

CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA

Manual de Orientações
para o Setor Industrial

FIESP
CIESP

A grayscale photograph of a multi-tiered waterfall cascading over rocks, serving as the background for the text.

CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA

**Manual de Orientações
para o Setor Industrial**

Volume 1

A viabilidade de uma inserção competente do Brasil no disputado cenário da irreversível economia globalizada implica na conscientização da indústria quanto a uma substancial mudança nos processos de transformação, pela incorporação de práticas de produção mais limpa.

No que se refere ao uso racional da água nas plantas industriais, será preciso investir em pesquisa e desenvolvimento tecnológico, na implantação de sistemas de tratamento avançado de efluentes, em sistemas de conservação, em redução de perdas e no reúso da água. Isto levará a significativos ganhos ambientais, sociais e econômicos.

As empresas de grande porte já estão implantando tais práticas, pois dispõem de condições técnicas e financeiras para tanto. As micro e pequenas empresas, entretanto, necessitam de apoio e orientação para adotarem tais sistemas em suas unidades produtivas.

O Sistema Fiesp/Ciesp elaborou esta nova publicação com o objetivo de disponibilizar a melhor e mais adequada orientação aos usuários industriais na implantação de programas de conservação e reúso de água. Este trabalho foi desenvolvido em parceria com a ANA – Agência Nacional de Águas, e buscando a excelência do conhecimento do CIRRA – Centro Internacional de Referência em Reúso de Água, e da DTC Engenharia.

Acreditamos ser este o nosso grande desafio: garantir que a sociedade possa continuar desfrutando de toda a qualidade de vida que a indústria pode oferecer, pela utilização da melhor tecnologia e pela incorporação dos cuidados necessários para a preservação do meio ambiente. Esta é mais uma contribuição da Fiesp/Ciesp para o crescimento sustentado da indústria, em harmonia com o meio ambiente e oferecendo crescente geração de empregos qualificados.

Horacio Lafer Piva

Presidente da Fiesp/Ciesp

Em decorrência de uma relativa abundância de água, nunca houve uma grande preocupação do setor industrial com este insumo, com exceção dos setores que se utilizam de água como matéria-prima ou com influência direta sobre o produto final.

Atualmente, com o surgimento de problemas relacionados à escassez e poluição de água nos grandes centros urbanos, começa haver um maior interesse por parte de vários setores econômicos pelas atividades nas quais a água é utilizada, o que também é motivado pelas recentes políticas federais e estaduais sobre o gerenciamento dos recursos hídricos.

O novo arcabouço legal, tendo por objetivo garantir água na quantidade e qualidade necessárias para a atual e futuras gerações, introduziu como um de seus principais instrumentos a cobrança pelo uso da água.

O resultado da implantação dessa cobrança vai representar um aumento nos custos de produção para o setor industrial, o qual enfrentará dificuldades em termos competitivos, especialmente no atual cenário econômico, uma vez que não poderá repassar estes custos para seus produtos finais.

Esta situação tem conduzido muitas indústrias à busca por um novo modelo para o gerenciamento da água em seus processos, considerando novas opções e soluções que impliquem em autonomia no abastecimento de água e racionalização no seu consumo, onde o reúso se torna não apenas uma forma de garantir seu crescimento, mas até mesmo uma questão de sobrevivência.

Esta publicação, ao concretizar uma ação aprovada pela Câmara Ambiental da Indústria Paulista que estabeleceu a necessidade de elaboração de um manual sobre a conservação e o reúso de água, objetiva oferecer subsídios para que o setor produtivo possa contribuir de forma efetiva para o desenvolvimento sustentável do nosso país.

Pretende, outrossim, ser apenas a primeira de uma série, cujos volumes futuros deverão ser específicos para os principais segmentos industriais que utilizam este precioso insumo de forma mais intensiva, tais como o de papel e celulose, siderúrgico, químico, petroquímico, construção civil, alimentos e bebidas, dentre outros.

Angelo Albiero Filho

*Diretor Titular do Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento
Sustentável da Fiesp/Ciesp*

A água é um insumo essencial à maioria das atividades econômicas e a gestão deste recurso natural é de suma importância na manutenção de sua oferta em termos de quantidade e qualidade. Atitudes proativas são fundamentais, nesse sentido, pois apesar da aparente abundância de recursos hídricos no Brasil (14% das águas doces do planeta e 53% do continente sul americano), sua distribuição natural é irregular nas diferentes regiões do País. Foi pela carência de instrumentos de gestão que conflitos entre usuários se instalaram em algumas bacias hidrográficas brasileiras até o final do século XX, situação que está sendo revertida com a implementação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH. Trata-se de fato importante, uma vez que o cenário que se apresenta é o de crescimento urbano-industrial e agrícola que certamente será acompanhado pelo aumento da demanda de água.

Sendo o setor industrial um importante usuário de água, é fundamental que seu desenvolvimento se dê de forma sustentável, adotando práticas como o uso racional e eficiente da água. As garantias de quantidade e qualidade de água em nossos mananciais, as quais permitirão novos investimentos, expansão da produção industrial e geração de emprego e renda, só poderão ser conseguidas por meio de um amplo esforço do poder público, dos usuários e da comunidade em torno da gestão participativa, descentralizada, harmônica e racional das águas no âmbito dos Comitês de Bacias. As federações e associações de indústrias têm um importante papel no processo de mobilização e representação dos seus filiados nos Comitês. É imperativo destacar os avanços alcançados pela FIESP no Estado de São Paulo e o seu pioneirismo na elaboração deste Manual, que muito contribuirá na conscientização dos usuários industriais sobre o uso racional da água.

A ANA se sente gratificada em ter colaborado na elaboração do Manual, que representará o marco referencial de uma série de ações institucionais que pretendemos realizar em parceria com as federações e associações de industriais no Brasil. Vale salientar que é missão da ANA incentivar o desenvolvimento de ações que preconizem a conservação e racionalização de uso da água e é esta política que vem sendo implementada.

Jerson Kelman

Diretor-Presidente

Agência Nacional de Águas

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 15 |
| 2. OBJETIVOS..... | 19 |
| 3. DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS | 21 |
| 4. IMPORTÂNCIA DA CONSERVAÇÃO E REÚSO DA ÁGUA..... | 23 |
| 4.1. Os Principais Usos da Água na Indústria..... | 23 |
| 4.2. Requisitos de Qualidade da Água | 26 |
| 4.3. Indicadores de Consumo de Água das Indústrias | 29 |
| 5. PROGRAMAS DE CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA | 30 |
| 5.1. Conceituação | 30 |
| 5.2. Benefícios Esperados..... | 31 |
| 5.3. Condicionantes..... | 31 |
| 5.4. Sistema de Gestão da Água..... | 32 |
| 5.5. Responsabilidades do Gestor da Água | 33 |
| 6. ASPECTOS LEGAIS DA CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA | 35 |
| 6.1. Introdução | 35 |
| 6.2. Outorga pelo Uso da Água..... | 35 |
| 6.3. Cobrança pelo Uso da Água | 36 |
| 7. ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA | 38 |
| 7.1. Introdução | 38 |
| 7.2. ETAPA 1: Avaliação Técnica Preliminar | 39 |
| 7.2.1. Análise Documental | 39 |
| 7.2.2. Levantamento de Campo | 40 |
| 7.2.3. Produtos | 41 |
| 7.3. ETAPA 2: Avaliação da Demanda de Água | 43 |
| 7.3.1. Perdas Físicas | 44 |
| 7.3.2. Adequação de Processos..... | 44 |
| 7.3.3. Adequação de Equipamentos e Componentes | 46 |
| 7.3.4. Controle da Pressão do Sistema Hidráulico | 46 |
| 7.3.5. Avaliação dos Graus de Qualidade da Água | 46 |
| 7.3.6. Produtos | 47 |
| 7.4. ETAPA 3: Avaliação da Oferta de Água | 47 |
| 7.4.1. Concessionária | 48 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 7.4.2. | Captação Direta | 49 |
| 7.4.3. | Águas Subterrâneas..... | 50 |
| 7.4.4. | Águas Pluviais | 50 |
| 7.4.5. | Reúso de Efluentes..... | 52 |
| 7.4.5.1. | Reúso em Cascata | 53 |
| 7.4.5.2. | Reúso de Efluentes Tratados | 56 |
| 7.4.6. | Produtos | 59 |
| 7.5. | ETAPA 4: Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica | 59 |
| 7.5.1. | Estabelecimento de Configurações | 62 |
| 7.6. | ETAPA 5: Detalhamento e Implantação de PCRA..... | 63 |
| 7.7. | ETAPA 6: Implantação do Sistema de Gestão de Água..... | 64 |
| 8. | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 66 |
| 9. | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 67 |

ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo I: Necessidade de Água por Algumas Indústrias no Mundo | 69 |
| Anexo II: Aspectos Tecnológicos da Conservação e Reúso de Água | 69 |

1. INTRODUÇÃO

A reciclagem ou reúso de água não é um conceito novo na história do nosso planeta. A natureza, por meio do ciclo hidrológico, vem reciclando e reutilizando a água há milhões de anos, e com muita eficiência.

Cidades, lavouras e indústrias já se utilizam, há muitos anos, de uma forma indireta, ou pelo menos não planejada de reúso, que resulta da utilização de águas, por usuários de jusante que captam águas que já foram utilizadas e devolvidas aos rios pelos usuários de montante. Milhões de pessoas no mundo todo são abastecidas por esta forma indireta de água de reúso.

Durante muitos anos este sistema funcionou de forma amplamente satisfatória, o que contudo não acontece mais em muitas regiões, face ao agravamento das condições de poluição, basicamente pela falta de tratamento adequado de efluentes urbanos, quando não pela sua total inexistência.

Evoluiu-se, então, para uma forma denominada direta de reúso, que é aquela em que se trata um efluente para sua reutilização em uma determinada finalidade, que pode ser interna ao próprio empreendimento, ou outra externa, para uma finalidade distinta da primeira, como por exemplo, a prática de reúso de efluentes urbanos tratados para fins agrícolas.

A forma direta ou planejada, utiliza tecnologias e práticas de renovação e reúso de água, que atravessaram uma série de fases nos últimos duzentos anos.

A primeira fase foi motivada por uma vertente baseada no conceito conservacionista em que os dejetos da sociedade deveriam ser conservados e utilizados para preservar a fertilidade dos solos, enquanto a outra, numa abordagem mais pragmática, era direcionada para a eliminação da poluição dos rios. No final do século XIX, o conceito de tratamento de efluentes domésticos por disposição nos solos foi utilizado na Grã-Bretanha, Alemanha e nos Estados Unidos com um enfoque central na redução da poluição dos rios e não como um método conservacionista de recarga de aquíferos ou de aumento de nutrientes para o solo.

Na segunda fase, que se pode considerar até o final dos anos noventa, o principal enfoque foi basicamente a necessidade de se conservar e reusar água em zonas áridas. Verificou-se grandes esforços de reúso de água para o desenvolvimento agrícola em zonas áridas dos Estados Unidos, como Califórnia e Texas, e em países como a África do Sul, Israel e Índia. Em Israel, por exemplo, o reúso de águas residuárias tornou-se uma política nacional em 1955. O plano nacional de águas, incluía reúso dos principais sistemas de tratamento de efluentes das cidades no programa de desenvolvimento dos limitados recursos hídricos do país.

A terceira fase, na qual nos encontramos atualmente, acabou se sobrepondo à segunda, e é baseada na urgente necessidade de se reduzir a poluição dos rios e lagos. Como as exigências ambientais foram se tornando cada vez mais restritivas, os planejadores concluíram que dados os altos investimentos requeridos para o tratamento dos efluentes, se torna mais vantajoso reutilizar estes efluentes ao invés de lançá-los de volta aos rios.

No Brasil, as externalidades ambientais associadas ao setor industrial e ao rápido crescimento urbano, no contexto do desenvolvimento das regiões metropolitanas, apontam para cenários futuros de escassez hídrica.

Em São Paulo, já existem regiões com graves problemas de escassez e de poluição, que acabam gerando conflitos entre usuários agrícolas e urbanos, navegação e geração de energia e industrial com abastecimento público.

Para melhor gerenciar os recursos hídricos, bem como promover seu uso de forma racional, a legislação de recursos hídricos estabeleceu a outorga e a cobrança pelo uso da água, dentre outros instrumentos de gestão.

Em conjunto com os novos instrumentos de gestão dos recursos hídricos que estão sendo implantados no país, o uso de alternativas tecnológicas para reciclagem e reúso de efluentes industriais e urbanos poderá reduzir os custos de produção nos setores hidroativos, além de promover a recuperação, preservação e conservação dos recursos hídricos e dos ecossistemas urbanos.

Por outro lado, verifica-se que a concentração de indústrias ocorre justamente em regiões que apresentam elevado grau de urbanização, o que implica na necessidade das empresas buscarem reduzir o consumo de água, novas fontes de abastecimento e implantar sistemas fechados de utilização da água, com vistas a reciclagem do que até então era considerado como resíduos descartáveis, ampliando assim, o seu reaproveitamento para fins produtivos. Desta forma, poderá haver uma minimização dos conflitos pelo uso da água, especialmente, com o setor de abastecimento público.

Assim, para promover a adoção de sistemas de racionalização do uso da água, há que se considerar, no entanto, alguns aspectos restritivos quanto à água proveniente de reúso seja do tipo macro externo, seja do tipo macro interno.

No caso do reúso macro externo, a utilização de água de reúso proveniente de estações de tratamento de efluentes de origem doméstica pode ser reaproveitada após sistemas de tratamento convencional por apresentarem baixa toxicidade.

A água de reúso proveniente de estações de tratamento de efluentes urbanos para processos industriais tem sido utilizada, predominantemente, em sistemas de refrigeração, em especial, nos empreendimentos localizados próximos às ETE's.

A implantação de sistemas eficientes de reúso de água proveniente do setor público pode se tornar inviável, à curto prazo, caso não sejam considerados os seguintes fatores:

- ✓ Políticas e planos diretores consistentes de reúso das empresas concessionárias;
- ✓ Localização das estações de tratamento e sua proximidade de pólos industriais;
- ✓ Implantação de infra-estrutura (redes de distribuição);
- ✓ Garantia e controle da qualidade;
- ✓ Garantia de cumprimento dos contratos firmados; e
- ✓ Regulamentação normativa e legal.

No caso do reúso macro interno é preciso ter consciência que ele não substitui integralmente a necessidade de água de uma planta industrial, pois existem limitações de ordem técnica, operacional e ambiental que restringem a utilização de sistemas de circuito fechado.

Além disso, o reúso macro interno deve ser realizado após uma avaliação integrada do uso da água na fábrica, a qual deve estar contemplada no Programa de Conservação e Reúso de Água (PCRA). É importante ter em mente que antes de se pensar no reúso de efluentes da própria empresa, é preciso implantar medidas para a otimização do consumo e redução de perdas e desperdícios, além de programas de conscientização e treinamento.

Neste contexto, foi elaborado o presente Manual de Conservação e Reúso de Água para a Indústria, que constitui passo importante e estratégico para alavancar o desenvolvimento sustentável, tendo em vista que a adoção destas práticas apresentam os seguintes benefícios:

BENEFÍCIOS AMBIENTAIS:

- Redução do lançamento de efluentes industriais em cursos d'água, possibilitando melhorar a qualidade das águas interiores das regiões mais industrializadas do Estado de São Paulo.
- Redução da captação de águas superficiais e subterrâneas, possibilitando uma situação ecológica mais equilibrada.
- Aumento da disponibilidade de água para usos mais exigentes, como abastecimento público, hospitalar, etc.

BENEFÍCIOS ECONÔMICOS:

- Conformidade ambiental em relação a padrões e normas ambientais estabelecidos, possibilitando melhor inserção dos produtos brasileiros nos mercados internacionais;
- Mudanças nos padrões de produção e consumo;
- Redução dos custos de produção;
- Aumento da competitividade do setor;
- Habilitação para receber incentivos e coeficientes redutores dos fatores da cobrança pelo uso da água.

BENEFÍCIOS SOCIAIS:

- Ampliação da oportunidade de negócios para as empresas fornecedoras de serviços e equipamentos, e em toda a cadeia produtiva;
- Ampliação na geração de empregos diretos e indiretos;
- Melhoria da imagem do setor produtivo junto à sociedade, com reconhecimento de empresas socialmente responsáveis.

2. OBJETIVOS

A Conservação de Água (uso racional) pode ser definida como as práticas, técnicas e tecnologias que propiciam a melhoria da eficiência do seu uso. Conservar água significa atuar de maneira sistêmica na demanda e na oferta de água. Ampliar a eficiência do uso da água representa, de forma direta, aumento da disponibilidade para os demais usuários, flexibilizando os suprimentos existentes para outros fins, bem como atendendo ao crescimento populacional, à implantação de novas indústrias e à preservação e conservação do meio ambiente. Assim sendo, as iniciativas de racionalização do uso e de reúso de água se constituem em elementos fundamentais em qualquer iniciativa de conservação.

