento das estratégias de política e gerenciamento de água. A decisão crítica da elaboração de políticas sobre o uso de efluentes de esgotos tratados pode contribuir para transformar a imagem negativa do esgoto numa sociedade economicamente e ambientalmente segura, no sentido de preservar os recursos hídricos existentes (HESPANHOL, 2002).

A utilização de águas residuárias, com seus nutrientes naturais, pode ser aplicada na irrigação de diversas culturas, realizando dessa forma uma economia com fertilizantes na agricultura (MUFFAREG, 2003).

No Quadro 1 estão apresentados trabalhos publicados nos últimos anos, relacionados à aplicação do reúso da água em sistemas agrícolas.

QUADRO 1. Resultados relacionados ao estudo do reaproveitamento de água na agricultura e aqüicultura

| Referência e Objetivo do trabalho | Resultados encontrados |
|-----------------------------------|---|
| SANTOS et al. (2011) | Os autores observaram que na avaliação do sistema |

| | |
|--|---|
| <p>objetivaram avaliar a sustentabilidade ambiental da prática do uso de esgoto doméstico tratado na piscicultura por meio de três índices propostos: Índice de Sustentabilidade Ambiental para Reúso em Piscicultura (ISARP); Índice de Qualidade de Água para Reúso em Piscicultura (IQARP); custo ambiental (entropia).</p> | <p>reúso sem aeração, não foi causado qualquer efeito deletério à qualidade do efluente da estação de tratamento de efluentes. Foram observadas pequenas reduções dos valores ISARP e IQARP, e do custo ambiental moderado, o que aponta a potencialidade do uso dessa água como fonte de abastecimento de viveiros de aquicultura. Sendo assim, verificou-se o aumento da disponibilidade de água de melhor qualidade para fins mais nobres, bem como de água com qualidade adequada ao uso em aqüicultura.</p> |
| <p>SANTOS JÚNIOR et al. (2011) realizaram estudo com objetivo de avaliar os efeitos de doses de boro e da irrigação com dois tipos de água, residuária e de abastecimento, nos componentes de produção do girassol (<i>Helianthus annuus</i> L.) cv. EMBRAPA 122/V-2000.</p> | <p>Os autores concluíram em seus estudos que as doses de boro e tipos de água utilizados não influenciaram nenhuma variável ligada à produção de aquênios. Foi observado também que a irrigação com água residuária influenciou positivamente as variáveis fitomassa fresca e seca das folhas, do caule e da parte aérea, todas ligadas à produção de forragem.</p> |
| <p>SANTOS et al. (2010) objetivaram avaliar os efeitos da utilização de água de rejeito da dessalinização no cultivo de alface cultivar Vera (<i>Lactuca sativa</i> L.) em sistema hidropônico.</p> | <p>A utilização de rejeito da dessalinização no preparo da solução nutritiva reduziu linearmente o crescimento e a produção da alface hidropônica, sendo os efeitos mais severos sobre a variável área foliar. Os autores observaram que a nutrição das plantas com água de rejeito inibiu o crescimento da alface hidropônica, com redução de 94,83% do peso de matéria fresca em relação à nutrição com a solução nutritiva preparada com água de abastecimento, impossibilitando o cultivo comercial da cultura.</p> |
| <p>DEON et al. (2010) realizaram trabalho com o objetivo de avaliar o desempenho produtivo e qualitativo da cana-de-açúcar (<i>Saccharum</i> spp.), irrigada por gotejamento subsuperficial com efluente de estação de tratamento de esgoto.</p> | <p>A irrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto proporciona ganhos de produtividade pela reposição da evapotranspiração da cana-de-açúcar, e esse ganho aumentou com aplicação do dobro da evapotranspiração calculada. Os autores observaram ainda que a irrigação com efluente de estação de tratamento de esgoto permite reduzir a fertilização nitrogenada recomendada no cultivo da primeira e segunda socas da cana-de-açúcar.</p> |
| <p>DAMASCENO et al. (2010)</p> | <p>A água de efluente doméstico tratada pode ser</p> |

avaliaram os efeitos nutricionais sob as variáveis de crescimento, produção e qualidade da gérbera (*Gerbera jamesonii*) quando fertigada com efluentes domésticos tratados.

PELLISSARI et al. (2009) realizaram estudo objetivando avaliar os efeitos do lodo têxtil, adubação e irrigação com água residuária da suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W, Hill ex Maiden.

