

# UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS DESPREZADAS PARA A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS NO SEMIÁRIDO

Ricardo Castelo Branco Albinati<sup>1</sup>; Ana Catarina Luscher Albinati<sup>2</sup> &  
Yvonilde Dantas Medeiros<sup>3</sup>

**Resumo** - Existem, na região do semi-árido brasileiro, milhares de pequenos e médios açudes eutrofizados e salinizados, assim como outros tantos poços perfurados e abandonados, por disporem de água salobra. Agrega-se a isto a implantação de dessalinizadores em mais de 600 municípios nordestinos, onde o lançamento de rejeitos hiperhalinos no solo ou em reservatórios construídos sem uma finalidade racional para o uso deste recurso vem trazer novos problemas e mais uma fonte de perda de água. Este trabalho tem por objetivo fazer uma revisão sobre as possibilidades de utilização de águas salinizadas ou eutrofizadas, propondo alternativas de uso para corpos d'água hoje abandonados e que poderão servir de base para a produção de alimentos e para a geração de renda para comunidades carentes do semi-árido brasileiro.

**Abstract** - Water is a vital limited and finite resource on earth and is necessary for economic and social development and for the environmental sustainability. However, there are in Brazilian semiarid zone, one thousand of dams and salinized wells, without utilization and recently, with the brackish water desalination process implanted in the region, the saline reject has gone to throw in lakes without control. This review has the purpose to show some possibilities to use this helpless water to produce food.

**Palavras-chave** - semi-árido, água salinizada, água eutrofizada, alimentos.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal da Bahia – Escola de Medicina Veterinária. Av. Ademar de Barros, 500 – Ondina, Salvador, Bahia. 40170-110. Fone/fax:(071)480-6118. [albinati@ufba.br](mailto:albinati@ufba.br).

<sup>2</sup> Universidade Católica do Salvador – Especialização em Gerenciamento Ambiental. Rua Canarana, 46, Pernambués, Salvador, Bahia. 41100-020. Fone/fax:(071)480-6118. [Catialbinati@hotmail.com.br](mailto:Catialbinati@hotmail.com.br).

<sup>3</sup> Universidade Federal da Bahia – Escola Politécnica. R. Aristides Novis, 02, 4º andar, GRH, Federação, Salvador, Bahia. Fone/fax: (71) 203-9787. [grh@ufba.br](mailto:grh@ufba.br)

## ÁGUAS DESPREZADAS NO SEMI-ÁRIDO

O conceito de “águas desprezadas” aqui utilizado refere-se àquelas águas que, por fugirem do enquadramento aos padrões de qualidade necessários para sua utilização, de acordo com a destinação anteriormente prevista, são abandonadas, permanecendo sem uso e sem valor.

Nesta classificação podem-se inserir as águas oriundas de poços salinos, inadequadas para o consumo humano ou de animais, os rejeitos de dessalinizadores por osmose reversa, também com níveis de salinidade incompatíveis com os padrões de abastecimento urbano e as águas abandonadas em reservatórios eutrofizados e ou salinizados pelo uso incorreto ou mal dimensionado.

No semi-árido brasileiro, região que ocupa área de aproximadamente 900 mil km<sup>2</sup>, correspondendo a cerca de 60% da região nordeste, onde a água é escassa e cara, a simples idéia de se “desprezar” um manancial hídrico pode parecer um absurdo impensável. No entanto, este é um fato mais comum do que se pensa: existem, na região do semi-árido, milhares de pequenos e médios açudes e poços abandonados.

Embora, nesta região, diversas alternativas tenham sido utilizadas para minorar o problema da falta d'água, tais como a construção de açudes e cisternas, para coletar e armazenar águas superficiais e de chuvas e a perfuração de poços, que permitam a utilização de águas subterrâneas, o gerenciamento de recursos hídricos, apenas do ponto de vista quantitativo, tem levado a políticas públicas equivocadas, como a construção de açudes, muitas vezes condenados à eutrofização e à salinização por falta de uso, assim como ao abandono de poços, perfurados em locais onde se encontrou água com níveis elevados de salinidade.

Assim, é preciso que se entenda o gerenciamento da água também em seu aspecto qualitativo, onde se planejem formas de tratamento e de manutenção da qualidade da água, aliadas ao seu uso racional.

Com a tecnologia disponível hoje, a água salinizada pode ser tratada, reduzindo-se o teor de sais, por diferentes métodos, dentre os quais se destaca, pela maior eficiência, o processo de dessalinização por osmose reversa. Atualmente, em muitos municípios nordestinos faz-se uso de equipamentos de osmose inversa e suas instalações vêm aumentando com apoio de órgãos governamentais e não governamentais. A dessalinização de água é uma alternativa inovadora e eficaz de conversão de água salgada em água potável de boa qualidade, já consolidada em diversos países do mundo.

Um problema, porém, do uso desta tecnologia é a produção de resíduos, com elevada concentração salina. Para a obtenção de um determinado volume de água dessalinizada, sempre há a produção de outro volume de resíduos salinos, proporção esta que depende da taxa de recuperação de cada equipamento. Infelizmente, não se tem trabalhado, na maioria dos casos, na

implantação de sistemas adequados de acondicionamento ou tratamento destes rejeitos, que, se lançados no ambiente de forma aleatória ameaçam a produtividade agrícola e a conservação dos recursos naturais.

O acondicionamento dos rejeitos em bacia de evaporação para obtenção de sais, bem como para criação de animais aquáticos e para irrigação de plantas halófitas com potencial forrageiro e alimentar, pode se constituir em uma boa opção para conciliar a produção de água de boa qualidade com a produção de alimentos para as populações da zona semi-árida, e, ao mesmo tempo, preservar o equilíbrio ambiental da região.