A série Conservação e Reúso de Água objetiva constituir-se em base referencial sobre a conservação e o reúso de água, sendo que este primeiro volume da série, aborda informações básicas e de caráter geral para o setor industrial, devendo serem desenvolvidos manuais específicos para os diferentes segmentos do setor.

É neste contexto que se insere o presente Manual, desenvolvido para orientar a implantação de Programas de Conservação e Reúso de Água na indústria por meio da sistematização de um plano de ações e estabelecimento de um Sistema de Gestão da Água.

O desenvolvimento efetivo de um Programa de Conservação e Reúso de Água exige que sejam considerados os aspectos legais, institucionais, técnicos e econômicos, relativos ao consumo de água e lançamento de efluentes, às técnicas de tratamento disponíveis e ao potencial de reúso dos efluentes, além do aproveitamento de fontes alternativas de abastecimento de água.

O principal objetivo deste Manual é apresentar as etapas envolvidas na implantação de um Programa de Conservação e Reúso de Água. Cada solução, entretanto, é específica e exclusiva em função das diversas atividades consumidoras, processos e procedimentos envolvidos, sistema hidráulico instalado, arranjo arquitetônico, localização do empreendimento e outros fatores intervenientes. Em cada caso deverão ser avaliados os equipamentos e tecnologias mais apropriados, dentre as diversas opções existentes, ressaltando-se que uma determinada configuração tecnológica pode ser excelente para uma implantação específica e totalmente inadequada para outra.

Este Manual foi elaborado principalmente para as unidades industriais já implantadas e em operação. No caso de novas indústrias ou até mesmo a expansão das existentes, recomenda-se fortemente que os vários projetos já sejam concebidos sob a ótica da Conservação e do Reúso.

3. DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS

Definições:

Para as finalidades deste Manual, consideram-se as seguintes definições:

- **Água de reúso:** é a água residuária que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização;
- **Água residuária:** é o esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não;
- **Água de qualidade inferior:** águas não caracterizadas como água residuária, inadequadas para usos mais exigentes;
- **Desperdício:** utilização da água em quantidade superior à necessária para o desempenho adequado da atividade consumidora;
- **Esgoto ou efluente doméstico:** despejo líquido resultante do uso da água para preparação de alimentos, operações de lavagem e para satisfação de necessidades higiénicas e fisiológicas;
- **Esgoto ou efluente industrial:** despejo líquido resultante da atividade industrial;
- **Macro fluxo da água:** diagrama orientativo que apresenta o caminhamento da água e efluentes na planta industrial desde a captação até o lançamento final dos efluentes, sem detalhamento dos usos que ocorrem ao longo do percurso;
- **Micro fluxo da água:** diagrama orientativo que detalha o caminhamento da água e efluentes gerados em cada setor, equipamento ou processo de uma indústria,
- **Otimização do consumo de água:** realização das atividades consumidoras com o menor consumo possível de água, garantida a qualidade dos resultados obtidos;
- **Perdas físicas:** água que escapa do sistema antes de ser utilizada para uma atividade fim;
- **Perdas físicas dificilmente detectáveis:** constatadas através de indícios como manchas de umidade em paredes/pisos, sons de escoamento de água, sistemas de recalque continuamente ligados, constante saída de água em reservatórios, entre outros;
- **Perdas físicas facilmente detectáveis:** perceptíveis a olho nu, caracterizadas por escoamento ou gotejamento de água;
- **Reúso:** uso de água residuária ou água de qualidade inferior tratados ou não;
- **Reúso indireto de água:** uso de água residuária ou água de qualidade inferior, em sua forma diluída, após lançamento em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos;
- **Reúso direto de água:** é o uso planejado de água de reúso, conduzido ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos;
- **Reúso em cascata:** uso de efluente industrial originado em um determinado processo que é diretamente utilizado em um processo subsequente;
- **Reúso de efluentes tratados:** é a utilização de efluentes que foram submetidos a tratamento;
- **Reúso de efluentes após tratamento adicional:** alternativa de reúso direto de efluentes tratados que necessitam de sistemas complementares de tratamento para reduzir a concentração de algum contaminante específico;
- **Reúso de efluentes não tratados:** utilização de efluentes não submetidos a tratamento, mas enquadrados qualitativamente para a finalidade ou processo a que se destina;
- **Reúso macro externo:** reúso de efluentes provenientes de estações de tratamento

- administradas por concessionárias ou de outra indústria;
- **Reúso macro interno:** uso interno de efluentes, tratados ou não, provenientes de atividades realizadas na própria indústria;
 - **Reúso parcial de efluentes:** uso de parte da vazão da água residuária ou água de qualidade inferior diluída com água de padrão superior, visando atender o balanço de massa do processo;
 - **Segregação de efluentes:** separação de efluentes segundo suas características físicas, químicas e biológicas, visando uma melhor eficácia de seus tratamentos, uma vez que condições propícias à remoção de uma substância podem ser desfavoráveis à remoção de outra.
 - **Setorização do consumo de água:** divisão do sistema hidráulico em setores de utilização, por atividades de consumo ou conforme a disposição e áreas dos ambientes, o que se mostra mais aplicável. No segundo caso é dado um enfoque hidráulico com agrupamento de áreas ou pontos de consumo. Por exemplo, torres de resfriamento geralmente apresentam-se como grandes consumidoras de água, requerendo a individualização de seu consumo para monitoramento;

Abreviaturas:

- CIP – "Cleaning in Place";
- DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio;
- DQO – Demanda Química de Oxigênio;
- ETA – Estação de Tratamento de Água;
- ETE – Estação de Tratamento de Efluentes;
- PCRA – Programa de Conservação e Reúso de Água;
- ST - Sólidos Totais;
- SST - Sólidos Suspensos Totais;
- SSV - Sólidos Suspensos Voláteis;
- SDT - Sólidos Dissolvidos Totais;
- SDV - Sólidos Dissolvidos Voláteis.

4. IMPORTÂNCIA DA CONSERVAÇÃO E REÚSO DA ÁGUA

A limitação de reservas de água doce no planeta, o aumento da demanda de água para atender, principalmente, o consumo humano, agrícola e industrial, a prioridade de utilização dos recursos hídricos disponíveis para abastecimento público e as restrições que vêm sendo impostas em relação ao lançamento de efluentes no meio ambiente, torna necessária a adoção de estratégias que visem racionalizar a utilização dos recursos hídricos e mitigar os impactos negativos relativos à geração de efluentes pelas indústrias.

Além disso, a heterogeneidade da distribuição dos recursos hídricos e das populações nas diversas regiões do planeta e mesmo no Brasil, faz com que seja cada vez mais difícil o abastecimento de algumas regiões, principalmente as metropolitanas, tendo por consequência aumentos gradativos dos custos de fornecimento de água.

Neste contexto, as práticas conservacionistas como o uso eficiente e o reúso da água, constituem uma maneira inteligente de se poder ampliar o número de usuários de um sistema de abastecimento, sem a necessidade de grandes investimentos na ampliação ou a instalação de novos sistemas de abastecimento de água.

4.1. Os Principais Usos da Água na Indústria

De uma maneira genérica, pode-se dizer que a água encontra as seguintes aplicações na indústria:

- **Consumo humano:** água utilizada em ambientes sanitários, vestiários, cozinhas e refeitórios, bebedouros, equipamentos de segurança (lava-olhos, por exemplo) ou em qualquer atividade doméstica com contato humano direto;
- **Matéria Prima:** como matéria-prima, a água será incorporada ao produto final, a exemplo do que ocorre nas indústrias de cervejas e refrigerantes, de produtos de higiene pessoal e limpeza doméstica, de cosméticos, de alimentos e conservas e de fármacos, ou então, a água é utilizada para a obtenção de outros produtos, por exemplo, o hidrogênio por meio da eletrólise da água.
- **Uso como fluido auxiliar:** a água, como fluido auxiliar, pode ser utilizada em diversas atividades, destacando-se a preparação de suspensões e soluções químicas, compostos intermediários, reagentes químicos, veículo, ou ainda, para as operações de lavagem.
- **Uso para geração de energia:** Para este tipo de aplicação, a água pode ser utilizada por meio da transformação da energia cinética, potencial ou térmica, acumulada na água, em energia mecânica e posteriormente em energia elétrica.
- **Uso como fluido de aquecimento e/ou resfriamento:** Nestes casos, a água é utilizada como fluido de transporte de calor para remoção do calor de misturas reativas ou outros dispositivos que necessitem de resfriamento devido à geração de calor, ou então, devido às condições de operação estabelecidas, pois a elevação de temperatura pode comprometer o desempenho do sistema, bem como danificar algum equipamento
- **Outros Usos:** Utilização de água para combate à incêndio, rega de áreas verdes ou incorporação em diversos subprodutos gerados nos processos industriais, seja na fase sólida, líquida ou gasosa.

De um modo geral, a quantidade e a qualidade da água necessária ao desenvolvimento das diversas atividades consumidoras em uma indústria dependem de seu ramo de atividade e capacidade de produção.

O ramo de atividade da indústria, que define as atividades desenvolvidas, determina as características de qualidade da água a ser utilizada, ressaltando-se que em uma mesma indústria podem ser utilizadas águas com diferentes níveis de qualidade. Por outro lado, o porte da indústria, que está relacionado com a sua capacidade de produção, irá definir qual a quantidade de água necessária para cada uso.

Na **Tabela 1** são apresentados dados internacionais de distribuição do consumo de água na indústria por tipo de atividade. É importante destacar que os valores desta tabela podem estar desatualizados tendo em vista que novas tecnologias industriais são constantemente lançadas no mercado, servindo tão somente como valores de referência.

Tabela 1: Distribuição do consumo de água na indústria por atividades

| Segmento Industrial | Distribuição do Consumo de Água (%) | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|------------------------|
| | Resfriamento sem Contato | Processos e Atividades Afins | Uso Sanitário e Outros |
| Carne enlatada | 42 | 46 | 12 |
| Abatimento e limpeza de aves | 12 | 77 | 12 |
| Laticínios | 53 | 27 | 19 |
| Frutas e vegetais enlatados | 19 | 67 | 13 |
| Frutas e vegetais congelados | 19 | 72 | 8 |
| Moagem de milho a úmido | 36 | 63 | 1 |
| Açúcar de cana-de-açúcar | 30 | 69 | 1 |
| Açúcar de beterraba | 31 | 67 | 2 |
| Bebidas maltadas | 72 | 13 | 15 |
| Indústria têxtil | 57 | 37 | 6 |
| Serrarias | 58 | 36 | 6 |
| Fábricas de celulose e papel | 18 | 80 | 1 |
| Cloro e Álcalis | 85 | 14 | 1 |
| Gases Industriais | 86 | 13 | 1 |
| Pigmentos inorgânicos | 41 | 58 | 1 |
| Produtos químicos inorgânicos | 83 | 16 | 1 |
| Materiais plásticos e resinas | 93 | 7 | + |
| Borracha sintética | 83 | 17 | + |
| Fibras de celulose sintéticas | 69 | 30 | 1 |
| Fibras orgânicas não celulósicas | 94 | 6 | + |
| Tintas e pigmentos | 79 | 17 | 4 |
| Produtos químicos orgânicos | 91 | 9 | 1 |
| Fertilizantes nitrogenados | 92 | 8 | + |
| Fertilizantes fosfatados | 71 | 28 | 1 |
| Negro de fumo | 57 | 38 | 6 |
| Refinaria de petróleo | 95 | 5 | + |
| Pneus | 81 | 16 | 3 |
| Cimento | 82 | 17 | 1 |
| Aço | 56 | 43 | 1 |
| Fundição de ferro e aço | 34 | 58 | 8 |
| Cobre primário | 52 | 46 | 2 |
| Alumínio primário | 72 | 26 | 2 |
| Automóveis | 28 | 69 | 3 |

+ Valor inferior a 0,5% do volume total de água consumido

Fonte: VAN Der LEEDEN; TROISE and TODD, 1990

4.2. Requisitos de Qualidade da Água

A qualidade da água é definida em função de características físicas, químicas, microbiológicas e radioativas. Para cada tipo de aplicação, o grau de qualidade exigido pode variar significativamente:

- **Consumo humano:** água potável, atendendo às características estabelecidas pela Portaria no 518 – Norma de qualidade da água para consumo humano, de 25/03/2004, do Ministério da Saúde (www.saude.gov.br);
- **Matéria prima:** Para esse tipo de uso, o grau de qualidade da água pode variar significativamente, podendo-se admitir a utilização de uma água com característica equivalente ou superior à da água utilizada para consumo humano, tendo-se como principal objetivo a proteção da saúde dos consumidores finais e/ou a garantia da qualidade final do produto.
- **Fluido auxiliar:** Da mesma forma que a água é utilizada como matéria-prima, o grau de qualidade da água para uso como um fluido auxiliar irá depender do processo à que esta se destina. Caso essa água entre em contato com o produto final, o grau de qualidade será mais ou menos restritivo, em função do tipo de produto que se deseja obter. Não havendo contato da água com o produto final, esta poderá apresentar um grau de qualidade menos restritivo que o da água para consumo humano, principalmente com relação à concentração residual de agentes desinfetantes.
- **Geração de energia:** dependendo do processo de transformação utilizado a água deverá apresentar graus muito diferentes de qualidade. No aproveitamento da energia potencial ou cinética, a água é utilizada no seu estado natural, podendo-se utilizá-la na forma bruta, captada de um rio, lago, ou outro sistema de reservação, devendo-se impedir que materiais de grandes dimensões, detritos, danifiquem os dispositivos de geração de energia. Já para o aproveitamento da energia térmica, após aquecimento e vaporização da água por meio do fornecimento de energia térmica, a mesma deve apresentar um elevado grau de qualidade, para que não ocorram problemas nos equipamentos de geração de vapor ou no dispositivo de conversão de energia;
- **Fluido de aquecimento e/ou resfriamento:** Para a utilização da água na forma de vapor, o grau de qualidade deve ser bastante elevado, enquanto a utilização da água como fluido de resfriamento requer um grau de qualidade bem menos restritivo, devendo-se levar em consideração a proteção e a vida útil dos equipamentos com os quais esta água irá entrar em contato.

Muitas aplicações exigem que um maior número de parâmetros sejam atendidos, de modo que sejam minimizados os riscos ao processo, produto ou sistema no qual esta água será utilizada. Nas tabelas que se seguem são apresentados alguns dados sobre requisitos da água para aplicações industriais.

Tabela 2: Padrão de Qualidade recomendado para Água de Resfriamento e Geração de Vapor

| Parâmetro* | Água de Resfriamento | Geração de Vapor | | |
|---|----------------------|--------------------------------------|---|-------------------------------------|
| | | Caldeira de Baixa Pressão (< 10 bar) | Caldeira de Média Pressão (10 a 50 bar) | Caldeira de Alta Pressão (> 50 bar) |
| Cloretos | 500 | + | + | + |
| Sólidos Dissolvidos Totais | 500 | 700 | 500 | 200 |
| Dureza | 650 | 350 | 1,0 | 0,07 |
| Alcalinidade | 350 | 350 | 100 | 40 |
| PH | 6,9 a 9,0 | 7,0 a 10,0 | 8,2 a 10,0 | 8,2 a 9,0 |
| DQO | 75 | 5,0 | 5,0 | 1,0 |
| Sólidos Suspensos Totais | 100 | 10 | 5 | 0,5 |
| Turbidez | 50 | --x-- | --x-- | --x-- |
| DBO | 25 | --x-- | --x-- | --x-- |
| Compostos Orgânicos++ | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 0,5 |
| Nitrogênio Amoniacal | 1,0 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Fosfato | 4,0 | --x-- | --x-- | --x-- |
| Sílica | 50 | 30 | 10 | 0,7 |
| Alumínio | 0,1 | 5,0 | 0,1 | 0,01 |
| Cálcio | 50 | + | 0,4 | 0,01 |
| Magnésio | 0,5 | + | 0,25 | 0,01 |
| Bicarbonato | 24 | 170 | 120 | 48 |
| Sulfato | 200 | + | + | + |
| Cobre | --x-- | 0,5 | 0,05 | 0,05 |
| Zinco | --x-- | + | 0,01 | 0,01 |
| Substâncias Extraídas em Tetracloroeto de Carbono | --x-- | 1 | 1 | 0,5 |
| Sulfeto de Hidrogênio | --x-- | + | + | + |
| Oxigênio Dissolvido | --x-- | 2,5 | 0,007 | 0,0007 |

* Limites recomendados em mg/L, exceto para pH e Turbidez-que são expressos em unidades e UT, respectivamente.

+ Aceito como recebido, caso sejam atendidos outros valores limites

++ Substâncias ativas ao azul de metileno

Fonte: CROOK, 1996

Tabela 3: Dados de Qualidade da Água para uso na Indústria Farmacêutica

| Parâmetro | Água Purificada | Água para Injetáveis |
|-------------------------|---|----------------------|
| pH | 5 a 7 | 5 a 7 |
| Condutividade Elétrica | Estágio 1: $\leq 1,3 \text{ } \mu\text{S/cm}$ | |
| | Estágio 2: $\leq 2,1 \text{ } \mu\text{S/cm}$ | |
| | Estágio 3: valor associado à medida do pH | |
| Carbono Orgânico Total* | 500 partes por bilhão (ppb) | |
| Bactérias** | 100 UFC/mL | 10 UFC/mL |
| Endotoxinas | -- | < 0,25 UE |

* Pode-se utilizar o teste para substâncias oxidáveis em substituição a este parâmetro.