LEAL et al. (2009), com o objetivo de estudar o efeito da irrigação por 16 meses com efluente na produtividade, extração de nutrientes pelo colmo e nos atributos químicos do solo em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.).

utilizada na irrigação da gérbera sob condições ambientais específicas, sem reduzir a qualidade ou o tamanho, com ou sem a suplementação de minerais. O crescimento e desenvolvimento da gérbera foram favorecidos quando houve a fertilização (50%) associada com 50% de irrigação das plantas com água de efluente doméstico tratada. Ao analisar somente a qualidade da flor, o tratamento com 75% de água de efluente tratada associada com 25% de fertigação com minerais resultou em flores de alta qualidade, entre os meses de julho e agosto, mas nos meses de setembro e outubro todos os tratamentos analisados produziram somente flores com qualidade comercial aceitável. Não foram observadas pelos autores diferenças quanto ao número de flores obtidas, quando realizadas combinações de tratamento entre irrigação com água de efluente e fertigação de minerais.

Os autores observaram que a adubação química propiciou efeito na altura das plantas, nas últimas épocas de produção das mudas. Já o substrato apresentou-se de forma negativa quando usado em 100% do lodo têxtil. Porém, a água residuária da suinocultura apresentou os melhores resultados para as mudas, tanto em diâmetro quanto em altura. Utilizando-se do parâmetro da relação altura/diâmetro para a avaliação das mudas, a água residuária da suinocultura propiciou antecipação de 30 dias na produção de mudas de eucalipto.

Os autores observaram que a irrigação com águas residuárias pode beneficiar as culturas agrícolas com água e nutrientes essenciais (especialmente nitrogênio), afetando também a química do solo. As elevadas concentrações de sódio do efluente ocasionaram um aporte de Na, juntamente com até N e K. Todas as parcelas irrigadas, com exceção de uma, apresentaram maior produtividade do que o controle. Quantidades expressivas de N e de K foram exportadas através da colheita da cultura. As adições de nutrientes e de Na via irrigação não foram compensadas pelo crescimento da planta, ocasionando uma baixa recuperação de N, P, Ca e Na, evidenciando uma excessiva fertilização da planta (N). Alterações no solo de pH, H + Al, Ca, Mg e K, foram de pequena magnitude, enquanto houve acúmulo de Na trocável ao longo do tempo nos tratamentos irrigados.

A utilização de águas residuárias está adquirindo uma importância crescente, o que exige atenção detalhada ao balanço entre o aporte de nutrientes via irrigação e as quantidades requeridas para a otimização da produtividade da cultura. Porém, ainda são necessários mais estudos sobre a viabilidade técnica e econômica, bem como dos impactos ambientais sobre a disposição de resíduos nos diversos tipos de solo e cultivo, sob variadas condições climáticas. Assim poderão ser criadas recomendações confiáveis para os diferentes agrossistemas no Brasil (LEAL et al., 2009).

- Reutilização de água em sistemas industriais

Segundo LACERDA et al. (2006), a gestão dos recursos hídricos no Brasil, especialmente nas indústrias mais antigas, sempre foi vista como um assunto de importância menor, já que a água era considerada um recurso inesgotável e muito barato, não oferecendo o apelo econômico de outros custos variáveis, como energia e insumos químicos. Porém, esta realidade vem mudando gradativamente tanto em virtude de uma legislação cada vez mais restritiva, como pelo aumento da conscientização da população, cuja demanda por produtos gerados por processos industriais menos agressivos ambientalmente começa a ser sentida.

A água é utilizada pela indústria na fabricação de seus produtos em diversas situações, como lavagem das matérias-primas e de equipamentos, caldeiras para produção de vapor, refrigeração de equipamentos, lavagem de pisos das áreas de produção, incorporação aos produtos, reações químicas, higiene dos funcionários, combate a incêndios, entre outras. Em cada uma dessas utilizações a água fornecida deve seguir padrões mínimos de qualidade, de forma a atender as exigências de cada uso (PHILIPPI, 2004).

O controle do uso de água numa unidade industrial é uma estratégia eficaz de redução do volume de efluente gerado. As operações de limpeza constituem-se de oportunidades potenciais de redução do consumo de água, buscando-se assim a otimização do uso de água mediante estratégias de simples implementação (TIMOFIECSYK & PAWLOWSKY, 2000).