Um problema que surge na análise de propostas de criação de organismos aquáticos em águas salobras é com a manutenção da água em viveiros, a elevação rápida da salinidade pela evaporação. Uma possibilidade de controle é o cultivo de plantas halófitas em plataformas nas bordas dos viveiros, de forma que a água do cultivo aquícola sirva de (ferti) irrigação para as plantas e retorne ao viveiro, em melhores condições, após uma filtração biológica. Neste sistema, uma planta que tem sido experimentada e parece apresentar bom potencial de utilização e a erva sal (*Atriplex spp*), forrageira arbustiva, de ambientes áridos e semi-áridos, que se desenvolve bem em solos com alto teor de sal. Essas plantas, que têm se adaptado muito bem nas regiões áridas e semi-áridas do Brasil, são utilizadas em algumas regiões do mundo como recurso forrageiro importante na complementação de dietas de ruminantes e podem constituir-se numa importante fonte de nutrientes para ruminantes no semi-árido nordestino, sobretudo quando esta produção estiver atrelada à utilização dos resíduos salinos provenientes de dessalinizadores ou de outras águas salinizadas, de poços ou de açudes.

Este trabalho tem por objetivo fazer uma revisão sobre as possibilidades de utilização de águas salinizadas ou eutrofizadas, propondo alternativas de uso para corpos d'água hoje abandonados e que poderão servir de base para a produção de alimentos e para a geração de renda para comunidades carentes do semi-árido.

No semi-árido, os usos predominantes da água são o abastecimento humano e animal, com prioridade absoluta, o abastecimento industrial e a irrigação, em alguns casos e, como usos secundários, a piscicultura, a geração de energia e o lazer. Estima-se que existam no semi-árido brasileiro, cerca de uma centena de milhares de barramentos e esta extensa rede de reservatórios de acumulação, com açudes de pequeno, médio e grande portes, exige um programa intenso e continuado de recuperação e manutenção deste conjunto de infra-estrutura hídrica, de modo a se evitar o uso inadequado ou a perda de funcionalidade, com fortes conseqüências sociais, ambientais e econômicas (Vieira, 2002).

## **O HOMEM, A CIDADE E O METABOLISMO DO ECOSISTEMA AQUÁTICO.**

Durante o ciclo hidrológico, a água sofre alterações qualitativas, em razão das inter-relações dos componentes do sistema meio ambiente, quando os recursos hídricos são influenciados pelos usos adotados, seja o suprimento de demandas de núcleos urbanos, de indústrias, da agricultura, assim como pelas alterações de solo, urbano ou rural. A água tem capacidade de diluir e assimilar esgotos e resíduos, mediante processos físicos, químicos e biológicos, que proporcionam sua autodepuração. No entanto, esta capacidade é limitada à quantidade e qualidade de recursos hídricos existentes e ao tipo e quantidade de carga de esgotos e de resíduos, ou carga poluidora (Silva e Pruski, 2000).

O metabolismo de um ecossistema aquático compreende três etapas principais: produção, consumo e decomposição. A produção é realizada por todos os organismos capazes de sintetizar matéria orgânica a partir de gás carbônico, sais minerais e energia solar. Estes organismos são chamados de produtores primários (algas, macrófitas e algumas bactérias) e se localizam na zona eufótica (iluminada) do ambiente aquático. Os organismos consumidores (zooplâncton, peixes e outros animais) obtêm sua energia direta ou indiretamente a partir da matéria orgânica sintetizada pelos produtores e os decompositores (bactérias e fungos) fecham o ciclo biológico desdobrando a matéria orgânica em sais minerais (Esteves, 1988).

A qualidade de uma determinada água é resultante do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica, sendo afetada tanto pelas condições naturais, como também pela interferência do homem. Enquanto o impacto da primeira condição advém da incorporação de sólidos em suspensão ou solução, onde tem grande influência a cobertura e a composição do solo, a interferência do homem pode se dar tanto de forma concentrada, como pela geração de despejos domésticos ou industriais, como de forma dispersa, como na aplicação de defensivos agrícolas, por exemplo. Os diversos componentes presentes na água e que alteram sua qualidade, ou seu grau de pureza, podem ser avaliados a partir de suas características físicas, químicas e biológicas, que devem ser entendidas de uma forma abrangente, com suas possíveis interações. Assim, quando se fala em padrões de qualidade dos corpos receptores e em padrões para o lançamento de efluentes nos corpos d'água, é preciso que se entenda que ambos os padrões estão interrelacionados (Von Serling, 1995).

A eutrofização das águas ocorre quando são lançados no meio nutrientes que favorecem o desenvolvimento do fitoplâncton. Na maioria das águas continentais, o fósforo é o principal fator limitante da produtividade, o que faz com que, quando incorporado ao meio, torne-se o principal agente de eutrofização. Da mesma forma, o nitrogênio também possibilita o incremento da produtividade primária. São poucos os estudos que permitem estabelecer um balanço da quantidade total de nitrogênio fixado através da atividade microbiana em ecossistemas aquáticos.

Sabe-se, no entanto, que a fixação de nitrogênio está diretamente relacionada com a produtividade do sistema. Assim, em lagoas eutróficas, a fixação de nitrogênio pode chegar a 80% da carga total deste elemento. As algas cianofíceas planctônicas são os organismos responsáveis pela fixação da maior parte do nitrogênio, por serem mais abundantes e ocuparem maior volume no sistema. No entanto, comparando a capacidade de fixação de nitrogênio destas algas, com as algas perifíticas, bentônicas ou ainda com aquelas que vivem em simbiose com a macrófita aquática *Azolla*, pode-se afirmar que estas últimas apresentam maior taxa de fixação do que as demais. (Esteves, 1988).