** Somente como recomendação

Fonte: US Pharmacopeia – USP 24.

Tabela 4: Requisitos de qualidade para água de uso industrial

| Indústria e Processo | Parâmetros (mg/L, exceto quando especificado o valor) | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|---|---------|--------------------------------|-------|---------------|---------|-----------------------|---------|------|---------------------------|--------|--------|---------------|------------------|
| | Cor (UH) | Alcali- nidade (CaCO ₃) | Cloreto | Dureza (CaCO ₃) | Ferro | Manga- nês | Nitrato | pH (unida- des) | Sulfato | SDT | Sólidos Suspen- sos | Sílica | Cálcio | Magné- sio | Bicar- bonato |
| Têxtil | | | | | | | | | | | | | | | |
| Engomagem | 5 | | | 25 | 0,3 | 0,05 | | 6,5 - 10,0 | | 100 | 5,0 | | | | |
| Lavagem | 5 | | | 25 | 0,1 | 0,01 | | 3,0 - 10,5 | | 100 | 5,0 | | | | |
| Branqueamento | 5 | | | 25 | 0,1 | 0,01 | | 2,0 - 10,5 | | 100 | 5,0 | | | | |
| Tingimento | 5 | | | 25 | 0,1 | 0,01 | | 3,5 - 10,0 | | 100 | 5,0 | | | | |
| Papel e Celulose | | | | | | | | | | | | | | | |
| Processo Mecânico | 30 | | 1000 | | 0,3 | 0,1 | | 6 - 10 | | | | | | | |
| Processo Químico | | | | | | | | | | | | | | | |
| Não Branqueado | 30 | | 200 | 100 | 1,0 | 0,5 | | 6 - 10 | | | 10 | 50 | 20 | 12 | |
| Branqueado | 10 | | 200 | 100 | 0,1 | 0,05 | | 6 - 10 | | | 10 | 50 | 20 | 12 | |
| Produtos Químicos | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cloro e Álcali | 10 | 80 | | 140 | 0,1 | 0,1 | | 6,0 - 8,5 | | | 10 | | 40 | 8 | 100 |
| Carvão de alcatrão | 5 | 50 | 30 | 180 | 0,1 | 0,1 | | 6,5 - 8,3 | 200 | 400 | 5 | | 50 | 14 | 60 |
| Compostos orgânicos | 5 | 125 | 25 | 170 | 0,1 | 0,1 | | 6,5 - 8,7 | 75 | 250 | 5 | | 50 | 12 | 128 |
| Compostos inorgânicos | 5 | 70 | 30 | 250 | 0,1 | 0,1 | | 6,5 - 7,5 | 90 | 425 | 5 | | 60 | 25 | 210 |
| Plásticos e resinas | 2 | 1,0 | 0 | 0 | 0,005 | 0,005 | 0 | 7,5 - 8,5 | 0 | 1,0 | 2,0 | 0,02 | 0 | 0 | 0,1 |
| Borracha sintética | 2 | 2 | 0 | 0 | 0,005 | 0,005 | 0 | 7,5 - 8,5 | 0 | 2,0 | 2,0 | 0,05 | 0 | 0 | 0,5 |
| Produtos Farmacêuticos | 2 | 2 | 0 | 0 | 0,005 | 0,005 | 0 | 7,5 - 8,5 | 0 | 2,0 | 2,0 | 0,02 | 0 | 0 | 0,5 |
| Sabão e detergentes | 5 | 50 | 40 | 130 | 0,1 | 0,1 | | | 150 | 300 | 10,0 | | 30 | 12 | 60 |
| Tintas | 5 | 100 | 30 | 150 | 0,1 | 0,1 | | 6,5 | 125 | 270 | 10 | | 37 | 15 | 125 |
| Madeira e resinas | 200 | 200 | 500 | 900 | 0,3 | 0,2 | 5 | 6,5 - 8,0 | 100 | 1000 | 30 | 50 | 100 | 50 | 250 |
| Fertilizantes | 10 | 175 | 50 | 250 | 0,2 | 0,2 | 5 | 6,5 - 8,5 | 150 | 300 | 10 | 25 | 40 | 20 | 210 |
| Explosivos | 8 | 100 | 30 | 150 | 0,1 | 0,1 | 2 | 6,8 | 150 | 200 | 5 | 20 | 20 | 10 | 120 |
| Petróleo | | | 300 | 350 | 1,0 | | | 6,0 - 9,0 | | 1000 | 10 | | 75 | 30 | |
| Ferro e Aço | | | | | | | | | | | | | | | |
| Laminação a quente | | | | | | | | 5 - 9 | | | | | | | |
| Laminação a frio | | | | | | | | 5 - 9 | | | 10 | | | | |
| Diversas | | | | | | | | | | | | | | | |
| Frutas e vegetais enlatados | 5 | 250 | 250 | 250 | 0,2 | 0,2 | 10 | 6,5 - 8,5 | 250 | 500 | 10 | 50 | 100 | | |
| Refrigerantes | 10 | 85 | | | 0,3 | 0,05 | | | | | | | | | |
| Curtimento de couro | 5 | | 250 | 150 | 50 | | | 6,0 - 8,0 | | | | | 60 | | |
| Cimento | | 400 | 250 | | 25 | 0,5 | 0 | 6,5 - 8,5 | 250 | 600 | 500 | 35 | | | |

UH - Unidade Hazen (mg Pt - Co/l)

Fonte: NEMEROW and DASGUPTA, 1991

Cabe ressaltar que os dados apresentados nas tabelas anteriores são valores indicativos, pois muitos se referem a indústrias de outros países, mas que podem ser úteis para uma avaliação inicial.

Outra observação a ser feita é que o grau de qualidade da água requerido para um determinado uso hoje, pode ser muito diferente do grau de qualidade da água que tenha sido utilizada por muitos anos no passado ou que venha a ser utilizado no futuro, pois com o desenvolvimento tecnológico, problemas associados à escassez de recursos naturais e poluição, podem surgir restrições com relação ao uso da água com o grau de qualidade até então considerado adequado.

4.3. Indicadores de Consumo de Água das Indústrias

Um dos grandes benefícios dos indicadores de consumo de água para a indústria é a possibilidade de se avaliar sua eficiência quanto ao uso da água, possibilitando a melhoria dos processos que utilizam água, minimizando os impactos gerados, seja pelo aspecto qualitativo, bem como, pelo quantitativo. Além disso, através dos indicadores há possibilidade de benchmarking entre indústrias de mesmo segmento, bem como das indústrias nacionais com as internacionais.

A quantidade de água necessária para o atendimento das diversas atividades industriais, é influenciada por vários fatores como o ramo de atividade, capacidade de produção, condições climáticas da região, disponibilidade de água, método de produção, idade das instalações, prática operacional, cultura local, inovação tecnológica, investimentos em pesquisa, etc.

Por essas razões, se considerarmos indústrias que são do mesmo ramo de atividade e tenham a mesma capacidade de produção, porém instaladas em diferentes regiões, ou que tenham "idades" diferentes, a probabilidade do volume de água consumido em cada instalação não ser equivalente é muito grande.

Como fonte de referência, apresenta-se na Tabela 5 no ANEXO I, indicadores internacionais gerais por segmento industrial do ano de 1990. É importante destacar que estes indicadores estão desatualizados (cerca de 15 anos) e que atualmente, devido aos avanços tecnológicos e a crescente preocupação com o meio ambiente, a maioria das empresas nacionais já devem operar com consumo de água bem menor que o especificado na referida tabela. Isto não quer dizer, no entanto, que o potencial de racionalização do uso da água no Brasil já esteja esgotado. O que de fato ocorre é que à medida que as legislações ambientais se tornam cada vez mais restritivas e novas tecnologias de conservação da água vão surgindo, as indústrias tenderão a reduzir continuamente o uso da água em suas instalações.

5. Programas de Conservação e Reúso de Água - PCRA

Um Programa de Conservação e Reúso de Água - PCRA é composto por um conjunto de ações específicas de racionalização do uso da água na unidade industrial, que devem ser detalhadas a partir da realização de uma análise de demanda e oferta de água, em função dos usuários e atividades consumidoras, com base na viabilidade técnica e econômica de implantação das mesmas.

A implantação de Programas de Conservação e Reúso de Água pelo setor industrial, reverte-se em benefícios econômicos que permitem aumentar a eficiência produtiva, tendo como consequência direta a redução do consumo de água, a redução do volume de efluentes gerados e, como consequências indiretas, a redução do consumo de energia, de produtos químicos, a otimização de processos e a redução de despesas com manutenção. Na maior parte dos casos, os períodos de retorno envolvidos são bastante atrativos.

Ações desta natureza têm reflexos diretos e potenciais na imagem das empresas, demonstrando a crescente conscientização do setor com relação à preservação ambiental e responsabilidade social, bem como sobre o aumento da competitividade empresarial, em função dos seguintes fatores:

- Aumento do valor agregado dos produtos.
- Redução dos custos relativos aos sistemas de captação, abastecimento, tratamento, operação e distribuição de água, o mesmo valendo para os efluentes gerados; refletindo de forma direta nos custos de produção e reduzindo custos relativos à cobrança pelo uso da água;
- Redução de custos de manutenção corretiva, uma vez que a implantação de um sistema de gestão da água implica no estabelecimento de rotinas de manutenção preventiva;

Por outro lado, para a obtenção dos máximos benefícios, um PCRA deve ser implementado a partir de uma análise sistêmica das atividades onde a água é utilizada e, naquelas onde ocorre a geração de efluentes, com intuito de otimizar o consumo e minimizar a geração de efluentes. As ações devem seguir uma seqüência lógica, com atuação inicial na demanda de água e, em seguida, na oferta, destacando-se a avaliação do potencial de reúso de efluentes em substituição às fontes tradicionais de abastecimento.

Embora qualquer iniciativa, que busque o melhor aproveitamento dos recursos naturais, entre os quais a água, deva ser priorizada, é importante enfatizar que cada caso requer uma análise específica, realizada por profissionais devidamente capacitados, para garantia dos resultados técnicos, econômicos e ambientais da implantação de programas dessa natureza e para preservar a saúde dos usuários, o desempenho dos processos, a vida útil dos equipamentos e o meio ambiente.

5.1. Conceituação

A Conservação de Água pode ser compreendida como as práticas, técnicas e tecnologias que aperfeiçoam a eficiência do uso da água, podendo ainda ser definida como qualquer ação que:

- Reduz a quantidade de água extraída das fontes de suprimento;
- Reduz o consumo de água;
- Reduz o desperdício de água;

- Reduz as perdas de água;
- Aumenta a eficiência do uso da água;
- Aumenta a reciclagem e o reúso da água;
- Evita a poluição da água.

Neste Manual, implantar um PCRA significa avaliar de forma sistêmica o uso da água, ou seja, otimizar o consumo de água, com a conseqüente redução do volume de efluentes gerados, e utilizar as fontes alternativas de água disponíveis, considerando os diferentes níveis de qualidade necessários, de acordo com um sistema de gestão apropriado.

Sob a ótica do meio ambiente, implantar um Programa de Conservação e Reúso de Água contribui para a preservação dos recursos hídricos, favorecendo o "Desenvolvimento Sustentável". Na questão social, provoca um aumento da disponibilidade hídrica à população por meio da redução das captações de água dos mananciais. E, ainda, no aspecto econômico, reduz os custos com insumos em geral, como água, energia e produtos químicos, além de racionalizar custos operacionais e de manutenção.

O uso da água varia entre os vários tipos de indústrias e atividades consumidoras, o que significa que o detalhamento do PCRA será diferenciado caso a caso. Em cada indústria deve-se identificar os maiores consumidores de água, de forma que as intervenções realizadas gerem significativas reduções de consumo. As ações são específicas para cada setor da indústria sendo, na sua maioria:

- Modificações quanto ao uso da água em equipamentos e processos, com a incorporação de novas tecnologias e/ou procedimentos;
- Otimização dos processos de resfriamento;
- Reúso aplicado em diversos setores da planta industrial;
- Implantação de sistema de Gestão da Água.

5.2. Benefícios Esperados

Os principais benefícios resultantes da adoção de um PCRA são:

- Economia gerada pela redução do consumo de água;
- Economia gerada pela redução dos efluentes gerados;
- Conseqüente economia de outros insumos como: energia e produtos químicos;
- Redução de custos operacionais e de manutenção dos sistemas hidráulicos e de equipamentos;
- Aumento da disponibilidade de água (proporcionando aumento da produção sem incremento de custos de captação e tratamento);
- Agregação de valor aos produtos;
- Minimização dos impactos da cobrança pelo uso da água;
- Complementação às ações de responsabilidade social da empresa.

5.3. Condicionantes

Para a viabilidade de um PCRA é importante o entendimento desta ação como a adoção de uma Política de Economia de Água. No caso da indústria, é fundamental a participação da alta direção, a qual deverá estar comprometida com o Programa, direcionando e apoiando a implementação das ações necessárias.

De maneira resumida, o sucesso de um PCRA depende de:

- Estabelecimento de metas e prioridades;
- Escolha de um Gestor ou Gestores da Água, os quais devem permanentemente ser capacitados e atualizados para operarem e difundirem o programa;
- Alocação planejada dos investimentos iniciais com expectativa de redução à medida que as economias geradas vão se concretizando, gerando os recursos necessários para novos investimentos;
- Apoio da alta gerência executiva durante a elaboração dos Planos de Gestão do Uso da Água;
- Otimização do uso da água, garantindo um melhor desempenho das atividades consumidoras envolvidas;
- Pesquisa, desenvolvimento e inovação nos processos industriais ou em outras atividades com adequação dos níveis de qualidade exigíveis e busca da redução de custos;
- Desenvolvimento e implantação de um Sistema de Gestão que deverá garantir a manutenção de bons índices de consumo e o perfeito desempenho e monitoramento dos sistemas hidráulicos, equipamentos e processos ao longo do tempo, contribuindo para a redução e manutenção dos custos ao longo da vida útil;
- Multiplicação do PCRA para todos os usuários do sistema;
- Divulgação dos resultados obtidos de forma a incentivar e engajar ainda mais os usuários envolvidos.

A exclusão ou avaliação prematura de cada uma das etapas acima citadas pode comprometer a eficácia das iniciativas adotadas por uma determinada indústria, enfraquecendo a equipe responsável e gerando reversão de expectativa em relação aos benefícios gerados.

5.4. Sistema de Gestão da Água

A manutenção dos resultados obtidos com o PCRA depende de um Sistema de Gestão permanente e eficaz, cujo sucesso envolve duas áreas distintas:

- técnica: engloba as ações de avaliação, medições, aplicações de tecnologias e procedimentos para enquadramento do uso da água;
- humana: envolve comportamento e expectativas sobre o uso da água e procedimentos para realização de atividades consumidoras.

Um Sistema de Gestão eficaz atua sobre as duas áreas, com atualização constante dos dados para que seja possível mensurar os progressos obtidos e o cumprimento de metas, bem como o planejamento das ações futuras dentro de um plano de melhoria contínua.

Para a manutenção dos índices de economia obtidos é necessário que o Sistema de Gestão compreenda ações de base operacional, institucional, educacional e legal, conforme detalhamento abaixo :

a) Ações de Base Operacional

As ações de base operacional envolvem:

- criação de política permanente de manutenção preventiva e corretiva;
- elaboração e constante atualização de procedimentos específicos de uso racional da água;
- monitoramento contínuo do consumo através de planilhas eletrônicas e gráficos;
- realização de vistorias aleatórias nos setores de maior consumo;

- atualização constante dos dados;
- plano de melhoria contínua.

b) Ações de Base Educacional

Por meio da implementação das ações de base educacional, garante-se o acompanhamento e a mudança comportamental dos usuários. Entre estas ações, pode-se destacar:

- capacitação do Gestor da Água para acompanhamento dos indicadores de consumo e da implementação de eventuais intervenções; e
- multiplicação das diretrizes e ações do programa pelos demais funcionários através do estabelecimento de um programa educacional que deverá informar sobre:
 - a importância e necessidade do programa adotado;
 - as metas a serem atingidas;
 - a importância da contribuição de cada usuário no cumprimento das metas da indústria;
 - novos procedimentos e equipamentos.
 - resultados obtidos e revisão das metas almejadas.