Já nas indústrias de alimentos, onde são consumidas grandes quantidades de água potável e gera-se grande quantidade de efluentes, os princípios de reúso de água ainda são pouco empregados, uma vez que a água de reúso necessita de vários testes para garantir a eficiência desejada e da complexa implementação das práticas de reúso de água. Para garantir o sucesso do sistema de reúso de água nas indústrias, deve-se incentivar e promover esclarecimentos aos funcionários, disposição de recursos financeiros para a prática, implementação de medidas de segurança e qualidade para o consumo de água de reúso e colaborações com agências reguladoras e institutos de pesquisa (CASANI et al, 2005).

A garantia da qualidade dos produtos das indústrias alimentícias está diretamente relacionada com a higienização dos equipamentos e instalações, que devem ser realizadas de modo eficiente e sem desperdício. Com a aplicação das estratégias evidenciadas é possível reduzir o consumo de água e conseqüentemente minimizar o volume de efluente gerado implicando na diminuição dos custos de aquisição de água e tratamento do efluente gerado (TIMOFIECSYK & PAWLOWSKY, 2000).

Os exemplos de aplicação do reúso da água nos sistemas de gestão ambiental de indústrias de diversos setores estão apresentados no Quadro 2.

QUADRO 2. Estudos sobre a aplicação do reúso de água em indústrias de diversos setores.

| Referência e Objetivo do trabalho | Resultados encontrados |
|---|--|
| <p>WEBER et al. (2010) realizaram um trabalho cujo objetivo foi estabelecer estratégias para a conservação da água em uma indústria de embalagens de papelão ondulado (PO).</p> | <p>O uso racional e o reúso da água foram ferramentas de conservação escolhidas para melhorar o desempenho ambiental da planta estudada. Após essas intervenções, os autores observaram que o consumo médio de água foi reduzido em 45%, e o consumo específico caiu de 213,11 para 89,41 mL de água por metro quadrado de PO. Como resultado final, além da redução no consumo de água, foi verificado que os efluentes tratados passaram a cumprir a legislação ambiental.</p> |
| <p>BRUM et al. (2009) realizou um estudo com o objetivo de reaproveitar a água de processo e resíduos da indústria de laticínios.</p> | <p>Os autores observaram que a obtenção do concentrado de proteína e gordura a partir de processos de ultrafiltração da água de laticínios e sua utilização em produtos lácteos, substituindo-se parte da matéria-prima, é uma alternativa promissora para as indústrias laticinistas. Foi verificado também que, além do concentrado, é possível aproveitar a água residuária em operações relacionadas à limpeza. Dessa forma, seriam obtidos resultados importantes para a indústria laticinista, como a diminuição do volume de efluente liberado e a minimização da carga do efluente. Porém os autores sugerem que seja realizada uma análise econômica para verificação da viabilidade de implantação do sistema de filtração da água residuária.</p> |
| <p>BORDONALLI & MENDES (2009) objetivaram apresentar alternativas de baixo custo de implantação e operação para o tratamento e reúso de efluentes líquidos gerados em operações de lavagem de embalagens plásticas de diversas origens, utilizando-se dados obtidos em escala real de uma indústria recicladora de plásticos instalada no município de Indaiatuba, São Paulo.</p> | <p>Os resultados encontrados pelos autores demonstraram a viabilidade do tratamento através de processo físico-químico por coagulação, floculação, decantação e filtração em manta geotêxtil, com o uso do hidroxicloreto de alumínio (PAC) como coagulante, soda cáustica (50%) como alcalinizante e polieletrólito como auxiliar de floculação e desidratação do lodo, bem como a exequibilidade do reúso dos efluentes em circuito fechado. Os autores também citaram o possível reúso de esgotos cinzas, além da água proveniente de precipitações pluviométricas.</p> |