A poluição orgânica, causada pelo lançamento de esgotos domésticos, atua principalmente de forma indireta, possibilitando o aumento da atividade microbiana, o que provoca diminuição do oxigênio disponível para outros organismos. No entanto, se o nível de poluição é mais intensa, as águas se escurecem, há uma redução drástica do teor de oxigênio dissolvido, com mortalidade acentuada dos peixes e de outros organismos, havendo uma proliferação de bactérias e fungos, o que torna o ambiente um problema de saúde pública (Russel-hunter, 1970).

Um conceito prático de poluição da águas é o que considera poluição a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os legítimos usos que dele são ou poderiam ser feitos. O maior fator de deterioração da qualidade de um corpo d'água em pequenas comunidades é o lançamento de esgotos oriundos de atividades humanas. O esgoto contém nitrogênio e fósforo, presentes nas fezes e na urina, nos restos de alimentos, nos detergentes e o incremento destes nutrientes em lagoas ou represas favorece o desenvolvimento de algas e de macrófitas aquáticas (Von Serling, 1995).

Pode-se diferenciar, basicamente, três tipos de esgotos: esgotos domésticos, esgotos de fábricas de gêneros alimentícios e esgotos industriais. O cálculo de Equivalentes Populacionais procura interpretar um valor estimado de consumo de oxigênio provocado pelos diferentes tipos de esgotos, em relação aos esgotos domésticos. Dessa forma estima-se que, por pessoa, são produzidos 150 litros de esgotos ao dia, com um teor de 1,0 a 1,3 gramas por litro de material sólido, o que corresponde a 54 g de consumo de oxigênio diariamente, por pessoa. Assim, um matadouro de suínos, por exemplo, teria um equivalente populacional de 27, por animal abatido (Schäfer, 1985).

O rápido desenvolvimento de algas e de macrófitas, em função do aumento dos nutrientes no meio, é conhecido como eutrofização cultural e, tanto pode ser positiva, servindo de alimento e possibilitando a produção de peixes, como negativa, favorecendo o desenvolvimento de vetores de doenças de veiculação hídrica e, no caso de mortalidade de algas, provocando redução

acentuada do teor de oxigênio dissolvido, o que pode causar a mortalidade total dos peixes (Tundisi, 1992).

O acúmulo de sais minerais em função de lançamento de esgotos ou barramento de cursos d'água pode levar à eutrofização e ao aparecimento da "poluição osmótica", em que organismos não adaptados à nova salinidade morrem por perderem água para o meio (Branco e Rocha, 1977).

Os principais efeitos indesejáveis da eutrofização sem controle, em um ambiente aquático são os aspectos estéticos, ligados ao desenvolvimento excessivo de algas e de macrófitas, assim como os aspectos sanitários, pelo favorecimento ao desenvolvimento de agentes patogênicos e vetores de doenças, e os aspectos biológicos e produtivos, devido ao incremento acentuado na demanda de oxigênio, com mortalidade de peixes e de outros organismos aquáticos (Von Serling, 1995).

A eutrofização em represas constitui um filtro biológico muito seletivo em relação à diversidade e à sucessão de espécies e tem as seguintes conseqüências nos sistemas aquáticos: aumento da biomassa e da produção primária do fitoplâncton, diminuição da diversidade de espécies, diminuição da concentração de oxigênio dissolvido e de íons, aumento de fósforo total no sedimento e mais intenso florescimento de cianofíceas (Tundisi, 1992).

Os efeitos dos resíduos poluentes dependem da concentração em que se encontram presentes nos efluentes. Esgotos domésticos em pequenas quantidades, assim como outros fertilizantes orgânicos, atuam de forma a incrementar a eutrofização do ambiente, aumentando a produtividade de organismos aquáticos (Russel-hunter, 1970).

Os efluentes contaminantes que chegam aos cursos d'água em todo o mundo, são, em sua maioria, compostos por matéria orgânica, seja na forma de águas residuais domésticas, industriais ou da agricultura (Dias, 1998).

As fontes mais freqüentes de poluição das águas são os esgotos domésticos e os resíduos industriais e o efeito sinérgico, mais que aditivo, destes dois fatores, responsáveis pelos casos mais graves de poluição das águas (Russel-hunter, 1970).

Poluições por esgotos domésticos podem aumentar a produtividade biológica das águas, visto contribuírem para uma maior produção planctônica. No entanto, se o afluxo de tais poluentes for muito intenso, a matéria orgânica começará a sofrer imediatamente processos de decomposição aeróbica, tendendo à mineralização total; em decorrência do aumento da atividade das bactérias aeróbicas, haverá uma crescente demanda bioquímica de oxigênio. Quando, em função da DBO, a quantidade de oxigênio disponível se tornar insuficiente, serão iniciados processos anaeróbicos de fermentação daqueles compostos protéicos e hidratos de carbono não totalmente mineralizados, com conseqüente formação de diversos compostos, alguns dos quais tóxicos para os peixes, como o  $\text{CH}_4$  e o  $\text{H}_2\text{S}$ . A presença de tais substâncias, agravada pela

ausência de O<sub>2</sub> torna o ambiente impróprio à vida de seres aeróbios (Albuquerque Filho, 1977).

Quando a carga contaminante dos esgotos é superior à capacidade de autodepuração do corpo d'água, há uma redução drástica do teor de oxigênio dissolvido, ocasionando mortalidade dos peixes. Esta condição é medida por dois parâmetros: a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que determina a quantidade de matéria orgânica biodegradável presente na água, e o Oxigênio Dissolvido (OD), que mede a concentração de oxigênio na água no momento da coleta (Soares, 1999).

A contaminação fecal das águas é um problema comum a todos os continentes e contribui para os índices elevados de enfermidade e de morte que ocorrem na população infantil de extensas áreas da Ásia, África, América Central e América do Sul (Dias, 1998).