Outras medidas que auxiliam num maior envolvimento dos usuários com a Conservação de Água são, por exemplo:

- estabelecimento de programa de incentivos (participação dos usuários nas economias obtidas; bônus para usuários que detectarem perdas físicas ou desperdícios dentro da indústria, entre outras);
- criação de uma caixa de sugestões;
- criação de um "slogan" para que a Conservação de Água se torne uma meta dentro da indústria.

c) Ações de Base Institucional

Com foco na responsabilidade social, deverão ser implementadas as seguintes atividades:

- multiplicação do programa implantado para a comunidade externa, como fator positivo quanto à integração indústria - meio ambiente, tornando-a referência por meio da realização de seminários e oficinas de trabalho e da divulgação de relatórios de responsabilidade social da empresa, entre outros;
- Articulação constante do Gestor da Água e da diretoria para fortalecimento das partes.

d) Ações de Base Legal

É fundamental que a elaboração do PCRA esteja de acordo com as legislações vigentes a nível municipal, estadual e federal.

5.5. Responsabilidades do Gestor da Água

Os Gestores da Água são os responsáveis por transformar o comprometimento assumido em Conservar a Água em um plano de trabalho exequível, com o objetivo de:

- alcançar as metas preestabelecidas pela organização.
- avaliar as ações de Conservação já realizadas e os impactos positivos e negativos;
- buscar subsídios que justifiquem o benefício do programa nesta indústria;
- estabelecer as verbas necessárias e garanti-las junto à Diretoria ou responsáveis;
- estabelecer o plano de ações de base tecnológica, com metas e detalhamento específico;
- estabelecer critérios de documentação e avaliação das ações a serem realizadas;

- estabelecer as ações de base educacional a serem desenvolvidas junto aos demais usuários;
- estabelecer ações de base institucional para a divulgação do programa;
- estabelecer ações de base operacional, desenvolvendo critérios de medição como forma de subsídio constante para a melhoria contínua dos resultados obtidos;
- reportar constantemente o andamento e resultados obtidos aos responsáveis;
- abertura e divulgação na mídia;
- transparência de ações e resultados.

6. ASPECTOS LEGAIS DA CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA

6.1. Introdução

A criação de normas relacionadas à utilização dos recursos hídricos para qualquer finalidade tem como principal objetivo garantir uma relação harmônica entre as atividades humanas e o meio ambiente, além de permitir um melhor equilíbrio de forças entre os vários segmentos da sociedade ou setores econômicos.

Nesse sentido, a Constituição de 1988 estabelece a dominialidade dos recursos hídricos, que podem ser federais, no caso de corpos d'água transfronteiriços, interestaduais ou que façam divisa entre dois ou mais estados, ou estaduais, se contidos inteiramente em um único estado da federação. A Lei nº 9.433/97 cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e estabelece os seguintes instrumentos de gerenciamento:

- Outorga pelo direito de uso de recursos hídricos;
- Cobrança pelo uso da água;
- Enquadramento dos corpos d'água em classes de uso;
- Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos;
- Planos de Recursos Hídricos.

No presente capítulo, serão apresentados os principais aspectos legais que interferem na gestão do uso da água, procurando ressaltar os itens que possam se relacionar com a prática de reúso.

6.2. Outorga pelo Uso da Água

A outorga é um instrumento de gerenciamento de recursos hídricos que dá, ao órgão gestor, condições de gerenciar a quantidade e qualidade desses recursos, e ao usuário a garantia do direito de uso da água. O poder outorgante (União e Estados) deve avaliar cada pedido de outorga, verificando se as quantidades existentes são suficientes, considerando os aspectos qualitativos e quantitativos. Desta forma, a outorga ordena e regulariza os diversos usos da água em uma bacia hidrográfica.

O usuário outorgado tem o reconhecimento legal do uso dos recursos hídricos. A outorga tem prazo de validade limitado, estabelecido em função das características do empreendimento (Art. 16 da Lei nº 9.433/97).

Uma vez concedida a outorga, o ato é publicado no Diário Oficial da União (caso da Agência Nacional de Águas - ANA), ou nos Diários Oficiais dos Estados ou do Distrito Federal, onde se identifica o outorgado e são estabelecidas as características técnicas e as condicionantes legais do uso das águas que o mesmo está sendo autorizado a fazer.

A outorga referente a corpos hídricos de domínio da União deve ser solicitada à ANA. Em corpos hídricos de domínio dos Estados e nos casos específicos de outorga para o uso de água subterrânea, a solicitação de outorga deve ser feita às respectivas autoridades outorgantes estaduais.

De maneira resumida, os usos que dependem de outorga são:

- a derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo d'água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;
- a extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;

- lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;
- uso de recursos hídricos com fins de aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;
- outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água;

A escassez de recursos hídricos impõe a necessidade de ações visando à conservação e ao gerenciamento adequado deste recurso. Para tal, é fundamental que a outorga, como instrumento de gerenciamento, leve em conta a eficiência dos processos na análise dos requerimentos, procurando incentivar e promover o uso eficiente da água, principalmente nas regiões em que ocorrerem conflitos de uso. Nesse aspecto a prática de reúso pode ser um fator importante para viabilizar a solução de conflitos em regiões onde haja escassez de recursos hídricos, ou problemas referentes à qualidade dos mesmos. Dessa forma, é importante, também, que os órgãos outorgantes e gestores dos recursos hídricos procurem se informar sobre a prática de reúso e o consumo de água nas várias alternativas de processo, de forma a poder fundamentar decisões sobre o incentivo a essa prática.

Deve-se ressaltar que o reúso, em si, não é objeto de outorga, uma vez que não é uma interferência direta em corpo hídrico, mas que a sua adoção pode interferir no balanço hídrico do empreendimento, tanto do ponto de vista quantitativo como no qualitativo. Desta forma, assim como as alterações no processo produtivo devem ser objeto de licenciamento ambiental, as alterações no balanço hídrico que resultem em mudanças nas condições objeto da Resolução de outorga devem ser objeto de solicitação de alteração da outorga existente, de modo a possibilitar o uso eficiente da outorga como instrumento de gestão.

6.3. Cobrança pelo Uso da Água

Em função de condições de escassez em quantidade e/ou qualidade, a água deixou de ser um bem livre e passou a ter valor econômico. Esse fato contribuiu com a adoção de um novo paradigma de gestão desse recurso ambiental, que compreende a utilização de instrumentos regulatórios e econômicos, como a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

A experiência em outros países mostra que a cobrança pelo uso de recursos hídricos, mais do que instrumento para gerar receita, é indutora de mudanças pela economia da água, pela redução de perdas e da poluição e pela gestão com justiça ambiental. Isso porque cobra-se de quem usa ou polui.

O fundamento legal para a cobrança pelo uso da água no Brasil remonta ao Código Civil de 1916 quando estabeleceu que a utilização dos bens públicos de uso comum pode ser gratuita ou retribuída, conforme as leis da União, dos Estados e dos Municípios, a cuja administração pertencerem. No mesmo sentido, o Código de Águas, Decreto – Lei nº 24.642/34, estabeleceu que o uso comum das águas pode ser gratuito ou retribuído, de acordo com as leis e os regulamentos da circunscrição administrativa a que pertencerem.

Posteriormente, a Lei nº 6.938/81, que trata da Política Nacional de Meio Ambiente, incluiu a possibilidade de imposição ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados ao meio ambiente e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos.

Finalmente, a Lei nº 9.433/97 definiu a cobrança como um dos instrumentos de ges-

tão dos recursos hídricos e a Lei nº 9.984/2000, que instituiu a Agência Nacional de Águas – ANA, atribuiu a esta Agência, a competência para implementar, em articulação com os Comitês de Bacia Hidrográfica, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos de domínio da União.

O instrumento da cobrança pelo uso de recursos hídricos constitui-se num incentivador ao reúso da água. O usuário que reutiliza suas águas reduz as vazões de captação e lançamento e conseqüentemente tem sua cobrança reduzida. Assim, quanto maior for o reúso, menor será a utilização de água e menor a cobrança.

Dependendo das vazões utilizadas, o montante de recursos economizados com a redução da cobrança em função do reúso pode cobrir os custos de instalação de um sistema de reúso da água na unidade industrial.

7. ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DE UM PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA

7.1. Introdução

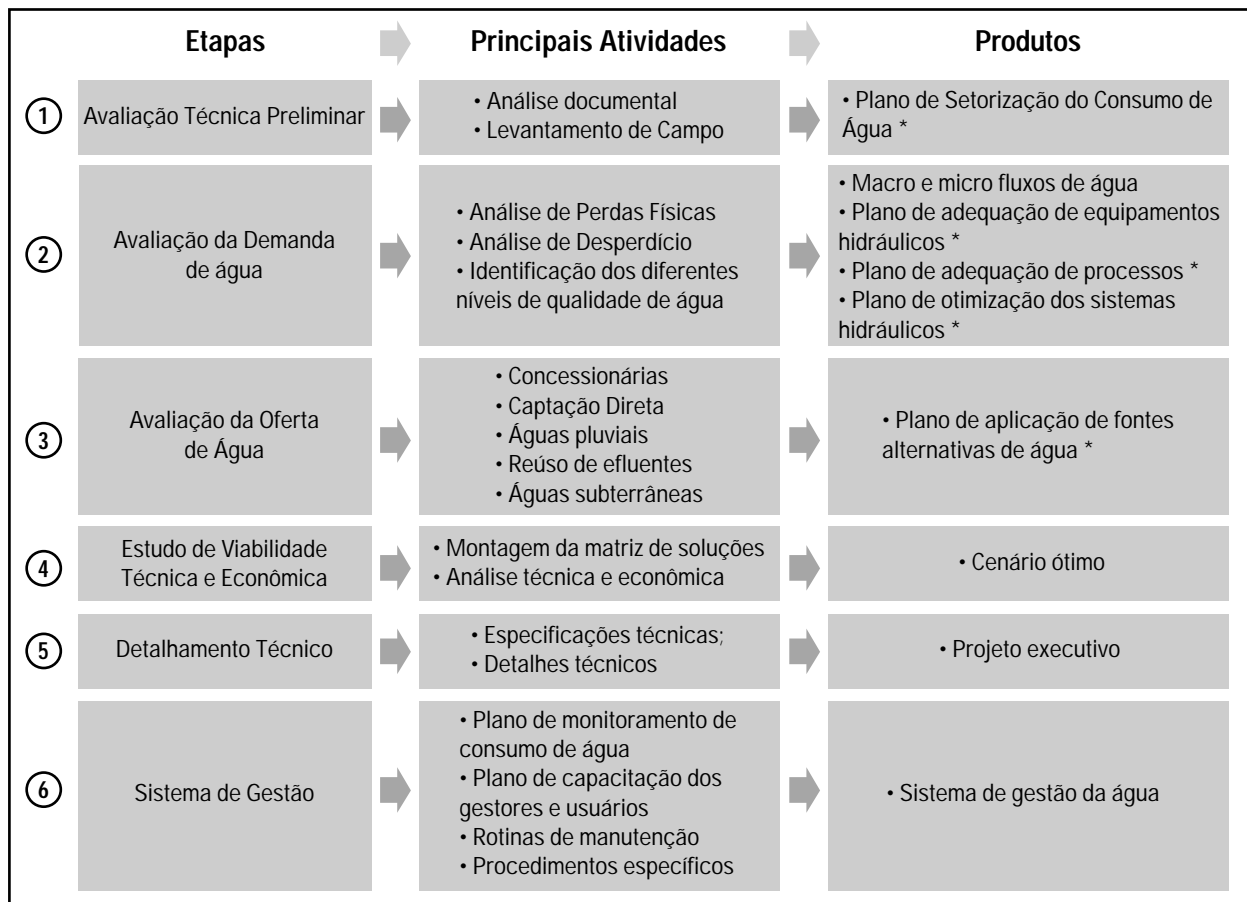
A implantação de um PCRA requer o conhecimento pleno do uso da água (quantitativo e qualitativo) em todas as edificações, áreas externas e processos, de maneira a identificar os maiores consumidores e as melhores ações de caráter tecnológico a serem realizadas, bem como os mecanismos de controle que serão incorporados ao Sistema de Gestão da Água estabelecido.

Um PCRA se inicia com a implantação de ações para a otimização do consumo de água, em busca do menor consumo possível para a realização das mesmas atividades, garantindo-se a qualidade da água fornecida e o bom desempenho destas atividades. Uma vez minimizado o consumo devem ser avaliadas as possibilidades de utilização de fontes alternativas de abastecimento de água.

Após a avaliação e implantação das ações que compõem o PCRA, deverá ser implementado um Sistema de Gestão permanente, para garantia de manutenção dos índices de consumo obtidos e da qualidade da água fornecida. Esta tarefa deverá ser absorvida por um Gestor da Água, responsável pelo monitoramento contínuo do consumo e pelo gerenciamento das ações de manutenção preventiva e corretiva ao longo do tempo.

De uma maneira simplificada um PCRA abrange as etapas relacionadas na **Figura 1**:

Figura 1: Etapas de Implantação de um Programa de Conservação e Reúso de Água



*Especificação e detalhamento de sistemas e componentes, custos e expectativas de economia.

7.2. ETAPA 1: Avaliação Técnica Preliminar

Esta etapa consiste no levantamento de todos os dados e informações que envolvam o uso da água na indústria, objetivando o pleno conhecimento sobre a condição atual de sua utilização.

7.2.1. Análise Documental

Realização de levantamento dos documentos existentes e relevantes, como subsídio para o início de entendimento do uso da água na indústria, tais como:

- Projeto de Arquitetura com detalhamento de setores e "lay-outs" técnicos;
- Projeto de Sistemas Prediais Hidráulicos e Elétricos;
- Projetos e especificações técnicas de equipamentos, sistemas e processos específicos;
- Fluxogramas de processos;
- Manuais de operação e rotinas operacionais;
- Leituras de hidrômetros;
- Contas de água e energia (24 meses);
- Planilhas de custos operacionais de ETAs/ETEs;
- Planilhas de custos operacionais de poços artesianos;
- Planilhas de custos e controles de realização de rotinas de manutenção preventiva/corretiva;
- Planilhas de custos e quantidades utilizadas de produtos químicos;
- Normas e procedimentos seguidos pela unidade industrial, onde estão inclusos o Relatório de Controle Ambiental e o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais;
- Certificados de outorga das fontes hídricas que abastecem o empreendimento;
- Legislação a ser atendida.

O levantamento dos documentos disponíveis pode ser uma das formas para obtenção dos dados referentes ao consumo de água (qualidade e quantidade) e geração de efluentes.

Destaca-se a importância nesta fase de fatores como:

- Abrangência dos documentos;
- Sua qualidade;
- Seu nível de detalhamento;
- Clareza na apresentação das informações disponíveis;
- Conhecimento técnico e experiência das pessoas envolvidas na análise.

Em muitos casos, as informações disponíveis referem-se, especificamente, aos processos principais, não sendo detalhadas as operações consideradas secundárias como por exemplo:

- Fornecimento de vapor para aquecimento ou água de resfriamento,
- Operações de partida e parada das unidades industriais,
- Paradas para manutenção; e
- Outras atividades que podem estar diretamente associadas ao consumo de água ou à geração de efluentes, eventualmente não identificadas quando da análise destes documentos.

Com a análise documental tem-se uma primeira compreensão das atividades consumidoras de água, pois dependendo do nível de detalhamento apresentado, pode-se esta-

belecer uma relação lógica entre todas as etapas associadas às mesmas, possibilitando vincular o consumo de água em cada etapa, grau de qualidade exigido, além da geração e composição dos efluentes.

Muitas vezes, pela análise dos documentos relacionados aos processos produtivos, por exemplo, é possível identificar algumas oportunidades associadas à racionalização do uso dos recursos naturais e outros insumos, devendo-se, desta forma, manter um registro destas oportunidades, com o objetivo de analisá-las detalhadamente quando do desenvolvimento das estratégias de gerenciamento de águas e efluentes, ou então, para a implantação de um programa de prevenção à poluição.

7.2.2. Levantamento de Campo

Uma vez concluída a fase de coleta de informações por meio de documentos, deve-se planejar e realizar o levantamento de campo, por técnicos da própria indústria devidamente capacitados, ou especialistas externos. O objetivo é avaliar "in loco" os diversos usos da água para detalhamento e aferição dos dados obtidos na análise documental e pesquisa de novas informações eventualmente necessárias.

É no levantamento de campo que se pode aferir na prática a realidade e rotina das diversas atividades que ocorrem ao longo do tempo em uma indústria, muitas delas envolvendo apenas sistemas e equipamentos e outras relacionadas diretamente ao comportamento dos operadores e funcionários.

Deve ser preparado um questionário específico a ser respondido pelo responsável de cada setor ou da atividade consumidora, avaliando-se os procedimentos de utilização da água, condições dos sistemas hidráulicos, perdas físicas, usos inadequados e usuários envolvidos.