| | |
|--|---|
| <p>PASSOS (2007) realizou trabalho com objetivo de propor uma forma de minimizar o consumo de água em curtumes, buscando o reúso da água em algumas etapas do processamento de peles.</p> | <p>Foi observado que é possível realizar o reúso de água em curtumes, por meio de teste de reúso da mistura das lavagens de purga na desencalagem/purga e na pré-desencalagem. O autor verificou que não houve diferença no produto final quando comparados o processo comum com o processo utilizando-se água de reúso, o que viabiliza a reutilização da água em indústrias de couro.</p> |
| <p>OENNING JÚNIOR & PAWLOWSKY (2007) realizaram trabalho com o objetivo de reduzir o consumo de água e o descarte do efluente tratado de uma indústria metal-mecânica, por meio de uma avaliação técnica e econômica de diferentes tecnologias de tratamento que pudessem proporcionar a reutilização do efluente.</p> | <p>Os autores constataram que as tecnologias de adsorção com carvão ativado e filtração por osmose reversa forneceram os melhores resultados em termos de qualidade do efluente para reúso. Já a ozonização apresentou tratamento satisfatório apenas quando levado em consideração o teste com efluente filtrado, sendo confirmada sua tradicional eficiência na desinfecção dos coliformes totais e fecais do efluente e também na oxidação da cor.</p> |
| <p>LUIZ (2007) propôs estratégias de gerenciamento hídrico em frigorífico considerando as restrições impostas pela legislação brasileira e as preocupações higiênicas existentes numa indústria de alimentos. Foram então apresentadas alternativas para a minimização do consumo de água e geração de efluentes.</p> | <p>O autor verificou que a economia teórica de consumo de água, após aplicados os princípios de minimização e de reúso, foi de 25,6% de água, com uma economia financeira de 27,4%.</p> |
| <p>DEL GRANDE (2004) realizou trabalho com o objetivo de avaliar alternativas para o reúso da água em indústria de celulose.</p> | <p>O autor apresentou conceitos que apóiam a gestão ambiental na indústria, baseados na norma ISO14001, produção mais limpa e otimização dos processos envolvendo tecnologias limpas, fechamento de circuitos e redução de efluentes na fonte.</p> |
| <p>CECCHIN (2003) realizou estudo sobre o reúso de água no processo produtivo de vestuário.</p> | <p>O autor observou uma redução significativa no volume gasto de água da indústria de vestuário através do modelo de reúso de água implementado.</p> |

De acordo com PASSOS (2007), muitas indústrias de couro reutilizam a água proveniente da etapa de caleiro, com o objetivo de diminuir o consumo de produtos

químicos que tem como conseqüência a redução da carga orgânica e tóxica do efluente final. Porém, o reúso da água também deveria ser aplicado em outras operações dos curtumes, reduzindo assim o consumo de água fresca em todo o processo produtivo.

É necessário o apontamento de mais soluções para minimizar os impactos aos recursos hídricos, como o reúso da água, para que os entraves na implantação de políticas públicas ambientais sejam parte de todo o processo industrial, desde sua criação (SILVA JÚNIOR, 2010).

É fundamental que a relação uso e reúso da água possa se estruturar dentro de políticas industriais e deixem apenas de ser uma obrigação legal, para ser uma prática racional de utilização de recursos naturais. A prática do reúso é o avanço na gestão ambiental hídrica que a muito se buscava nas políticas industriais, pois consegue restabelecer o equilíbrio entre a oferta e a demanda, conservar a água potável, evitando a utilização da mesma em processos onde não são necessárias, além de agregar valores de mercado e de imagem as indústrias que o adotam (SILVA JÚNIOR, 2010).

A valorização do meio ambiente está se incorporando à cultura das empresas e das indústrias, deixando de ser vista como um resultado, uma conseqüência, e se incorporando à análise e ao planejamento do processo produtivo, internalizando o conceito na empresa e assumindo que este item de qualidade também pode ser diferenciador em termos de competitividade (MELLO & PAWLOWSKY, 2003).

- Reutilização de água em sistemas domésticos e edificações

De acordo com FIORI et al. (2006), o crescimento rápido da população urbana e da industrialização está submetendo a graves pressões os recursos hídricos e a capacidade de proteção ambiental de muitas cidades. Embora o Brasil possua um dos maiores patrimônios hídricos do planeta, o reúso de águas cinzas tem se tornado necessário, principalmente nos grandes centros urbanos, cuja demanda é limitada pela poluição.

No contexto doméstico, as águas cinzas, que se constituem em uma fonte alternativa para suprimento de água em períodos de escassez ou aumento de preço do insumo, apesar de serem menos contaminadas do que o esgoto sanitário bruto, necessitam de tratamento adequado visando seu reúso com segurança para a população (RAPAPORT, 2004).