A grande maioria das bactérias presentes na água é originária do solo. Uma porção é constituída pelas espécies nitrificadoras e fixadoras de nitrogênio, envolvidas no ciclo de decomposição da matéria orgânica na natureza, como as Nitrossomas, Nitrobacter e Rhizobium. Outras são espécies comuns do solo e da água, na maioria saprófitas e sem nenhum risco à saúde humana ou animal. As bactérias empregadas como indicadores de poluição fecal das águas são os coliformes (totais e fecais) os estreptococos fecais e o Clostridium perfringens (Soares, 1999).

Os esgotos domésticos contêm cerca de 99,9% de água e apenas 0,1% de sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos ou dissolvidos, além de microrganismos, em função dos quais se torna necessário o tratamento dos esgotos (Von Serling, 1995).

Mais perigosos, embora não sejam comuns em esgotos de pequenas cidades, são os contaminantes químicos (metais pesados e componentes químicos orgânicos), que constituem um grupo de alto risco e devem ser constantemente monitorados. No entanto, a principal fonte desses elementos é o setor industrial e a tendência recente na legislação e no desenvolvimento dos processos industriais é na direção do tratamento e eliminação desses elementos na fonte (Rocha, 1998).

## **CONTROLE E TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS**

Um dos principais problemas das aglomerações humanas em cidades é a coleta e tratamento dos resíduos gerados. Como cada comunidade possui características específicas, a produção de resíduos também é diferenciada e leva à necessidade de diferentes formas de coleta, tratamento e disposição. Na maioria dos casos, entretanto, o volume de resíduos gerados supera a capacidade natural de assimilação do meio receptor e o resultado é a crescente deterioração das condições ambientais. Ainda hoje, a maioria dos sistemas de esgotos existentes nas cidades brasileiras limita-se a despejar os resíduos brutos (não tratados) nos corpos d'água, trazendo, por

conseqüência, a poluição das águas e uma série de problemas ambientais, estéticos e sanitários para as pessoas que vivem nas regiões de influência desses corpos d'água (Rocha, 1998).

Os principais indicadores relativos à qualidade de um esgoto para tratamento são os sólidos presentes, os indicadores de matéria orgânica, os resíduos nitrogenados, o fósforo e os indicadores de contaminação fecal (Von Serling, 1995).

Dentre os diversos métodos utilizados para o tratamento de esgotos, é usual o lançamento em açudes ou lagoas de estabilização, ambiente hipereutrófico onde as substâncias orgânicas são decompostas por microrganismos e passam a fazer parte de redes alimentares. Distinguem-se, neste caso, dois tipos de lagoas: uma mantida em estado altamente enriquecido por substâncias orgânicas, com uma predominância de bactérias e algas cianofíceas, sendo a estabilização do processo assegurada pela oxigenação artificial das camadas inferiores, evitando-se condições de anaerobiose no sedimento e um segundo tipo, onde os nutrientes lançados são incorporados à rede alimentar de forma mais controlada e possibilitam a produção de organismos primários que sirvam de alimento para os peixes. Neste caso, a carga orgânica deve ser menor, de forma que sejam garantidas condições mínimas de oxigênio dissolvido na água, para a manutenção da vida dos animais (Schäfer, 1985).

Para corrigir os efeitos da eutrofização pode-se dispor das seguintes técnicas: a) diminuição da entrada de nitrogênio e fósforo; b) renovação do hipolímnio; c) renovação periódica das macrófitas aquáticas; d) renovação do sedimento; e) diminuição do tempo de residência da água; isolamento químico do sedimento (Tundisi, 1992).

Dentre as formas de controle da poluição por matéria orgânica, pode-se destacar o tratamento dos esgotos antes do lançamento, que geralmente é a melhor estratégia de controle, em combinação com outros métodos, tais como a aeração do efluente tratado ou da água receptora, visando a obtenção de resultados satisfatórios com o menor custo possível (Von Serling, 1995).

Para a execução bem sucedida de medidas de saneamento para a recuperação de uma água parada, é necessário conhecer as situações ecológicas e hidrológicas do corpo d'água sob estudo. Distinguem-se as medidas profiláticas de saneamento, que visam evitar a eutrofização das águas, daquelas terapêuticas, que procuram restabelecer um equilíbrio perdido por causa da poluição. (Schäfer, 1985).

Enquanto o tratamento terciário de esgotos é um processo tecnicamente complexo e geralmente de alto custo, visando a remoção de poluentes específicos (usualmente tóxicos ou não biodegradáveis), o tratamento secundário, ou biológico pode ser utilizado, com menor custo, para uma remoção de matéria orgânica e, eventualmente, de nutrientes, tais como nitrogênio e fósforo. Existem diversos sistemas de tratamento de esgotos em nível secundário, tais como as lagoas de estabilização, os lodos ativados, os sistemas aeróbios com biofilmes, os sistemas anaeróbios de

reatores e de filtros e a disposição do esgoto no solo. Para o controle de esgotos que seriam lançados em lagoas onde se possa dar destinação múltipla de maior interesse para a comunidade, pode-se utilizar o tratamento em nível secundário ou terciário, com a remoção de nutrientes, ou mesmo o tratamento convencional com o lançamento dos esgotos a jusante do corpo d'água de interesse, assim como a infiltração dos esgotos no solo (Von Serling, 1995).

A metodologia de avaliação da qualidade da água por meio de análises físico-químicas ou pelo estudo de indicadores biológicos do meio é chamada de Monitoramento Passivo. Uma complementação das análises físico-químicas pode ser fornecida por métodos de Monitoramento Ativo, tais como a exposição de organismos teste, *in loco* e em condições laboratoriais, onde poderiam ser observados aspectos como: sobrevivência, vitalidade, alterações fisiológicas, e outros parâmetros. É indispensável para o procedimento na aplicação desses métodos a realização de testes laboratoriais acompanhantes, objetivando o estudo auto-ecológico dos organismos expostos e sua reação perante substâncias tóxicas, em condições padronizadas (Schäfer, 1985).