Para obtenção das informações pretendidas, é necessário:

- que o levantamento de campo seja acompanhado por um ou mais responsáveis da própria planta, com conhecimento mínimo do sistema hidráulico e elétrico e processos envolvidos, eventualmente com membros da equipe de manutenção e gerente de utilidades;
- comparar as informações constantes dos documentos obtidos na análise documental com o levantamento de campo;
- identificar e cadastrar todos os equipamentos, processos e atividades que usem água, com exemplo, torres de resfriamento, caldeiras, sistemas de osmose reversa e troca iônica, reatores, tanques de produtos e reagentes, equipamentos de cozinha, equipamentos hidráulicos de ambientes sanitários, entre outros;
- identificar o período de operação de cada equipamento e processo que utilize água;
- caracterizar a água utilizada (quantidade e qualidade) em todas as atividades consumidoras;
- Identificar fluxos de água (macro e micro), compreendendo o mapeamento das redes de água e efluentes, identificação e quantificação das fontes de abastecimento (rios, rede pública, poços profundos) e pontos de lançamento de efluentes líquidos (rede pública, rios, etc.);
- Caracterizar as ETA's e ETE's existentes, compreendendo aspectos qualitativos e quantitativos, bem como os sistemas de tratamento existentes;
- avaliar (medir) a pressão utilizada no sistema hidráulico em pontos estratégicos;
- checar equipamentos ou processos que utilizam água para mais de uma operação;

- calibrar periodicamente os hidrômetros existentes;
- medir a quantidade de água utilizada em cada setor ou processo consumidor. Se não houver medidor instalado deverá ser feito um plano de setorização contendo os pontos a serem monitorados, com especificação e detalhamento dos medidores a serem instalados;
- fazer um comparativo de consumo da indústria, processos e equipamentos com dados já existentes de tipologias similares, caso haja disponibilidade de dados confiáveis. Ressaltar as principais diferenças e buscar justificativas;
- realizar ensaios de análise da qualidade da água (pH, dureza, sólidos totais dissolvidos, coliformes fecais, turbidez, temperatura, entre outros) em pontos de coleta específicos, bem como dos diferentes efluentes que possam ser gerados;
- identificar e cadastrar perdas físicas de água.

7.2.3. Produtos

Com os dados obtidos é realizada uma primeira avaliação do uso da água na indústria em questão, tendo como principais produtos o macro e o micro fluxos da água e o Plano de Setorização do Consumo da Água.

- Macro fluxo da água

A macro-avaliação do fluxo de água busca compreender o caminhamento da água desde das fontes abastecedoras para atendimento da demanda existente até o destino final dos efluentes gerados, sem detalhamento dos usos internos. Com esta avaliação é gerado o macro fluxo de água.

É importante identificar a quantidade de água utilizada no processo produtivo, o qual muitas vezes é subdividido conforme a variedade de produtos envolvidos. É importante também identificar os quantitativos envolvidos para resfriamento/aquecimento (torres de resfriamento, condensadores e caldeiras), bem como por atividades consumidoras de água, como lavagem de áreas externas e internas, por exemplo.

A figura abaixo exemplifica parte do macro-fluxo da água em uma indústria de laticínios:

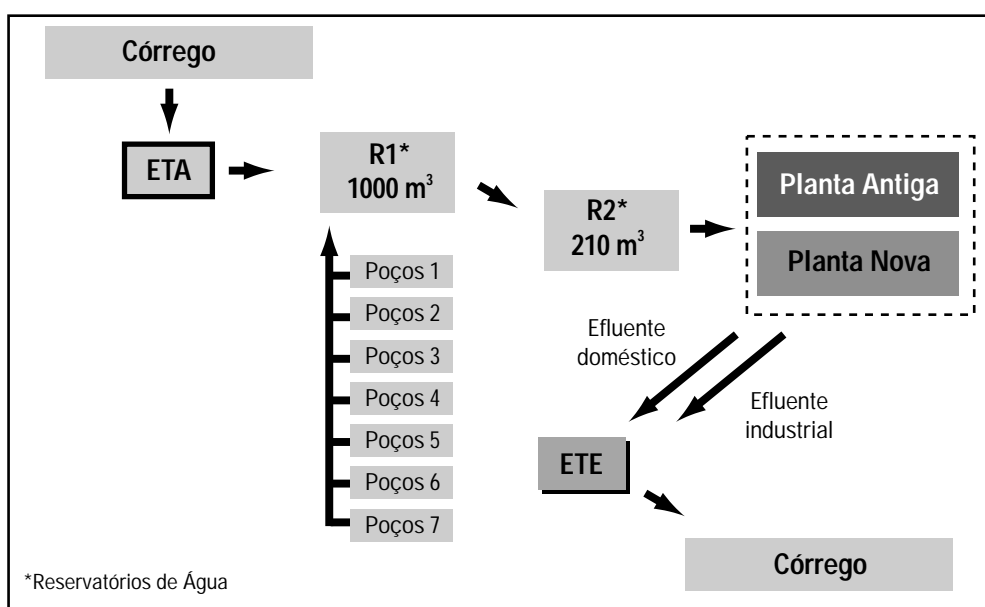


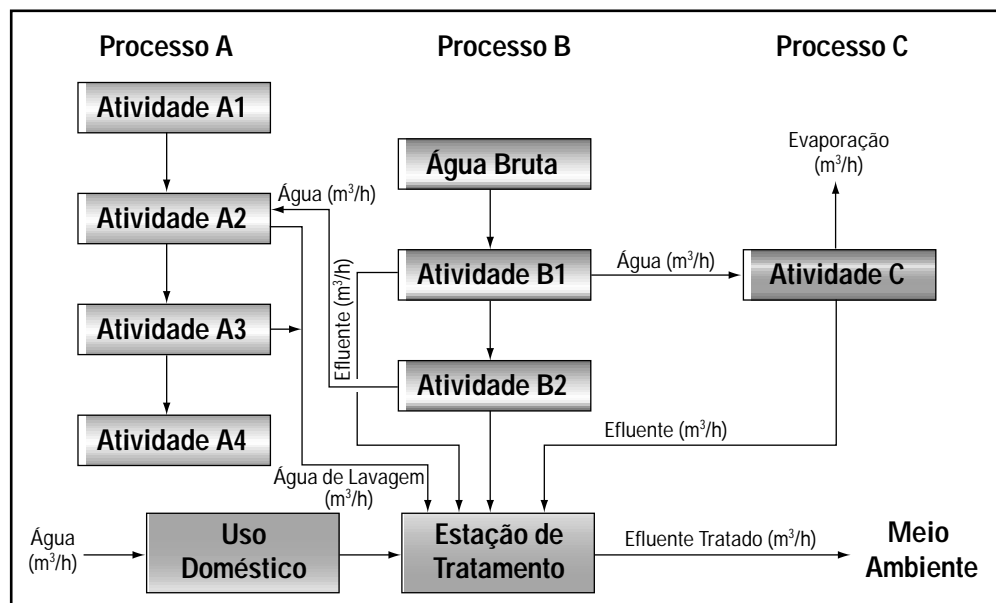
Figura 2: Macro-fluxo da Água em uma Indústria de Laticínios

- Micro fluxo da água

Na micro-avaliação do fluxo de água são detalhados:

- fluxo da água por setor da indústria;
- os processos, equipamentos e atividades consumidores de água;
- balanços de entradas e saídas de água por setores identificados para comparativo com o macro fluxo de água;
- localização e quantificação de perdas visíveis para correção futura;
- pontos de consumo (localização e especificação);
- cadastramento de redes externas e internas;
- fluxo de afluentes e efluentes por setor da indústria;
- condições de operação de equipamentos e sistemas consumidores de água;
- procedimentos comportamentais dos usuários envolvidos em cada setor específico;
- plano de setorização do consumo de água.

Figura 3: Diagrama de blocos para indicação dos fluxos de água e efluentes em uma unidade industrial.



A partir desta avaliação, são gerados diversos micro-fluxos de água que detalham o uso interno em cada um dos setores.

Devem ainda ser identificados os indicadores de consumo mais apropriados a cada setor e tipo de utilização da água, por exemplo:

- quantidade de água por unidade produzida;
- quantidade de água por refeição preparada (cozinha industrial);
- quantidade de água por funcionário; etc.

Além do diagrama que apresenta os fluxos de água e efluentes em uma unidade industrial, para que seja possível desenvolver alternativas para a otimização do uso da água é importante obter as demandas por categorias de uso, o que será então desenvolvido na etapa de avaliação de demanda da água.

- Plano de Setorização do Consumo de Água

O principal produto da Etapa 1 é o Plano de Setorização do Consumo de Água, que consiste em um sistema de medição e monitoração setorizada do consumo de água, objetivando o controle de consumo. A medição setorizada também possibilita a localização de vazamentos internos e desperdícios significativos que, em outras condições, podem levar meses ou até anos para serem identificados.

A setorização do consumo prevê a divisão de uma planta industrial por meio da identificação de áreas ou setores que apresentam consumo de água em quantidade e com requisitos de qualidade específicos, possibilitando a individualização da medição do consumo por meio de dispositivos de leitura. Estes dispositivos, conhecidos como hidrômetros, podem possuir somente a leitura pontual do consumo, através do display, como também apresentar um sistema de medição remota do consumo de água. Em ambos os casos, o Gestor de Água poderá acompanhar o consumo de água nos setores instrumentados da unidade industrial.

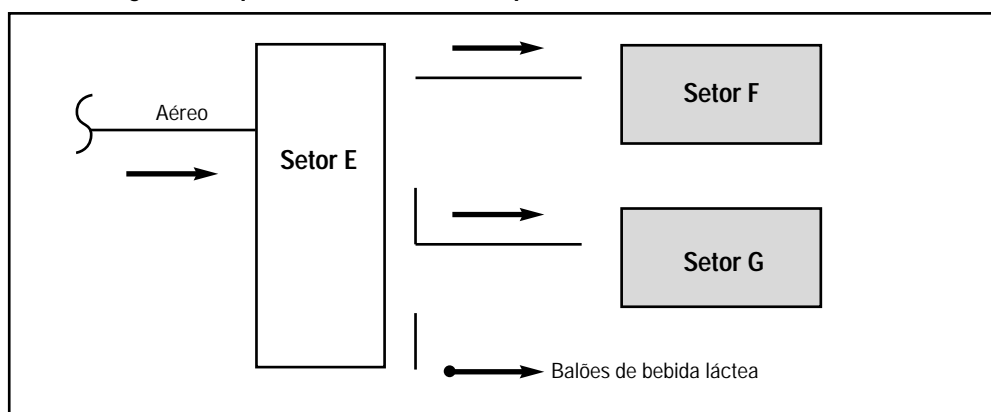
O sistema de medição remota pode ser realizado por meio de ondas de rádio ou de cabeamento, o qual permitirá ao Gestor uma maior praticidade no acompanhamento dos consumos de água e agilidade na implementação de intervenções.

Em função do levantamento de campo realizado deve ser proposto um sistema de medição individualizada do consumo com base no uso da água em cada setor e preferencialmente utilizando as tubulações existentes.

No Plano de Setorização são definidos os setores da planta industrial que serão monitorados através da instalação de medidores de consumo de água. Devem ser estabelecidos esquemas verticais para facilidade de instalação dos hidrômetros, bem como, uma numeração lógica para facilidade de identificação dos mesmos.

A figura abaixo exemplifica o esquema de setorização de parte de uma indústria de laticínios:

Figura 4: Esquema de Setorização de parte de uma Indústria de Laticínios



Setor E: Preparo de bebida láctea; Setor F: Laboratório e sanitários; Setor G: Recebimento de leite

7.3. ETAPA 2: Avaliação da Demanda de Água

Com base nos dados coletados na etapa anterior, inicia-se a avaliação da demanda de água. Nesta etapa é feita a identificação das diversas demandas para avaliação do consumo de água atual e das intervenções necessárias para eliminação e/ou redução de perdas, racionalização do consumo e minimização de efluentes.

Para tal, devem ser avaliados os seguintes tópicos :

- Perdas físicas nas tubulações, conexões e reservatórios;
- Processos que utilizam água;
- Equipamentos hidráulicos;
- Pressão do sistema hidráulico.

7.3.1. Perdas Físicas

Em geral, as perdas físicas ocorrem devido a:

- vazamentos: quando há fuga de água no sistema, por exemplo, em tubulações, conexões, reservatórios, equipamentos, entre outros;
- mau desempenho do sistema: por exemplo, um sistema de recirculação de água quente operando inadequadamente, ou seja, com tempo de espera longo;
- negligência do usuário: como por exemplo uma torneira deixada mal fechada após o uso.

Devem ser realizados testes no sistema hidráulico para a detecção das perdas físicas dificilmente detectáveis, inclusive com a utilização de equipamentos específicos para evitar intervenções destrutivas. Os principais testes compreendem pesquisa em alimentador predial, reservatórios, bacias sanitárias, entre outros.

Um sistema hidráulico sem manutenção adequada pode perder de 15 a 20% da água que adentra na unidade.

Em geral, com pequenos investimentos para a correção das perdas existentes são obtidas significativas reduções de consumo.

Podem ser citados os seguintes exemplos de redução do consumo obtido pela correção de perdas físicas em indústrias nacionais:

- Indústria automobilística: a correção das perdas existentes na cozinha da fábrica, por meio da troca de reparos e válvulas, reduziu o consumo de água deste setor em 11,49%, com período de retorno imediato e gerando uma economia mensal aproximada 20 vezes superior ao valor do investimento realizado.
- Indústria de laticínios: a correção das perdas existentes na planta, por meio de ações corretivas como troca de reparos, registros e trechos de tubulações e conexões, reduziu o consumo de água da fábrica de 2.200 m³/dia para 1.900 m³/dia (cerca de 14%). Esta ação gerou uma economia de 13,5% nos custos de tratamento de água da ETA da fábrica, além das economias geradas (e aqui não computadas) nos custos de tratamento de efluentes e de energia elétrica.

Com base nas informações coletadas na primeira etapa e agora detalhadas e analisadas, é traçado o plano de minimização de perdas para as correções necessárias.

7.3.2. Adequação de Processos

Nesta fase são detalhados os usos da água, considerando-se qualidade e quantidade necessárias para um fim específico e identificando-se os desperdícios nas atividades consumidoras por meio dos questionamentos das rotinas e procedimentos existentes:

- identificação de todos os processos que utilizam água;
- como se dá a operação do processo;
- quais os equipamentos, sistemas e usuários envolvidos;
- identificação das quantidades e qualidades necessárias da água;

As categorias de uso podem variar em função do tipo de indústria que está sendo avaliada e podem ser classificadas como melhor convier ao responsável pela avaliação. Pode-se utilizar uma classificação que considere o uso que está sendo dado para a água, ou então, o processo no qual esta sendo utilizada, relacionando-se o volume ou vazão de água utilizado em cada categoria identificada. Na tabela a seguir é apresentado um exemplo de distribuição de consumo de água por categoria de uso:

Tabela 6: Exemplo da distribuição do consumo de água por categoria de uso

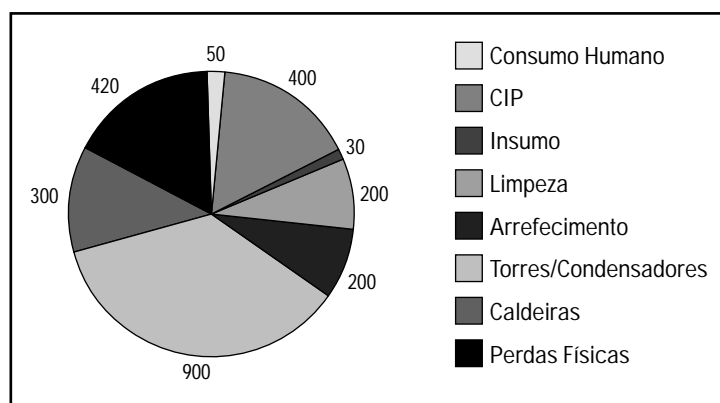
| Categoria de Uso | Demanda (volume/tempo) |
|----------------------------------|------------------------|
| Matéria-prima | Demanda 1 |
| Uso doméstico | Demanda 2 |
| Lavagem de equipamentos | Demanda 3 |
| Irrigação de áreas verdes | Demanda 4 |
| Geração de vapor | Demanda 5 |
| Sistemas de resfriamento | Demanda 6 |
| Produção de água desmineralizada | Demanda 7 |
| Total | Demanda |

Algumas categorias podem, ainda, ser subdivididas em subcategorias, o que dará subsídios para uma avaliação mais precisa de toda a unidade, além de poder auxiliar na identificação de oportunidades para a aplicação de iniciativas de Conservação e Reúso de Água. É importante destacar que podem ser elaboradas tabelas adicionais que relacionam a demanda de água para cada categoria de uso em cada um dos processos desenvolvidos.

Os dados de demanda obtidos podem ser utilizados para a construção de gráficos que mostrem de uma maneira mais simples as atividades responsáveis pelas maiores demandas, identificando as áreas com maior potencial para a implantação de estratégias para a redução do consumo de água.

A figura abaixo exemplifica a distribuição do consumo de água (m^3/dia) em uma unidade de uma indústria de laticínios :

Figura 5: Distribuição do consumo de água (m^3/dia) em uma indústria de laticínios



As áreas e atividades com maior potencial para a redução do consumo de água são as que apresentam as maiores demandas por categoria de uso, de maneira que os esfor-

ços iniciais deverão ser direcionados para as mesmas.

Com base na análise dos processos que utilizam a água, são então relacionadas as adequações necessárias, com seus respectivos custos operacionais e investimentos necessários.