Segundo FIORI et al. (2006), se o uso da água cinza do chuveiro for exclusivamente para a descarga das bacias sanitárias, acredita-se que, com um tratamento simples como filtração e desinfecção, a água cinza possa ser reutilizada sem maiores problemas e com economia para o usuário e para as concessionárias, o que pode contribuir também com a preservação ambiental com reflexo nas gerações futuras, minimizando a carga de esgotos nos rios. Dessa forma, um recurso tão importante quanto à água potável será reservado apenas para os fins nobres.

No Quadro 3 estão apresentados os trabalhos cujas pesquisas envolvem a água de reúso em sistemas domésticos, de edificações e empresariais.

QUADRO 3. Estudos relacionados ao reuso de águas cinzas em sistemas domésticos

| Referência e Objetivo do trabalho | Resultados encontrados |
|--|---|
| <p>ZHANG et al. (2009), realizaram trabalho visando repensar as reservas não-convencionais de armazenamento de água em propriedades domésticas de cidades rurais da Austrália.</p> | <p>Os autores concluíram em seu estudo que a água de chuva e as águas cinzas representam adequadas ferramentas de um sistema de gerenciamento de água para a conservação e desperdício de água limpa. Foram estimadas possíveis opções de adoção da água de chuva recolhida nos telhados e águas cinzas, sendo demonstrada a eficiência no uso e reaproveitamento dessas fontes alternativas de água. Foi sugerido pelos autores, no sentido de incentivar a conservação das fontes naturais de água, o uso de medidas de controle da eficiência da água de reúso em diversas atividades domésticas, a adoção de políticas de preço e a re-educação social sobre o uso e conservação da água.</p> |
| <p>Em trabalho realizado por FIORI et al. (2006), os autores buscaram determinar os parâmetros de qualidade e quantidade das águas cinzas em edificações, visando à minimização do consumo de água e à sustentabilidade dos recursos hídricos, através do uso racional ou eficiente da água, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios, e o seu reaproveitamento.</p> | <p>Os autores concluíram que o controle do processo de reúso de águas é fase de grande importância, devendo começar pela obrigatoriedade de separação das canalizações de água potável e água de reúso. Até mesmo essas tubulações devem ser pintadas com coloração específica e com denominação para alertar sobre o uso delas, principalmente quando for para limpeza de pisos e irrigação de jardins. A reutilização da água cinza gerada nas edificações diminui o consumo de água potável para fins menos nobres e contribui para a sustentabilidade hídrica das cidades, pois, em um país onde o saneamento básico não é para todos e a maioria das cidades despeja o esgoto doméstico diretamente nos rios ou a céu aberto, essa medida minimiza a quantidade de poluição lançada nos corpos hídricos.</p> |
| <p>COHIM et al. (2007) realizaram trabalho visando investigar as mudanças de qualidade ocorridas em águas cinzas sintéticas armazenadas em condições de repouso.</p> | <p>As águas cinzas estudadas pelos autores apresentaram rápida depleção do oxigênio dissolvido, causada pela estabilização da matéria orgânica por microrganismos aeróbios. Foi observada uma condição de virtual anaerobiose atingida, em curtos períodos de armazenamento, uma vez que a depleção de oxigênio dissolvido é acompanhada do aumento do caráter redutor do meio. Apesar de condições próximas a</p> |

RAPAPPORT (2004) propõe o aproveitamento das águas cinzas provenientes de chuveiros e pias de banheiros em descargas sanitárias.

anaerobiose rapidamente se instalarem nas águas cinzas, o potencial de geração de gases fétidos foi menor que o esperado, não sendo observado cheiro típico de gases como o sulfídrico e o metano. No entanto, os autores observaram que houve em determinados períodos de tempo, produção de odores que foram qualificados como razoavelmente desagradáveis. Foi ainda constatado elevado potencial de sobrevivência e multiplicação dos microrganismos indicadores nas águas cinzas armazenadas.

O autor observou que, para implantação de um sistema de reúso das águas cinzas, é necessário além de um sistema duplo de distribuição de água, também um tratamento adequado. As análises químicas, físicas e biológicas demonstraram que estas águas apesar de serem menos contaminados que as águas negras necessitam de tratamento para serem reutilizadas com segurança.

O interesse pelo sistema de reúso que ainda é pequeno se deve ao preconceito de utilização de água proveniente do efluente do esgoto doméstico e, também, ao maior risco de contaminações associado ao sistema de manutenção que possam promover danos à saúde dos usuários diretos e indiretos do sistema. Um sistema de reúso concebido de forma adequada, mas operado de forma inadequada diminui a eficiência de tratamento e eleva os riscos de danos à saúde pública e de degradação do ambiente (SILVA et al., 2010).