## **USO E REUSO DA ÁGUA**

Em condições naturais, o ciclo hidrológico faz com que a água seja um recurso renovável, limpo e seguro. No entanto, se o manancial sofre interferências antrópicas, o grau de poluição das águas pode exceder sua capacidade natural de recuperação e passa a exigir do próprio homem ações corretivas para sua recuperação e reuso, o que envolve o estabelecimento de critérios de segurança e de custos associados ao sistema de tratamento adotado. As águas residuárias, tais como os esgotos domésticos e águas de drenagem agrícola, assim como as águas salobras podem ser consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos e o uso de tecnologias apropriadas para o aproveitamento destas fontes é fundamental para o enfrentamento do problema da falta de água (Hespanhol, 2002).

A reutilização da água é uma medida de gestão integrada e racional, cada vez mais utilizada em diversos países. O uso mais complexo da água se dá quando o tratamento de esgoto é bem feito e é inserido no próprio sistema e essa água pode ser reutilizada para abastecer cidades (Neto 2002).

Dentre os instrumentos previstos pela Política Nacional de Recursos Hídricos, a cobrança pelo uso da água, materializando o princípio do usuário-pagador, talvez seja aquele que trará maior incentivo ao reuso de água como forma de minimização de passivo ambiental (Fink e Santos, 2003).

Sempre que água de boa qualidade não está disponível, ou é difícil de ser obtida, águas de menor valor, tais como esgotos domésticos, drenagem de irrigação e águas salobras são

utilizadas. No entanto, nenhuma forma de ordenação política, institucional, legal ou regulatória orienta as atividades de reuso praticadas no Brasil. Como não existe experiência em reuso planejado e institucionalizado no país, é preciso implementar projetos pilotos, que deverão fornecer subsídios para o desenvolvimento de padrões e códigos de prática específicos. Uma vez concluída a fase experimental, as unidades pilotos deverão ser transformadas em sistemas de demonstração, objetivando treinamento, pesquisa e o desenvolvimento do setor. Legalmente, caberia à Agência Nacional de Águas – ANA, a competência para implementar e administrar uma política brasileira de reuso da água (Hespanhol, 2002).

A Comunidade Econômica Européia desenvolve um programa para avaliação de tecnologias de remoção de contaminantes dos esgotos, conhecido como “Projeto Poseidon”, com o objetivo de aumentar o reuso da água potável, pela eliminação de resíduos dos produtos farmacêuticos e de higiene pessoal (PPCPs), que passam através dos processos usuais de tratamento de esgotos e contaminam a água de abastecimento dos aquíferos (Mancuso e Santos, 2003).

Mancuso e Santos (2003) sugerem o reuso da água na produção aquícola para a produção de peixes e de plantas aquáticas, visando a obtenção de alimentos e/ou energia, utilizando-se os nutrientes presentes nos efluentes tratados.

As experiências mundiais em matéria de utilização de esgotos tratados para a agricultura irrigada e para a criação de peixes têm apresentados resultados convincentes em termos dos benefícios diretos (econômicos) e indiretos, tais como o incremento do nível nutricional e a melhoria das condições de vida das populações mais pobres, pelo aumento da produção de alimentos e a redução de danos ambientais (Hespanhol, 2002).

Um caso clássico é um projeto implantado em Lima, Peru, pela United Nations Development Programme (UNDP), do World Bank Integrated Resource Recovery Project e com assistência técnica alemã. Nesse empreendimento, peixes e camarões são criados em lagoas de estabilização de polimento (Mancuso e Santos, 2003).

O uso de esgotos, particularmente no setor agrícola, constitui-se em importante elemento das políticas e estratégias de gestão de recursos hídricos e muitos países, situados em regiões áridas e semi-áridas, tais como os do norte da África e do oriente médio, consideram esgotos e águas de baixa qualidade como parte integrante dos recursos hídricos nacionais, equacionando sua utilização em seus sistemas de gestão, por meio de uma política criteriosa de reuso (Hespanhol, 2002).

Efluentes de sistemas convencionais de tratamento de esgotos, tais como lodos ativados, apresentam concentração típica de 15 mg/litro de N total e cerca de 3 mg/litro de P total, o que possibilita, utilizando-se taxa de irrigação de duzentos milímetros por ano, uma aplicação de 300

e de 60 kg/ha/ano de N e de P, respectivamente. A aplicação destes efluentes, além de fornecer nutrientes às plantas, eliminando ou reduzindo significativamente a necessidade de aplicação de fertilizantes químicos, proporciona a adição de matéria orgânica ao solo, atuando como condicionador e aumentando a capacidade de retenção de água (Hespanhol, 2002).

Blum (2003) estabelece os seguintes critérios gerais norteadores de um programa de reuso quanto à qualidade da água produzida: a) o reuso não deve resultar em riscos sanitários à população; b) o reuso não deve causar nenhum tipo de objeção por parte dos usuários; c) o reuso não deve acarretar prejuízos ao meio ambiente; d) a fonte da água que será submetida a tratamento para posterior reuso deve ser quantitativa e qualitativamente segura; a qualidade da água deve atender às exigências relativas aos usos a que ela se destina.

Alguns efeitos negativos podem ocorrer em associação com o uso de esgotos na irrigação, tais como a poluição de aquíferos por nitratos, a salinização de solos ou a criação de habitats propícios ao desenvolvimento de vetores de doenças, tais como mosquitos e caramujos, o que exige o desenvolvimento de tecnologia adequada e controle operacional do sistema adotado. Os custos da utilização de esgotos tratados para a produção de alimentos incluem aqueles referentes à construção e operação das unidades de tratamento, assim como sistemas de distribuição, treinamento de pessoal e medidas de proteção à saúde (Hespanhol, 2002). Os riscos à saúde pública e ao meio ambiente são preocupações fundamentais quando se trata de reuso de água. Assim sendo, é necessário equilibrar as relações risco/benefício e custo/eficácia das tecnologias de tratamento, tendo em vista que, quanto mais nobre o uso pretendido, mais alto o custo dos investimentos necessários à segurança do processo (Nardocci, 2003).