Para a adequação de processos é importante que sejam detalhados procedimentos específicos, cujos conteúdos devem ser discutidos com os funcionários envolvidos nas atividades.

7.3.3. Adequação de Equipamentos e Componentes

Esta fase do Programa tem por objetivo a avaliação dos componentes hidráulicos existentes de acordo com os usos específicos de cada ponto de consumo.

Adequar componentes e equipamentos equivale a trocar aqueles que não sejam adequados ao uso racional da água. Os novos componentes especificados devem ser compatíveis com a pressão de utilização e com o tipo de uso e de usuário do ponto de consumo, devendo proporcionar conforto ao usuário e otimização do consumo de água necessário para o bom desempenho da atividade (vide anexo).

Podem ser citados os seguintes exemplos de adequação de equipamentos e componentes:

- indústria de laticínios: a automatização da operação, adequação do sistema de dosagem de produtos químicos e isolamento apropriado das tubulações das torres de resfriamento, reduziram o consumo de água deste setor em 15%.
- indústria automobilística: a adequação de metais e a instalação de arejadores na área de preparo de refeições da cozinha da fábrica reduziram o consumo de água deste setor em 5,5%, com período de retorno de 3 meses.

Preferencialmente devem ser utilizados componentes que apresentem maior durabilidade de forma a minimizar custos provenientes de manutenções.

7.3.4. Controle da Pressão do Sistema Hidráulico

A pressão elevada pode contribuir para as perdas e o desperdício de água no sistema hidráulico de várias maneiras, tais como frequência de rupturas, de golpe de aríete ou de fornecimento de água em quantidade superior à necessária numa torneira. Segundo estudos existentes, uma redução de pressão de 30 mca para 17 mca pode resultar em economia de aproximadamente 30% do consumo de água.

Constatada a existência de pressão superior à necessária, devem ser especificados os dispositivos adequados para cada atividade, como por exemplo, restritores de vazão, placas de orifício ou válvulas redutoras de pressão.

Como exemplo pode-se citar a redução de 12% do consumo de água de uma indústria de laticínios pela ação de controle da pressão no sistema hidráulico da fábrica por meio da instalação de válvulas redutoras de pressão em pontos estratégicos das tubulações de água, significando uma economia em torno de 14% nos custos de tratamento de água da ETA da fábrica, além das economias geradas (e aqui não computadas) nos custos de tratamento de efluentes e de energia elétrica.

7.3.5. Avaliação dos Graus de Qualidade da Água

Dentre os dados obtidos na Etapa 1 (Avaliação Preliminar) foram relacionadas as características da água utilizada em cada atividade consumidora da unidade, as quais devem

ser comparadas à qualidade efetivamente necessária para o bom desempenho da atividade, como base para subsidiar a Etapa 3 do Programa – Avaliação da Oferta.

7.3.6. Produtos

O produto desta etapa é a análise quantitativa e qualitativa do consumo atual de água, com diagnóstico das perdas e usos excessivos e das ações tecnológicas possíveis para a otimização do consumo.

Ao final desta avaliação são obtidas as seguintes informações:

- Distribuição atual do consumo de água;
- Distribuição histórica do consumo de água;
- Distribuição do consumo de água pelos maiores consumidores;
- Geração de efluentes atual do empreendimento.

Com a avaliação da demanda e com a possibilidade de se adequar componentes hidráulicos, processos que utilizam água, controle de vazão e pressão e minimização das perdas físicas, obtém-se um diagnóstico do uso da água na planta industrial, sendo então possível determinar:

- Consumo otimizado após intervenções;
- Impacto gerado com a minimização de perdas;
- Impacto gerado com o controle de pressão e vazão do sistema hidráulico;
- Impacto gerado com a adequação dos componentes hidráulicos;
- Impacto da economia de água gerado por cada uma das intervenções;
- Investimentos necessários;
- Período de retorno para cada uma das ações.

7.4. ETAPA 3: Avaliação da Oferta de Água

As indústrias podem ter seu abastecimento proveniente das seguintes fontes:

- da rede pública;
- água bruta fornecida por terceiros (caminhões pipa);
- captação direta de mananciais (rios, reservatórios, lagos, etc.)
- águas subterrâneas;
- águas pluviais;
- efluente tratado.

Para o abastecimento de água de qualquer planta industrial, um dos requisitos importantes na escolha de alternativas, devem ser considerados os seguintes custos: de captação, adução e distribuição, de operação e manutenção, da garantia da qualidade e da eventuais discontinuidades do abastecimento.

A garantia da qualidade da água, em especial, implica no comprometimento do produto final, dos processos produtivos e equipamentos, na segurança e saúde dos usuários internos e externos, dentre outros.

O uso negligente de quaisquer fontes de água ou a falta de gestão dos sistemas alternativos podem colocar em risco o consumidor e as atividades nas quais a água é necessária, recomendando-se observar padrões de qualidade adequados.

A utilização de água pela indústria requer necessariamente, independente da fonte de abastecimento utilizada, uma adequada gestão qualitativa e quantitativa deste insumo.

Cuidados específicos devem ser considerados para que não haja risco de contami-

nação às pessoas ou produtos ou de danos aos equipamentos. O sistema hidráulico deve ser independente e identificado, torneiras de água não potável devem ser de acesso restrito, equipes devem ser capacitadas, devem ser previstos reservatórios específicos, entre outras ações para garantia de bons resultados.

7.4.1. Concessionária

Uma das grandes responsabilidades das concessionárias de água, refere-se à qualidade da água fornecida. Para tornar a água de distribuição potável, a concessionária deve utilizar a tecnologia de tratamento mais indicada para eliminar todos os poluentes e agentes ameaçadores à saúde, atendendo aos parâmetros de potabilidade fixados pela Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde.

Além da eficácia do tratamento, a concessionária é responsável por um programa de pesquisa e monitoramento na rede de água distribuída, coletando amostras e realizando análises sistemáticas. Como exemplo, somente na Região Metropolitana de São Paulo, a concessionária realiza mais de 20.000 ensaios mensais.

Os parâmetros atualmente avaliados são coliformes, bactérias heterotróficas, cloro, cor, turbidez, pH, ferro total, alumínio, flúor, cromo total, cádmio, chumbo e trihalometanos (THM), entre outros.

Na prática a maioria dos usuários não têm a preocupação necessária de avaliar, preliminarmente, se os graus de qualidade da água recebida apresentam compatibilidade com suas necessidades de consumo, seja para consumo sanitário ou industrial.

A concessionária deve garantir, ainda, o fornecimento contínuo de água, salvo casos de força maior. No entanto, como precaução, é fundamental que todo empreendimento tenha seu sistema independente de reserva de água para garantir o seu pleno funcionamento mesmo no caso de eventual interrupção.

Além do fornecimento de água potável, existem atualmente concessionárias que fornecem água de reúso, o qual deve ser considerado também como fonte alternativa de água para usos específicos. A análise de aplicação da água de reúso deve considerar aspectos técnicos da qualidade da água, logística de distribuição da mesma, gestão da qualidade da água fornecida e avaliação econômica, considerando além da tarifa de fornecimento, custos de transporte.

Atualmente, na maioria dos casos, a existência de rede de distribuição de água de reúso é praticamente nula, sendo, normalmente, a mesma transportada por caminhões pipa. Além disto, muitas vezes as necessidades de qualidade específicas da indústria diferem da qualidade desta água, sendo necessário um tratamento adicional.

Cabe ressaltar que, mesmo quando a fonte de abastecimento for a rede pública, o usuário deve ter um Sistema de Gestão da Água, pois embora a concessionária forneça água potável, a mesma pode ser contaminada em reservatórios ou tubulações da própria indústria que não recebam a manutenção adequada.

Os gráficos que se seguem apresentam a variação das tarifas de água e esgoto aplicadas pelas principais concessionárias de saneamento do Estado de São Paulo, em função das faixas de consumo (maio/2004):

Figura 6: Variação das tarifas de água aplicadas pelas principais concessionárias de saneamento do Estado de São Paulo

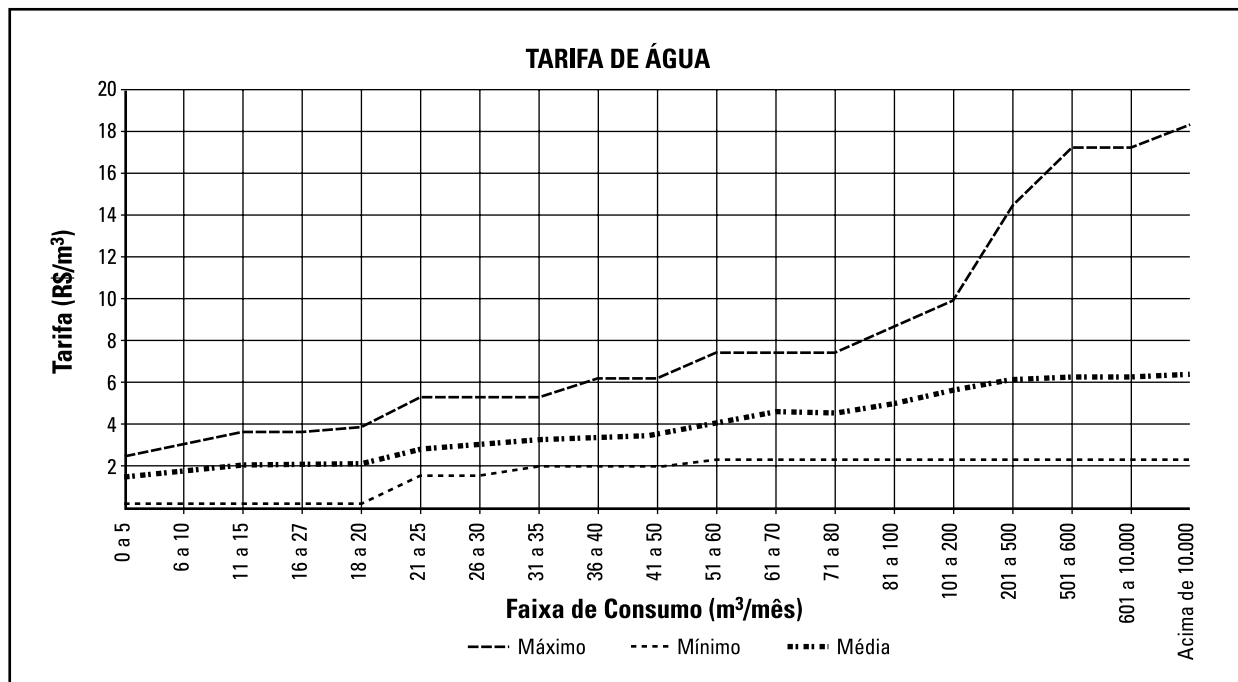
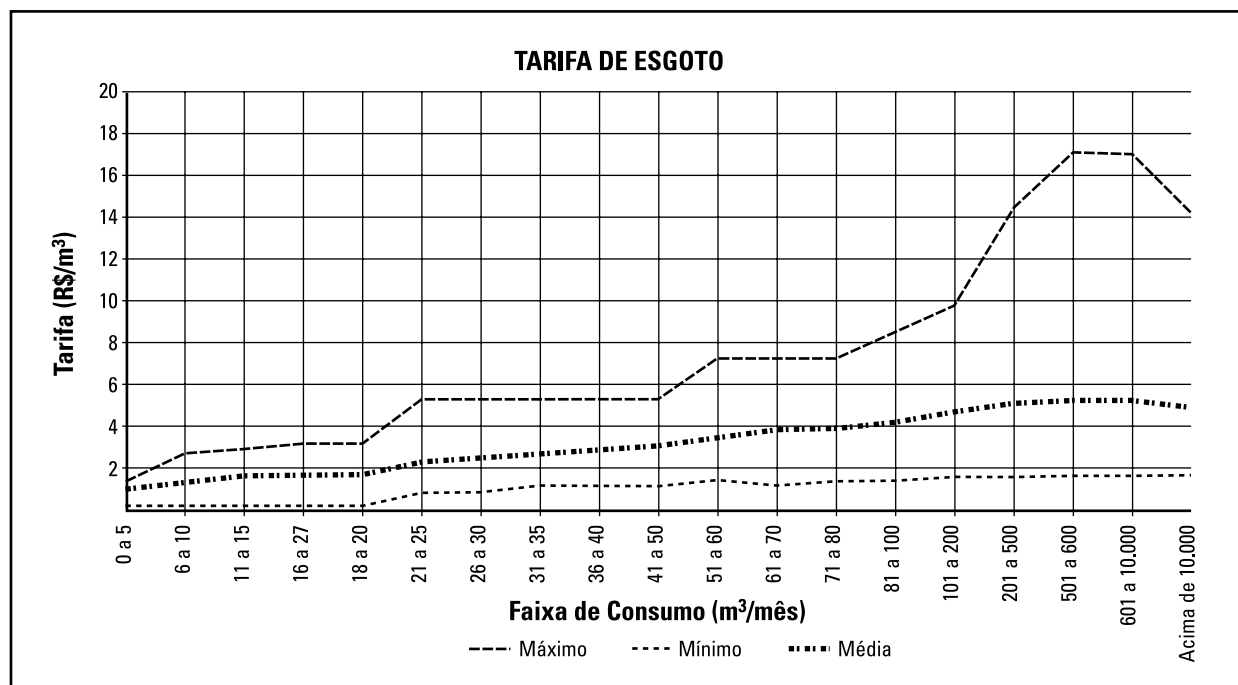


Figura 7: Variação das tarifas de esgoto aplicadas pelas principais concessionárias de saneamento do Estado de São Paulo



7.4.2. Captação Direta

Captar água diretamente de um corpo d'água implica, na maioria das vezes, em implementar técnicas de tratamento de acordo com o uso ao qual a água será destinada, devendo ser respeitados e resguardados a legislação vigente, a saúde humana e o meio ambiente.

Há necessidade de um sistema de gestão e monitoramento contínuo da qualidade e quantidade de água utilizada. Os custos totais, em muitos casos, podem ser elevados quando considerados os custos operacionais de bombeamento, tratamento, produtos químicos, energia, manutenção preventiva, técnicos envolvidos e monitoramento contínuo.

Além disto, devem ser considerados os custos relativos à obtenção da outorga de direitos de uso, bem como a cobrança pelo uso da água que vier a ser instituída pelos Comitês de Bacias Hidrográficas.

7.4.3. Águas Subterrâneas

Uma das fontes alternativas utilizadas pela indústria são as águas subterrâneas. A exploração inadequada destas águas pode resultar na alteração indesejável de sua quantidade e qualidade. A exploração e utilização de águas subterrâneas também requerem autorização e licença dos órgãos competentes.

Apesar dos custos iniciais de perfuração dos poços, em muitos casos, não serem significativos, outros custos devem ser considerados, como, os custos relativos à gestão da qualidade e quantidade desta água e os custos de energia. Além disto, com a possibilidade da cobrança pelo uso das águas subterrâneas pelos Estados, a aparente economia em muitas situações será eliminada, uma vez que os volumes captados farão parte da formulação dos preços.

Em função de características geológicas locais, o aprofundamento do poço poderá ser a solução para obtenção de maiores vazões e melhor qualidade da água extraída. No entanto, em outros locais, esta mesma solução poderá resultar na redução substancial das vazões obtidas e na perda da qualidade da água. Também, em função da falta de cimentação adequada do espaço anelar, do selo sanitário e de outras deficiências técnicas-constructivas, operacionais, manutenção e abandono dos poços, pode-se ter processos de contaminação ocasionados pelas águas poluídas de camadas vizinhas ou mais rasas.

Dentre os agentes de contaminação das águas subterrâneas, no Brasil, destacam-se:

- Série nitrogenada;
- Inorgânicos não-metálicos, (fósforo, selênio, nitrogênio, enxofre e flúor);
- Metais tóxicos (mercúrio, cromo, cádmio, chumbo e zinco);
- Compostos orgânicos sintéticos do grupo BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno, compostos aromáticos, fenóis, organoclorados voláteis diversos),
- Compostos mais densos do que a água, DNAPL's – Dense Non Aqueous Phase Liquids, ou menos densos do que a água, LNAPL's – Light Non Aqueous Phase Liquids.

Novamente, no caso do uso deste tipo de abastecimento, a indústria deve ter os seguintes cuidados:

- Atendimento à legislação estadual relativa à outorga pelo uso da água;
- Tratamento adequado da água captada para garantia das características necessárias ao uso a que será destinada;
- Existência de um sistema de gestão e monitoramento contínuo da qualidade e quantidade da água.

7.4.4. Águas Pluviais

Uma das possíveis alternativas para compor o abastecimento de água de uma indústria são as águas pluviais. Um sistema de aproveitamento de águas pluviais é, em geral, composto por:

- Reservatórios (o reservatório de água potável não pode receber águas de características diferentes – NBR 5626 – Instalação predial de água fria);
- Sistema de pressurização (para abastecimento direto dos pontos de consumo) ou sistema de recalque;
- Filtros separadores de sólidos e líquido;
- Tubos e conexões (rede exclusiva);
- By pass para entrada de água de outra fonte para eventual suprimento do sistema.