A questão ambiental não pode ser vista sob a ótica da lei a ser cumprida, do controle, da punição ou das ações estanques e isoladas no ambiente empresarial. Ela é parte de uma nova atitude de gestão, dinâmica e competitiva, como o mundo moderno exige, e socialmente responsável (MELLO & PAWLOWSKY, 2003).

Segundo SILVA et al. (2010), os setores residencial, comercial e industrial devem adotar uma postura de conformidade ambiental, dedicando especial atenção para um insumo vital como a água, com a consciência adequada da necessidade de sua utilização de forma racional em termos quantitativos e qualitativos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram encontrados diversos estudos relacionados ao reúso da água para diferentes finalidades, verificando-se a intensa procura por soluções que visam a redução dos impactos causados pelo homem ao meio ambiente. Foram apresentados diversos usos da água de efluente tratado, como a irrigação de plantações e a destinação das águas cinzas em atividades domésticas que não necessitam de água potável. Porém observou-se que, apesar da relevância da pesquisa pela utilização de águas residuárias, nem todos os trabalhos que têm sido realizados conseguiram resultados positivos.

Portanto, observa-se a necessidade de realizar um monitoramento rigoroso das águas a serem reutilizadas, uma vez que, quando não forem adequadamente tratadas, podem colocar em risco a saúde e segurança da população. Sendo assim,

deve-se procurar um sistema de gerenciamento dos recursos hídricos que garanta benefícios tanto para o homem, quanto para o meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, A.M.M., ROY, K. Utilization and Conservation of Water Resources in Bangladesh. **Journal of Developments in Sustainable Agriculture**, v.2, p.35-44, 2007.

BORDONALLI, A.C.O., MENDES, C.G.N. Reúso de água em indústria de reciclagem de plástico tipo PEAD. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.14, n.2, 2009.

BRUM, L.F.W., SANTOS JÚNIOR, L.C.O., BENEDETTI, S. Reaproveitamento de Água de Processo e Resíduos da Indústria de Laticínios. **2nd International Workshop | Advances in Cleaner Production**. Key Elements for a sustainable world: energy, water and climate change, São Paulo – Brasil, 2009.

CASANI, S., ROUHANY, M., KNØCHEL, S. A discussion paper on challenges and limitations to water reuse and hygiene in the food industry. **Water Research**, v. 39, p. 1134-1146, 2005.

CECCHIN, C. Reúso de água: Um modelo proposto para a redução do consumo de água industrial através da metodologia do gerenciamento de processos. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

CODEX ALIMENTARIUS. Codex Alimentarius Commission: Codex Committee on Food Hygiene. Proposed Draft Guidelines for the Hygienic Reuse of Processing Water in Food Plants. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, 34th Session, Bangkok, Thailand, 2001.

COHIM, E., PEIXOTO, A.C., PASSOS, V., KIPERSTOK, A. Comportamento de águas cinzas sintéticas durante armazenamento. **Conferência Internacional de Saneamento Sustentável: Segurança alimentar e hídrica para a América**. Fortaleza, 2007.

DAMASCENO, L.M.O., ANDRADE JÚNIOR, A.S., GHEYI, H.R., RIBEIRO, V.Q., DIAS, N.S. Cultivation of gerbera irrigated with treated domestic effluents. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.6, p.582–588, 2010.

DEL GRANDE, M.H. Racionalização do uso de água na indústria de celulose: o caso Bahia Pulp. Dissertação de mestrado. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

DEON, M., GOMES, T.M., MELFI, A.J., MONTES, C.R., SILVA, E. Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.10, p.1149-1156, 2010.

FIORI, S., FERNANDES, V.M.C., PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n.1, p.9-30, 2006.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil – agricultura, indústria, municípios e recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.7, p.75-95, 2002.

LACERDA, L.P.; ALCÂNTARA, C.M.D.; KIPERSTOK, A.; KALID, R.; PUSTILNIK, L.; COHIM, E.; ROCHA, I.; MARINHO, A.; FIGUEIREDO, S.; CABRAL, A. Racionalização do uso de água: Projetos de minimização de consumo numa indústria de pigmento. **XVI Congresso Brasileiro de Engenharia Química. III Congresso Brasileiro de Termodinâmica Aplicada** – CBTERMO. 2006.