Deve-se ter em mente a necessidade premente de treinamento e de capacitação de pessoal para a gestão racional dos recursos hídricos do semi-árido. Modelos hidroclimáticos precisam ser desenvolvidos, baseados no assim como sistemas de alerta de cheias e de secas, compreendendo previsões climáticas sazonais, de difícil determinação científica, mas de grande alcance social (Vieira, 2002).

## **ALTERNATIVAS PARA MANEJO DAS ÁGUAS DESPREZADAS NO SEMI-ÁRIDO**

### **A utilização de macrófitas**

O alto custo de alguns processos de tratamentos convencionais, tem produzido uma pressão econômica e feito com que os pesquisadores busquem maneiras criativas e ambientalmente corretas de controlar a poluição da água. Essa procura por uma diferente abordagem no tratamento de efluentes tem causado uma renovação no interesse pela aplicação de lagoas com

sistemas de plantas aquáticas como alternativa aos tratamentos convencionais (Crites et al., 1988).

A possibilidade de se utilizar macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes domésticos e industriais, como meio de se reduzir a concentração de compostos orgânicos, metais pesados, fosfatos e compostos nitrogenados, além de interferir no crescimento de bactérias patogênicas, tem sido um interessante objeto de estudos (Esteves, 1988).

Os sistemas convencionais permitem tratar vazões elevadas em pequenos espaços, porém possuem alto custo e exigem regularidade na vazão e na carga poluente do efluente, sendo mais indicados para grandes aglomerados populacionais que gerem efluentes regulares e que possam arcar com os encargos gerados por esse tipo de sistema de tratamento. Como alternativa, os sistemas de Fito-ETARs, Estações de Tratamento de Águas Residuais com o uso de plantas, apresentam baixo custo de inversão e manutenção, adaptando-se bem às variações de vazões e de cargas poluentes existentes no efluente, sendo, portanto indicados para pequenas comunidades rurais ou indústrias agrárias (Martinez, 1993).

Em uma lagoa com aguapés, os poluentes são removidos por vários mecanismos físicos, químicos e biológicos característicos. A sedimentação que ocorre na lagoa é mais eficiente pela proteção ao movimento das águas oferecida pela cobertura compacta de aguapé e a filtração dos sólidos suspensos, pelas raízes do aguapé. O sistema radicular do aguapé funciona como um filtro mecânico e retém (adsorve) o material particulado (orgânico e mineral) existente na água, e cria um ambiente rico em atividades de fungos e bactérias, passando a ser um agente de despoluição, reduzindo a DBO, a taxa de coliformes e a turbidez das águas poluídas. Além da diminuição da carga orgânica, o aguapé retira da água elementos químicos minerais dos quais se nutre, diminuindo suas concentrações, especialmente, de nitrogênio e fósforo (Pompêo, 1996).

Os sistemas de Fito-ETARs apresentam inúmeras vantagens tanto na sua fase de concepção, quanto durante a sua exploração, quando comparada com outros sistemas de tratamento de efluentes, tais como: baixo custo de tratamento, manutenção mínima, total aproveitamento do efluente para fins agrícolas ou outros, ausência de emissão de cheiros, boa adaptação à variação de caudais, não necessita aditivos químicos, elevada eficiência no tratamento de DBO<sub>5</sub>, sólidos em suspensão e coliformes fecais, remoção de grandes quantidades de compostos nitrogenados e de fósforo e bom enquadramento paisagístico (Cetambio, 2000). De acordo com Henry-Silva & Camargo (2000), esses sistemas seriam indicados para o tratamento de efluentes gerados por pequenos municípios, vilas, fazendas e indústrias de porte reduzido.

Diversas plantas aquáticas apresentam características que favorecem a sua utilização com o objetivo de servir como biofiltro no tratamento de efluentes, dentre as quais, destaca-se o aguapé (*Eichhornia crassipes*), considerada uma espécie adequada e com grande variedade de

possibilidades de utilização (Sipaúba -Tavares, 2000). O aguapé, macrófita aquática também conhecida como baronesa, é uma planta herbácea, perene, nativa da América do Sul. Reproduz-se sexuadamente e/ou por multiplicação vegetativa. É uma planta suculenta formada de raízes, rizomas, estolões, pecíolos, folhas e inflorescência. As raízes são fibrosas, sem ramificações e podem atingir até quase um metro de comprimento. O tempo médio para duplicação da planta é de cerca de 2 semanas e a temperatura ótima para o crescimento do aguapé é de 21-30 °C (Crites et al., 1988).

Segundo Mosse et al. (1980), a utilização do aguapé em conjunto com lagoas de estabilização proporciona uma maneira, não só econômica, como ecológica, para o tratamento de esgotos em pequenas comunidades, lançando seus efluentes com alto padrão de qualidade, sem prejuízo aos corpos receptores.

Já houve, no passado, muita oposição à utilização do aguapé ou de outras macrófitas no tratamento de esgotos, por uma série de idéias falsas sobre seu crescimento descontrolado e por uma visão primeiromundista de se utilizar tecnologias mais complexas, como sinônimo de progresso. No entanto, nos dias atuais há necessidade de não considerar apenas as macrófitas aquáticas como causadoras de prejuízos econômicos quando se desenvolvem de forma descontrolada. Deve-se observar a utilidade dessas plantas em diversas atividades econômicas e no tratamento de efluentes domésticos e industriais (Henry-Silva & Camargo, 2000).