Para o aproveitamento de águas pluviais é necessário um projeto específico para dimensionamento dos reservatórios, bem como dos demais componentes do sistema, considerando a demanda a ser atendida por esta fonte de água e as características pluviométricas locais.

A utilização de águas pluviais, como fonte alternativa ao abastecimento de água de uma indústria requer, da mesma forma que nos casos anteriores, a gestão da qualidade e quantidade.

Quando utilizada para fins menos nobres, como rega de jardins ou lavagem de áreas externas, a água não necessita de tratamento avançado. Desta forma, ao reservar e utilizar águas pluviais, há uma redução do consumo de água de qualidade mais nobre.

Analisando os dados existentes na literatura técnica, percebe-se que a qualidade da água de chuva é influenciada por:

- Localização, regime de chuvas, condições climáticas da região, zona urbana ou rural;
- Características da bacia, densidade demográfica, área impermeabilizada, declividade, tipo de solo, área recoberta por vegetação e seu tipo;
- Tipo e intensidade de tráfego;
- Superfície drenada e tipo de material constituinte: concreto, asfalto, grama, etc;
- Lavagem da superfície drenada, frequência e qualidade da água de lavagem;

Em termos da qualidade da água de chuva, os dados disponíveis foram obtidos em pesquisa de mestrado realizada na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, onde foram coletadas e analisadas amostras de água de chuva provenientes da cobertura de um edifício local. A tabela abaixo consolida os dados obtidos:

Tabela 7: Características da água de chuva na Cidade Universitária da USP

| Variável | água coletada na tubulação | | | Reservatório |
|---|----------------------------|-------|--------|--------------|
| | Mínimo | Médio | Máximo | Médio |
| Cor (uH) | 20 | 52,5 | 218 | 23,0 |
| Turbidez (UNT) | 0,6 | 1,6 | 7,1 | 0,8 |
| Alcalinidade (mg/L) | 4 | 30,6 | 60 | 18,8 |
| pH | 5,8 | 7,0 | 7,6 | 6,7 |
| Condutividade (mS/cm) | 7,0 | 63,4 | 126,2 | 25,7 |
| Dureza (mg/L) | 4,0 | 39,4 | 68,0 | 19,6 |
| Cálcio (mg/L) | ND | 15,0 | 24,3 | 4,7 |
| Magnésio (mg/L) | ND | 1,1 | 2,2 | 0,5 |
| Ferro (mg/L) | 0,01 | 0,14 | 1,65 | 0,06 |
| Cloretos (mg/L) | 2,0 | 8,8 | 14,0 | 12,2 |
| Sulfatos (mg/L) | 2,0 | 8,3 | 21,0 | 5,1 |
| ST (mg/L) | 10 | 88 | 320 | 25 |
| SST (mg/L) | 2 | 30 | 183 | 2 |
| SSV (mg/L) | 0 | 15 | 72 | 2 |
| SDT (mg/L) | 2 | 58 | 177 | 24 |
| SDV (mg/L) | 0 | 39 | 128 | 24 |
| OD (mg/L) | 1,6 | 20 | 42 | 17,6 |
| DBO (mg/L) | 0,4 | 2,5 | 5,2 | 1,5 |
| Nitrato (mg/L) | 0,5 | 4,7 | 20 | 3,1 |
| Nitrito (mg/L) | 0,1 | 0,8 | 3,8 | 0,1 |
| Coliformes totais ^a em 100ml | <1 | >70 | >80 | >65 |

Fonte: Adaptado de MAY, 2004

NE = Não Especificado.

ST = Sólidos Totais

SST = Sólidos Suspensos Totais

SSV = Sólidos Suspensos Voláteis

SDT = Sólidos Dissolvidos Totais

SDV = Sólidos Dissolvidos Voláteis

a = Presente em 89% das amostras.

Coliformes fecais em 100 ml, aparecem em média em 50% das amostras coletadas e em 30% no reservatório.

7.4.5. Reúso de Efluentes

Para análise da implantação do reúso de efluentes na indústria, há duas alternativas a serem consideradas. A primeira delas, refere-se ao reúso macro externo, definido como o reúso de efluentes provenientes de estações de tratamento administradas por concessionárias ou outras indústrias. A segunda, que será detalhada neste Manual, é o reúso macro interno, definido como o uso interno de efluentes, tratados ou não, provenientes de atividades realizadas na própria indústria.

A prática de reúso macro interno pode ser implantada de duas maneiras distintas: **Reúso em Cascata** – o efluente originado em um determinado processo industrial é diretamente utilizado em um processo subsequente, devido ao fato das características do efluente disponível serem compatíveis com os padrões de qualidade da água a ser utilizada.

Reúso de efluentes tratados – é o tipo de reúso mais amplamente discutido nos dias atuais e consiste na utilização de efluentes que foram submetidos a um processo de tratamento. Em função da complexidade da atividade na qual se pretende aplicar a prática de reúso é necessário conduzir um estudo detalhado para implantar cada uma das opções disponíveis. Em muitos casos, pode ser necessário promover alterações nos pro-

cedimentos de coleta e armazenagem de efluentes, principalmente quando o enfoque é o reúso em cascata.

Dentro da filosofia de minimização da demanda de água e da geração de efluentes, é importante que seja priorizado o reúso em cascata pois ao mesmo tempo em que o consumo de água é minimizado o volume de efluente a ser tratado é reduzido.

Cabe observar que, à medida que a demanda de água e a geração de efluentes são reduzidas, ocorre uma elevação na concentração de contaminantes no efluente remanescente, uma vez que a carga de contaminantes não se altera. Isto implica no fato da opção pelo reúso de efluentes tratados só poder ser analisada após avaliação e implantação de todas as alternativas para a otimização do uso da água e minimização de efluentes por meio do reúso em cascata.

A elevação da concentração de contaminantes específicos é uma condição que limita o potencial de reúso e caso ela não seja devidamente considerada, poderá comprometer o desenvolvimento das atividades nas quais a água de reúso será aplicada.

7.4.5.1 Reúso em Cascata

Para que seja avaliado o potencial de reúso de água em cascata é necessário que se disponha dos dados referentes às características do efluente disponível e dos requisitos de qualidade de água no processo no qual se pretende fazer o reúso.

Em uma estimativa inicial, a caracterização completa do efluente seria muito onerosa, de modo que a estratégia a ser utilizada deve considerar, inicialmente, algum parâmetro crítico, ou então, parâmetros gerais que possam representar com segurança um determinado grupo de substâncias.

Como parâmetros indicadores, pode-se lançar mão da condutividade elétrica ou da concentração de sais dissolvidos totais, que representam, com segurança, os compostos inorgânicos e a medida da demanda química de oxigênio, que pode ser utilizada para representar as substâncias orgânicas. Além destes, a medida do pH, turbidez e cor também podem ser úteis no estágio inicial para a avaliação do potencial de reúso.

Outro aspecto a ser considerado, refere-se à forma utilizada para o gerenciamento dos efluentes, principalmente no que diz respeito à coleta das amostras. Na maioria dos casos, os efluentes gerados nos processos industriais são coletados em tubulações ou sistemas centralizados de drenagem, podendo resultar na mistura entre os efluentes de diversas áreas e processos, dificultando a implantação do conceito de reúso em cascata. Por esta razão, o primeiro passo a ser dado para avaliar o potencial de reúso em cascata é fazer a avaliação individual de cada corrente de efluente por meio de amostragens nos diversos processos e atividades nas quais a água é utilizada.

Durante o estágio de avaliação, deve ser dada ênfase aos processos e atividades que apresentam elevada geração de efluentes, o que pode, em determinadas situações, indicar efluentes com baixas concentrações de contaminantes, além do fato de resultar em um sistema mais simples e econômico devido à economia de escala que se pode obter.

Tão importante quanto a identificação do efluente com potencial para reúso é a identificação da atividade na qual o reúso em cascata será aplicado, devendo haver uma relação direta entre a quantidade e qualidade do efluente disponível, com a demanda e padrões de qualidade exigidos para a aplicação identificada. Em algumas situações, a substituição total da fonte de abastecimento de água por efluentes pode não ser viável,

podendo-se, nestas situações, utilizar os métodos de reúso parcial de efluentes e mistura do efluente com água do sistema de abastecimento, os quais serão abordados mais adiante nesta seção do Manual.

Para aumentar a confiabilidade do sistema de reúso em cascata, principalmente quando as características do efluente podem sofrer variações significativas, recomenda-se a utilização de sistemas automatizados para o controle da qualidade da água de reúso, assim como deve ser prevista a utilização de água do sistema de abastecimento, de maneira a não colocar em risco a atividade desenvolvida.

Qualquer que seja o método de reúso em cascata utilizado é necessário que seja feito o acompanhamento do desempenho da atividade na qual a água de reúso está sendo utilizada, de maneira a consolidar ou efetuar ajustes no processo e assim garantir o sucesso do programa de reúso.

Em todos os casos se recomenda a realização de ensaios de bancada e piloto, antes da implantação de toda a infra-estrutura que viabilize a prática do reúso em cascata. Verificada a viabilidade técnica de aplicação do reúso em cascata deverão ser efetuadas as alterações nos procedimentos de coleta, armazenagem e transporte dos efluentes, visando a sua implantação.

Reúso Parcial de Efluentes

Consiste na utilização de apenas uma parcela do efluente gerado para reúso. Este procedimento é indicado quando, no processo de geração de efluentes, a concentração do contaminante varia com o tempo, ou seja, a sua concentração diminui à medida que o processo se desenvolve. Esta situação é comum nas operações periódicas de lavagem, nas quais há alimentação de água e descarte do efluente de forma contínua.

Em muitas indústrias é comum o uso de reatores e tanques de mistura com grande capacidade, para a obtenção e armazenagem dos mais diversos tipos de produtos. Em todos os casos, após a utilização destes componentes, é necessário promover a lavagem destes dispositivos de maneira a possibilitar o seu uso em uma próxima campanha de produção, sem que haja risco de contaminação dos produtos a serem obtidos ou comprometer a qualidade das substâncias a serem manipuladas.

Este fato pode ser evidenciado ao se analisar o caso de equipamentos de grande volume, onde a operação de um processo de lavagem que utiliza a água para promover a remoção e transporte dos contaminantes, promove a variação da concentração do contaminante no efluente com o tempo, sendo que a concentração no início da operação é elevada, podendo sofrer uma redução exponencial à medida que a operação se desenvolve.

Este fato pode ser comprovado com a elaboração de um balanço de massa, para um contaminante específico no equipamento de grande capacidade onde ocorra acúmulo de água durante o processo de lavagem. A realização do balanço de massa irá conduzir ao desenvolvimento de uma expressão que relaciona a concentração de um contaminante no efluente e o tempo de lavagem.

Após a análise gráfica, verifica-se que a variação da concentração de um contaminante qualquer no efluente produzido em uma operação do processo de lavagem varia de forma exponencial, com uma redução acentuada nos primeiros instantes da lavagem. Este fenômeno é um indicativo do potencial de aproveitamento de uma parcela do

efluente gerado, seja na própria operação de lavagem, ou em uma outra operação.

A obtenção do volume de efluente que poderia ser reutilizado pode ser feita na prática ou por meio de uma modelagem do sistema, ressaltando-se que, no caso da opção pela modelagem do sistema, os resultados obtidos deverão ser confirmados ou ajustados para as condições reais.

A modelagem do sistema é obtida com base em um balanço de massa e de vazões nos equipamentos e no tanque de armazenagem ou de água de reúso. Para que se possa obter a variação da concentração do contaminante na água de reúso, devem ser considerados: o tempo de detenção hidráulico nos equipamentos, a concentração inicial do contaminante nos equipamentos e a vazão e concentração do contaminante do processo de lavagem.

Por meio da utilização de dados do processo, é possível avaliar qual será a variação da concentração de um contaminante específico no efluente que deixa o equipamento e daquele acumulado no tanque de reúso. Por meio desta modelagem também é possível avaliar a variação da concentração do contaminante no tanque de reúso, considerando-se o descarte do efluente do equipamento no início da operação do processo de lavagem.

Mistura do Efluente com Água do Sistema de Abastecimento

Em algumas situações, o efluente gerado em um processo qualquer pode apresentar características bastante próximas dos requisitos de qualidade da água exigidos para uma determinada aplicação, mas que ainda não são suficientes para possibilitar o reúso, ou então, a quantidade de efluente não é suficiente para atender à demanda exigida. Para estas condições pode-se promover a mistura do efluente gerado com a água proveniente do sistema de abastecimento, de maneira a adequar as características do efluente aos requisitos do processo.

Os benefícios desta prática estão relacionados com a redução da demanda de água proveniente do sistema de abastecimento e com a redução da geração de efluentes.

É importante observar que a adoção desta alternativa também requer um programa de monitoração adequado, de maneira que seja possível garantir uma água de reúso com qualidade constante ao longo do tempo, por meio da variação da relação entre os volumes de efluente e de água do sistema de abastecimento.

Qualquer que seja o método de reúso em cascata utilizado é necessário que seja feito o acompanhamento do desempenho da atividade na qual a água de reúso está sendo utilizada, de maneira a consolidar ou efetuar ajustes no processo e assim garantir o sucesso do programa de reúso.

Em todos os casos se recomenda a realização de ensaios de bancada e piloto, antes da implantação de toda a infra-estrutura que viabilize a prática do reúso em cascata. Verificada a viabilidade técnica de aplicação do reúso em cascata deverão ser efetuadas as alterações nos procedimentos de coleta, armazenagem e transporte dos efluentes, visando a sua implantação.

Para aumentar a confiabilidade do sistema de reúso em cascata, principalmente quando as características do efluente podem sofrer variações significativas, recomenda-se a utilização de sistemas automatizados para o controle da qualidade da água de reúso, assim como deve ser prevista a utilização de água do sistema de abastecimento, de maneira a não colocar em risco a atividade desenvolvida.

7.4.5.2 Reúso de Efluentes Tratados

Considerando-se que, inicialmente, deve-se priorizar o reúso de efluentes sem qualquer tipo de tratamento adicional, ou então, após a utilização de procedimentos simplificados para o ajuste de alguns parâmetros de qualidade como, por exemplo, o valor do pH e a concentração de microrganismos, é necessário avaliar qualitativa e quantitativamente o efluente disponível na instalação após o seu tratamento.

De uma maneira geral, a prática do reúso só poderá ser aplicada caso as características do efluente disponível sejam compatíveis com os requisitos de qualidade exigidos pela aplicação na qual se pretende usar o efluente como fonte de abastecimento. Isto implica na necessidade de identificar as demandas potenciais para o efluente disponível. Para a prática de reúso de efluentes é necessária uma avaliação das características do efluente disponível e dos requisitos de qualidade exigidos para a aplicação que se pretende, podendo, então, o efluente ser encaminhado, nas condições em que se encontra, da estação de tratamento até o ponto em que será utilizado.

A identificação das possíveis aplicações para o efluente pode ser feita por meio da comparação entre parâmetros genéricos de qualidade, exigidos pela aplicação na qual se pretende fazer o reúso, assim como os parâmetros do próprio efluente.

Dentre os diversos parâmetros de qualidade que podem ser utilizados para a identificação de aplicações potenciais para o reúso de efluentes, a concentração de Sais Dissolvidos Totais (SDT) pode ser o mais adequado. Isto se justifica em razão da concentração de SDT ser utilizada como um parâmetro restritivo para o uso da água nas diversas aplicações industriais, além da limitação que os processos de tratamento de efluentes, mais comumente utilizados, apresentam para remover este tipo de contaminante.

Outro fator que justifica o uso da concentração de SDT na avaliação do potencial de reúso de efluentes, está associado ao aumento de sua concentração pois à medida que o reúso do efluente é efetuado, uma carga adicional de sais vai sendo incorporada seja devido ao processo de evaporação da água ou pela adição de compostos químicos.

Desta forma, para que a prática do reúso seja sustentável, é de fundamental importância que a evolução da concentração de SDT no sistema seja devidamente avaliada. Isto irá permitir a determinação do máximo potencial de reúso de efluentes, sem que os padrões de qualidade requeridos para uso e os limites máximos para lançamento de efluentes sejam ultrapassados.