KELMAN, J. O desafio de levar água para todos. **Revista SENAC de Educação Ambiental**. Rio de Janeiro, ano 12, nº1, p. 8-12, jan./abr. 2003. Disponível em: <http://www.senac.br/informativo/educambiental/EA_012003/entrevista.asp>. Acesso em: 20 nov. 2006.

LEAL, R.M.P., FIRME, L.P., MONTES, C.R., MELFI, A.J., PIEDADE, S.M.S. Soil exchangeable cations, sugarcane production and nutrient uptake after wastewater irrigation. **Scientia Agricola**, v.66, n.2, p.242-249, 2009.

LUIZ, D.B. Gerenciamento Hídrico em Frigoríficos. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. 114p.

MELLO, E.T., PAWLOWSKY, U. Minimização de resíduos em uma indústria de bebidas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.8, n.4, p.249-256, 2003.

MUFFAREG, M.R. Análise e Discussão dos Conceitos e Legislação Sobre Reúso de Águas Residuárias. Dissertação apresentada com vistas à obtenção do título de Mestre em Ciências na área de Saúde Pública. Ministério da Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Escola Nacional de Saúde Pública. Rio de Janeiro, 2003.75p.

OENNING JUNIOR, A., PAWLOWSKY, U. Avaliação de tecnologias avançadas para o reuso de água em industrial metal-mecânica. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.12, n.13, p.305-316.

PASSOS, J.B. Reúso de água: uma proposta de redução do consumo de água em curtumes. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007. 99p.

PELLISSARI, R.A.Z., SAMPAIO, S.C., GOMES, S.D., CREPALLI, M.S. Lodo têxtil e água residuária da suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* (W, Hill ex Maiden). **Engenharia Agrícola**, v.29, n.2, p.288-300, 2009.

PHILIPPI, C.T. Avaliação de um sistema de reuso de água: o caso de um parque temático. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006. 67p.

PHILIPPI, A. J.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri: Manole, 2004. 1045p.

RAPAPORT, B. Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial. Ministério da Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Escola Nacional de Saúde Pública. Rio de Janeiro, 2004.72p

SANTOS JUNIOR, J.A., GHEYI, H.R., DIAS, N.S., SOARES, F.A.L., NOBRE, R.G. Doses de boro e água residuária na produção do girassol. **Revista Ciência Agronômica**, vol.42, n.4, 2011.

SANTOS, E.S., MOTA, S., SANTOS, A.B. Avaliação da sustentabilidade ambiental do uso de esgoto doméstico tratado na piscicultura. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.16, n.1, p.45-54, 2011.

SANTOS, R.S.S., DIAS, N.S., SOUSA NETO, O.N., GURGEL, M.T. Uso do rejeito da dessalinização de água salobra no cultivo da alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema hidropônico NFT. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 983-989, 2010.

SAUTCHÜK, C.A., LANDI, F.D.; MIERZWA, J.C., VIVACQUA, M.C.R.; SILVA, M.C.C., LANDI, P.D., SCHMIDT, W. **Conservação e Reúso de água: Manual de orientações para o setor industrial**. Federação e Centro das Indústrias do Estado de São Paulo – Fiesp/Ciesp, v. 1, 2005.

SILVA JÚNIOR, C.C. O gerenciamento e as práticas de reutilização da água em distritos industriais: o exemplo da Souza Cruz S/A em Uberlândia – MG. **Anais do XVI Encontro Nacional dos Geógrafos**. Crise, práxis e autonomia: espaços de resistência e de esperanças. Porto Alegre, 2010.

SILVA, W.M., SOUZA, L.O., REGO, L.H.A., ANJOS, T.C. Avaliação da reutilização de águas cinzas em edificações, construções verdes e sustentáveis. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, n.11, p.1-15, 2010.

TIMOFIECSYK, F.R., PAWLOWSKY, U. Minimização de resíduos na indústria de alimentos: Revisão. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 18, n. 2, p. 221-236, 2000.

WEBER, C.C., CYBIS, L.F., BEAL, L.L. Conservação da água aplicada a uma indústria de papelão ondulado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.15, n.3, p.291-300, 2010.

ZHANG, Y., CHEN, D., CHEN, L., GRANT, A., SHARMA, A. Rethinking of Non-traditional Water Resources in Residential Developments of Rural Towns, Western Australia. **Journal of Water and Environment Technology**, v.7, n. 2, 2009.