### **Plantas halófitas na retirada do sal**

Uma das alternativas inicialmente identificadas para o reuso dos rejeitos de dessalinizadores é a irrigação de plantas halófitas, que são espécies com capacidade de suportar altos níveis de salinidade e de acumular significativas quantidades de sais em seus tecidos. Com o mesmo objetivo, a criação de camarões e de peixes, em tanques com rejeitos salinos e a produção eletrolítica de cloro, a partir desses rejeitos também são alternativas a serem examinadas. Originária da Austrália, a erva sal (*Atriplex nummularia*) é uma espécie de forrageira muito bem adaptada nas regiões áridas e semi-áridas da Argentina, Chile e Brasil, e que vem se destacando por produzir uma abundante fitomassa, mesmo em locais de elevada aridez e salinidade. Além disso, a planta tem um alto valor protéico como forrageira para caprinos, ovinos e bovinos (Funcap, 2001).

A atriplex possui elevado teor protéico (16% nas folhas, 14% em ramos finos e 12% em ramos grossos) que absorve os dejetos salgados dos dessalinizadores. Na Austrália, esta espécie é usada como alimento humano e tida como principal ingrediente de pratos culinários bastante apreciados. No Brasil, o seu uso ainda é limitado para complementar a dieta animal. Outra alternativa para o uso da água salgada oriunda do processo de dessalinização é a irrigação de

culturas tolerantes, como bananas dos tipos pacovan e nanicão e a beterraba. Em Sergipe, apenas a atriplex está sendo cultivada e a produção de banana pacovan está em desenvolvimento na unidade piloto de Jatobá, em Pernambuco, com estimativa de uma oferta anual de 24 mil quilos por hectare (Santana, 2000).

### **A criação de peixes e outros organismos aquáticos**

Assim como acontece na agricultura moderna, a aqüicultura é também uma tentativa deliberada por parte do homem de modificar e manipular as relações tróficas controladas pela natureza em um determinado ambiente aquático. Na maioria dos casos, o efeito resultante é a simplificação da complexidade do ecossistema natural com vista a se aumentar a oferta de recurso útil ao homem (Arana, 1999).

Em experimento realizado por Pereira (2000), a criação de peixes em lagoas de estabilização aumentou a biodiversidade do ambiente, proporcionando maior equilíbrio e melhorando a qualidade do efluente tratado, sendo recomendável seu uso como tratamento complementar dos esgotos tratados em lagoas de estabilização, que, sob esta ótica passariam a ser unidades de produção, capazes de gerar renda e de preservar o meio ambiente. Os peixes retiraram sólidos suspensos, reduziram a DQO e melhoraram a relação N: P.

Um dos sistemas mais desenvolvidos da engenharia ecológica é a criação de peixes em policultivo, cuja sustentabilidade existe há mais de 1000 anos. A aplicação de dejetos de suínos nos viveiros de piscicultura permite aumentar a produtividade natural dos viveiros, com o fornecimento de nutrientes para o desenvolvimento de plâncton e bactérias para a alimentação dos peixes (Tomazelli Júnior e Casaca, 2001).

Os métodos de tratamento de esgotos que visam o desenvolvimento de peixes em lagoas de estabilização servem unicamente para esgotos domésticos não contaminados; qualquer substância tóxica, como metais pesados e reagentes orgânicos persistentes e acumulativos penetrariam na cadeia alimentar e inviabilizariam o sistema, impedindo que as plantas e peixes produzidos possam servir para a alimentação humana ou de animais (Schäfer, 1985).

Algumas técnicas de biomanipulação para controle de eutrofização de aguadas fazem uso de peixes seletivos que se alimentam de determinados componentes específicos da cadeia trófica, como o zooplâncton, possibilitando o desenvolvimento do fitoplâncton para alimentar outros peixes (Tundisi, 1992).

Arana (1999) caracteriza quatro níveis de expectativa de produção de peixes, em função de diferentes níveis de qualidade ambiental do ecossistema aquático. Assim, em um primeiro nível, quando existe um conforto ambiental para as espécies presentes, os peixes apresentam bom estado de saúde e haverá aumento da produção; no segundo nível, caracterizado pelo autor como

tensão ambiental, os animais estarão estressados, haverá uma parada no crescimento e a produção se estabilizará em um determinado patamar; no nível três, haverá a ocorrência de doenças, morte e queda na produção; e, finalmente, no quarto nível, caracterizado como colapso ambiental, haverá mortalidade total dos peixes e a produção será igual a zero.

Dentre as alternativas para o cultivo de organismos aquáticos em locais onde há restrição de água, destacam-se os Sistemas de Recirculação. Este sistema permite criar peixes e camarões em altas densidades em tanques com ambiente controlado, com a utilização de filtros (mecânicos e biológicos) que removem partículas e gases tóxicos. A água nova é adicionada aos tanques somente para compensar o que foi perdido pela evaporação, mantendo o nível do tanque e evitando desperdícios (Helfrich & Libey 2002).

Por meio do tratamento e reuso da água, os sistemas de recirculação utilizam apenas uma fração da água necessária em viveiros, para uma mesma produção de peixes (Losordo et al., 1998; Dunning, 1998; Braz Filho, 2000).

## **CONCLUSÕES**

Existem diversos pesquisadores e instituições realizando trabalhos científicos na área de utilização de águas eutrofizadas e ou salinizadas para a produção de alimentos, seja na agricultura ou na aquíicultura, com resultados significativos, no exterior e no país. O abandono e o desperdício de recurso tão preciosos quanto a água, principalmente em regiões carentes, ultrapassa os limites da ignorância técnico-científica e suscita o desenvolvimento de um planejamento estratégico de segurança alimentar e a adoção de políticas públicas que possibilitem o rápido desenvolvimento de tecnologia apropriada para o resgate destes recursos, gerando renda e melhoria da qualidade de vida de comunidades carentes do semiárido brasileiro.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALBUQUERQUE FILHO, G.C. Piscicultura Continental. Belo Horizonte: Veja, 1977. 138p.

ARANA, L.A.V., Aquíicultura e desenvolvimento sustentável: subsídios para a formulação de políticas de desenvolvimento da aquíicultura brasileira. Florianópolis: UFSC, 1999. 310p.

BLUM, J.R.C. Critérios e padrões de qualidade da água. In: MANCUSO, P.C.S. & SANTOS, H.F. ed. Reuso de água. São Paulo: Manole, 2003. p. 125-174.

BRANCO, S.M. & ROCHA, A.A. Poluição, proteção e usos múltiplos de represas. São Paulo: Edgar Blucher, CETESB, 1977. 185p.

- BRAZ FILHO, M. S. P. Qualidade na produção de peixes em sistema de recirculação de água. 2000. f. Monografia (Pós Graduação em Qualidade nas Empresas) - Centro Universitário Nove de Julho, São Paulo.
- CRITES, R.W.; GUNTHER, D.C.; KRUZIC, A. P. PELZ, J.D.; TCHOBANOGLIOUS, G. Design manual: constructed Wetlands and aquatic plant systems for municipal wastewater treatment. Ohio: Environmental Protection Agency (EPA), 1988. 83p.
- DIAS, G.F. Educação Ambiental: princípios e práticas. São Paulo: Global, 1998. 400p.
- DUNNING, R. D.; LOSORDO, T. M.; HOBBS, A. O. The economics of recirculating tank system: a spreadsheet for individual analysis. Southern Regional Aquaculture Center, n. 456, 1998. Não paginado
- ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. Rio de Janeiro: Interciência: FINEP, 1988. 575p.
- FINK, D.R. & SANTOS, H.F. A legislação de reuso de água. In: MANCUSO, P.C.S. & SANTOS, H.F. ed. Reuso de água. São Paulo: Manole, 2003. 579p.
- FUNCAP, Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Rejeitos de dessalinizadores: projetos apontam alternativas. Pesquisas FUNCAP - Ano 3 - Nr 3 - Dezembro de 2001. Disponível em: <http://www.funcap.ce.gov.br/revista/ano3nr3/05/>
- HELFRICH, L. A.; LIBEY, G. Fish farming in recirculating aquaculture systems (RAS). Disponível na Internet via <http://www.cnr.vt.edu/extension/fiw/fisheries/fishfarming/RecirculateAquaSys.html>. Arquivo consultado em 26 de julho de 2002.
- HENRY-SILVA, G.G.; CAMARGO, A.F.M. Composição química de quatro espécies de macrófitas aquáticas e possibilidades de uso de suas biomassas. *Naturalia*, v.25 p.11-125, 2000.
- HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil. Agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. *RBRH*, v.7, n.4, out/dez 2002, 75-95.
- LOSORDO, T.M. ; MASSER, M.P.; RAKOCY, J. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems. An Overview of Critical Considerations. SRAC Publication No. 451, September 1998.
- MANCUSO, P.C.S. & SANTOS, H.F. ed. Reuso de água. São Paulo: Manole, 2003. 579p.
- MARTINEZ, I.M.; Depuração de águas com plantas emergentes. *Guia Agropecuário*. 1993: 55-69.
- MOSSE, R.A.; CHAGAS, J.M.; TERRA, A.R.S. Utilização de lagoas de maturação com aguapé (*Eichhornia crassipes*) na remoção de algas e coliformes em efluentes de lagoas de estabilização. *Engenharia Sanitária*, v.19, n.um, p.72-76, 1980.
- NARDOCCI, A.C. Avaliação de riscos em reuso de água. In: MANCUSO, P.C.S. & SANTOS, H.F. ed. Reuso de água. São Paulo: Manole, 2003. p. 403-431.

- PEREIRA, C.M. Avaliação do uso de peixes planctófagos como tratamento complementar de efluentes domésticos. In: Aquicultura Brasil 2000. Florianópolis, SC. Anais... (CD)
- POMPÊO, M. L. M. Culturas hidropônicas, uma alternativa não uma solução. Sem. Reg. Ecol., São Carlos, SP, 8. Anais...: p.73-80, 1996.
- ROCHA, M.T. Utilização de lodo de esgoto a agricultura: um estudo de caso para as bacias hidrográficas dos rios piracicaba, capivari e jundiaí. Piracicaba: ESALq, 1998. (Dissertação de Mestrado em Ciência, Área de Concentração: Economia Aplicada). 122p.
- RUSSEL-HUNTER, W.D. Productividad acuatica. Zaragoza: Acribia, 1970. 273P.
- SANTANA, C. A salvação do sertão - camarão e peixes marinhos são cultivados no semi-árido numa inédita experiência para tirar a população da miséria. Revista Sergipe S/A, Ano II, No. 18, Agosto de 2000. p.30-32. [http://www.programa-xingo.gov.br/imprensa/public\\_012-a.html](http://www.programa-xingo.gov.br/imprensa/public_012-a.html). Disponibilizado em 15/04/2002.
- SCHÄFER, A. Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 532p.
- SILVA, D.D. & PRUSKI, F.F. Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos e sociais. Viçosa: UFV; Porto Alegre: ABRH, 2000. 659p.
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H. Utilização de biofiltros em sistemas de cultivo de peixes. Informe Agropecuário, v.21,n.203,p.38-43, 2000.
- SOARES, J.B. Água: microbiologia e tratamento. Fortaleza: EUFC, 1999. 206p.
- TUNDISI, J. G. Ambiente, represas e barragens. Ciência Hoje. Volume especial Eco-Brasil, maio de 1992. P.40-46.
- VIEIRA, V.P.P.B. Sustentabilidade do semi-árido brasileiro: desafios e perspectivas. RBRH, v.7, n.4, out/dez 2002, 105-112.