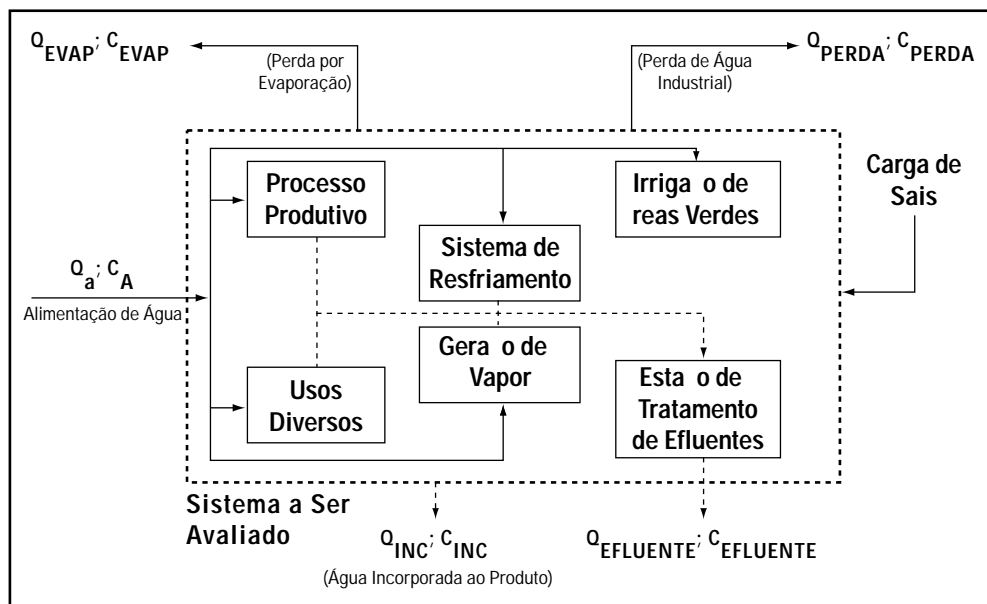
A evolução da concentração de SDT em um sistema onde a prática de reúso é utilizada pode ser obtida por meio de um balanço de massa. A partir deste balanço de massa, com base nos dados disponíveis sobre demanda de água, perda por evaporação e efluentes lançados para o meio ambiente, podem-se obter a carga de SDT que é incorporada à água nos diversos processos produtivos desenvolvidos.

Uma vez obtida a carga de SDT incorporada ao sistema, deve-se avaliar a variação da concentração de SDT no efluente e na água de reúso em função da fração de efluente que é recirculada, o que também é realizado por meio de um balanço de massa. Por meio deste balanço de massa é feita a distinção entre os processos que utilizam água industrial ou potável daqueles processos que irão utilizar a água de reúso, conforme diagramas apresentados em seguida.

As equações para a obtenção das vazões de efluente para reúso, assim como para a variação da concentração de contaminantes nas diversas correntes envolvidas podem ser solucionadas em planilhas eletrônicas usuais (ex. Excel).

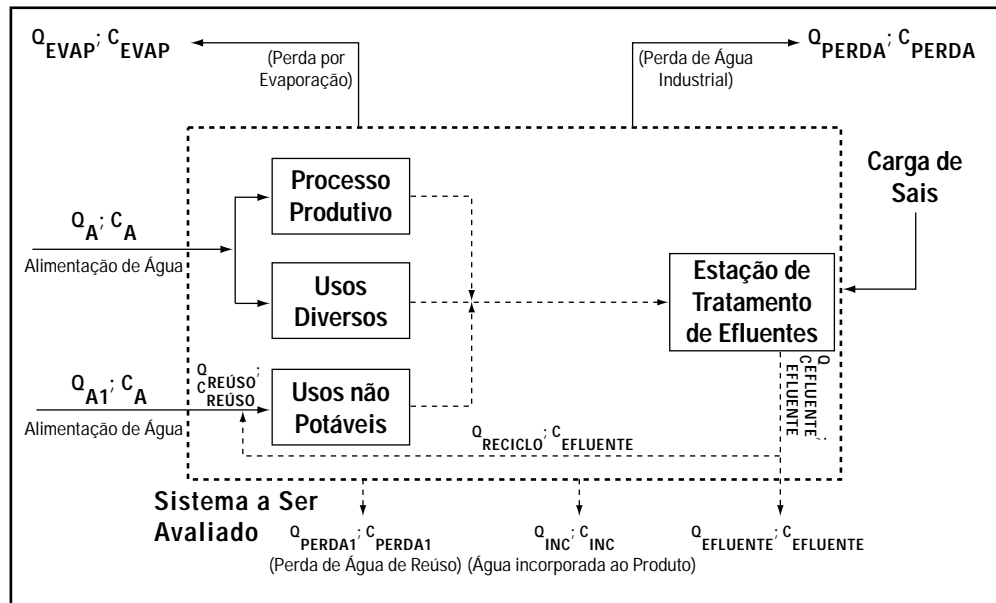
Cabe ressaltar, apenas, que para cada caso devem ser desenvolvidos diagramas específicos para a obtenção das equações que serão utilizadas no balanço de massa, no entanto, tais diagramas serão uma variante dos exemplos mostrados na figura a seguir.

Figura 8: Diagrama esquemático para a obtenção da carga de SDT incorporada em um sistema produtivo.



* Q – Vazão; C=Carga.

Figura 9: Diagrama esquemático para a obtenção da variação da concentração de SDT no efluente e na água de reúso, com o reúso de efluentes.



Reúso de efluentes após tratamento adicional

Em alguns casos poderá ser necessário desenvolver um programa de reúso de efluentes que considere a utilização de sistemas complementares de tratamento, cujo principal objetivo é possibilitar a redução da concentração de um contaminante específico. Nesta situação, em função da eficiência de remoção do contaminante de interesse, o potencial de reúso pode ser ampliado uma vez que é possível obter um efluente final que atenda aos requisitos de qualidade de outras atividades.

Para esta condição, a avaliação do potencial de reúso segue o mesmo roteiro que o apresentado para a determinação do potencial de reúso de efluentes tratados, sendo apenas incluído no diagrama do balanço de massa o processo de tratamento selecionado, o que irá depender da eficiência do sistema de tratamento utilizado.

Se o processo de tratamento utilizado promover a eliminação dos contaminantes de interesse, pode-se obter um efluente tratado com características equivalentes à água que alimenta toda a unidade industrial. Isto possibilitaria o reúso de todo o efluente tratado, sendo necessário repor no sistema as perdas de água que ocorrem no processo e a quantidade que é descartada juntamente com o efluente da unidade de tratamento.

Qualquer que seja a estratégia adotada é de fundamental importância que a prática de reúso seja devidamente planejada, a fim de que sejam obtidos os máximos benefícios associados e para que ela possa ser sustentável ao longo do tempo.

Assim sendo, antes que a avaliação do potencial de reúso do efluente disponível na indústria seja iniciada, é necessário que todos os fatores que possam influenciar em sua quantidade e composição sejam devidamente contemplados.

Isto implica dizer que, necessariamente, a avaliação do potencial de reúso de efluentes deve ser posterior a qualquer alternativa de racionalização do uso da água e de reúso de efluentes em cascata, já que estas irão afetar, de forma significativa, tanto a quantidade como a qualidade do efluente.

7.4.6 Produtos

O resultado da Etapa 3, Avaliação da Oferta, é a análise quantitativa e qualitativa das possibilidades de oferta de água, da qual resultam os seguintes parâmetros:

- possibilidade de abastecimento através de concessionária (água potável e água de reúso);
- possibilidade de captação direta e tratamento necessário;
- possibilidade do uso de águas subterrâneas;
- volume de reservação de águas pluviais e possíveis aplicações;
- formas de segregação dos efluentes gerados;
- possibilidades de reúso, aplicações e tecnologias necessárias;
- redução do volume de efluentes após a incorporação de cada uma das ações;
- investimentos necessários;
- períodos de retorno estimados.

Com a avaliação das ofertas de água são consolidados os dados e análises técnicas para a montagem de configurações possíveis de serem implementadas.

7.5. ETAPA 4: Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica

O Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica deverá fornecer os subsídios necessários para a consolidação do Programa de Conservação e Reúso de Água e o planejamento das ações de implantação do mesmo, com ênfase nos maiores consumidores, bem como para a imediata geração de economias, com baixos investimentos e períodos de atrativos de retorno.

Entre as diversas combinações possíveis para suprimento das necessidades de consumo de água de uma indústria, deverão ser selecionadas as opções que apresentarem melhor viabilidade técnica e econômica, das quais serão geradas diretrizes e especificações a serem atendidas pelos projetos específicos de implementação do Programa.

Do ponto de vista técnico e operacional, a adoção de qualquer estratégia que vise a implantação de práticas de conservação deve considerar todas as alterações que poderão decorrer das mesmas, ressaltando-se que a limitação para a sua aplicação estará diretamente associada aos custos envolvidos.

De maneira geral, a primeira pergunta que se faz quando do desenvolvimento de Programas de Conservação e Reúso de Água é qual será o custo para a sua implantação.

Muito embora os objetivos da racionalização do uso da água e redução de efluentes estejam diretamente associados ao melhor aproveitamento dos recursos naturais e conseqüentemente à redução de custos, para que estes benefícios possam ser atingidos é necessário que seja feito um investimento inicial.

A demanda por recursos financeiros está associada, entre outras, às etapas de diagnóstico da situação presente em relação ao consumo de água e geração de efluentes, avaliação de opções potenciais, implantação da alternativa mais viável e monitoração dos resultados obtidos.

Uma confusão que geralmente se faz quando da avaliação econômica para a implantação da prática de reúso é considerar os custos associados ao sistema de tratamento de efluentes nesta avaliação, quando, na verdade, estes custos devem ser assumidos pela empresa independente da adoção ou não da prática de reúso. O que pode ocorrer é um investimento adicional para a implantação de sistemas avançados de tratamento de efluentes, em função da qualidade da água requerida para determinadas atividades.

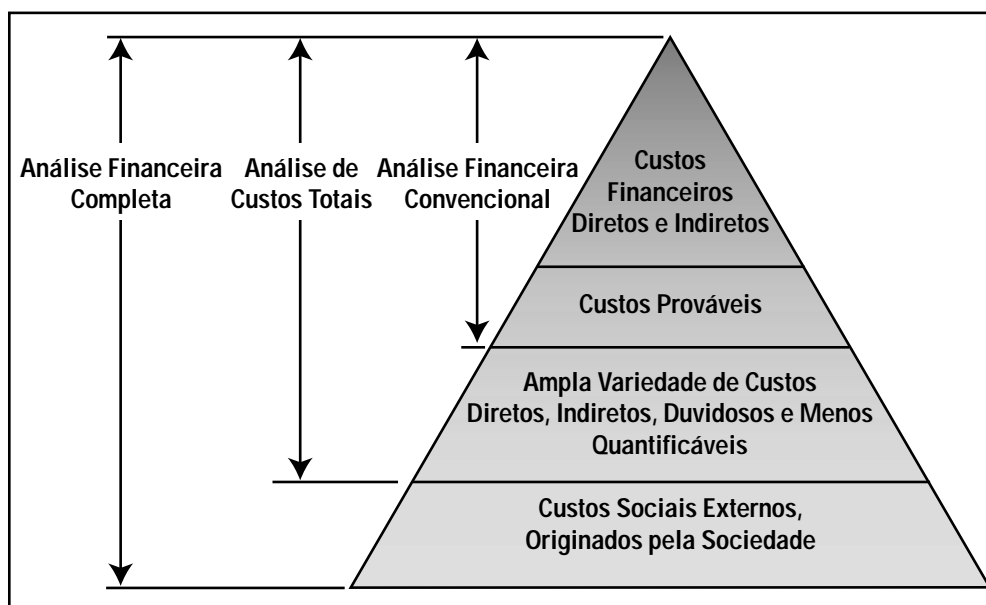
Numa avaliação econômica convencional a tomada de decisão sobre a implantação, ou não, de qualquer atividade ou projeto depende, basicamente, do montante de recursos, em geral financeiros, a ser investido e do retorno que se espera obter após a implantação desta mesma atividade ou projeto. Nesta situação, a decisão depende de uma análise comparativa entre os custos e benefícios diretamente relacionados à implantação da atividade ou projeto. Por outro lado, quando as questões ambientais estão envolvidas no processo de tomada de decisão, os conceitos de custo e benefício adquirem uma outra dimensão.

Isto se justifica, pois em uma avaliação econômica clássica são considerados apenas os custos e benefícios diretamente associados às atividades em estudo podendo-se, em alguns casos, ser considerados os custos e benefícios indiretos. Já em uma avaliação onde as questões ambientais estão envolvidas, além dos custos mencionados, também devem ser considerados os custos e benefícios intangíveis, os quais são difíceis de avaliar em termos financeiros, muito embora sejam facilmente verificados que existem.

Com a crescente disseminação de conceitos sobre a prevenção da poluição, a gestão ambiental e a eco-eficiência, foram desenvolvidas novas ferramentas que visam incorporar os custos e benefícios menos prontamente quantificáveis à avaliação econômica tradicional.

A figura 10 mostra a relação entre essas novas ferramentas de avaliação e aquelas tradicionalmente utilizadas em avaliações econômicas.

Figura 10: Relação entre as ferramentas de avaliação econômica



Na análise econômica, os fatores menos prontamente identificáveis ou de difícil mensuração, produzem custos e/ou benefícios que poderiam ser omitidos da análise convencional. Alguns custos são, durante a realização de uma avaliação econômica, perdidos ou incluídos nas contas de despesas gerais, enquanto outros são completamente ignorados, devido às incertezas envolvidas.

Assim sendo, para a obtenção de resultados mais precisos na avaliação econômica de alternativas relacionadas à otimização do uso da água e minimização da geração de efluentes, deve-se considerar os seguintes custos :

- Custos diretos: custos identificados em uma análise financeira convencional como, por exemplo, capital investido, matéria-prima, mão de obra e custos de operação, entre outros;
- Custos indiretos: custos que não podem ser diretamente associados aos produtos, processos, ou instalações como um todo, alocados como despesas gerais, tais como os custos de projeto, custos de monitoração e de descomissionamento;
- Custos duvidosos: custos que podem, ou não, tornarem-se reais no futuro. Esses podem ser descritos qualitativamente ou quantificados em termos da expectativa de sua magnitude, frequência e duração. Como exemplo, podem-se incluir os custos originados em função do pagamento de indenizações e/ou multas resultantes de atividades que possam comprometer o meio ambiente e a saúde da população;
- Custos intangíveis: são os custos que requerem alguma interpretação subjetiva para a sua avaliação e quantificação. Esses incluem uma ampla gama de considerações estratégicas e são imaginados como alterações na rentabilidade. Os exemplos mais comuns referem-se aos custos originados em função da mudança da imagem corporativa da empresa, relação com os consumidores, moral dos empregados e relação com os órgãos de controle ambiental.

Outros aspectos que devem ser analisados a fim de se obter um crescimento sustentável e lucrativo, tais como:

- Redução de prêmios de seguros pagos (trata-se de uma tendência, seguradoras tendem a levar em conta que os riscos são menores para as empresas que possuem sistemas de gestão ambiental);
- Diminuição de interrupções do funcionamento devido a problemas ambientais;
- Redução das reservas para pagamento de multas ambientais;
- Redução de custos que vão desde os ocultos, aqueles que não estão diretamente visíveis e associados ao produto, processo ou serviço; de custos menos tangíveis, são aqueles cuja quantificação é bastante difícil de ser realizada, porém sendo fácil perceber a sua existência, tais como o desgaste de uma marca em decorrência de problemas ambientais, má vontade da comunidade e órgãos do governo, até custos financeiros;
- Diminuição dos conflitos pelo uso da água entre os usuários da bacia hidrográfica.

Mais recentemente, com a implantação dos Sistemas Nacional e Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, um outro fator a ser considerado na avaliação financeira dos programas de conservação e reúso de água refere-se à cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

Pelo exposto, do ponto de vista financeiro, a opção pela implantação de iniciativas de conservação e reúso de água deve levar em consideração os vários custos e benefícios envolvidos, os quais deverão ser comparados com aqueles resultantes da opção pela não implantação de qualquer medida de conservação e reúso.

7.5.1. Estabelecimento de Configurações

Um adequado Programa de Conservação e Reúso de Água será consolidado a partir do estabelecimento de uma matriz de configurações possíveis de atuação na demanda e na oferta. O processo se inicia com a caracterização da condição atual de utilização da água. As demais configurações devem ser estabelecidas de acordo com:

- possibilidades de atuação gradativa, com início nas ações de racionalização do consumo de água; e
- implementação do uso de fontes alternativas buscando a otimização do volume consumido e captado e a minimização dos efluentes gerados. As configurações devem ser estabelecidas de acordo com metas avaliadas a cada intervenção implementada. Em cada configuração devem ser também consideradas:
 - as tecnologias disponíveis e sua operacionalidade;
 - os investimentos necessários;
 - gestão da operação e manutenção;
 - economia gerada e períodos de retorno do investimento.

Uma vez consolidada as diversas configurações de ações para otimização do consumo e uso de fontes alternativas, é feita uma avaliação comparativa para a escolha da mais adequada, considerando os aspectos técnicos, operacionais e econômicos e a funcionalidade e gestão das ações.

7.6. ETAPA 5: Detalhamento e Implantação de PCRA

Em função da configuração selecionada, das metas de redução estabelecidas e da disponibilidade de investimento, são detalhadas as ações tecnológicas a serem implementadas. Cabe ressaltar que muitas vezes a implementação das ações é realizada gradativamente de forma que as economias geradas por cada ação previamente planejada e consolidada, gere economias que viabilizem a ação seguinte prevista no programa.

O detalhamento das ações contempla:

- cronograma de implantação das atividades para elaboração de fluxo de caixa;
- especificação do sistema de setorização para monitoramento do consumo;
- detalhamento de cada intervenção (elementos gráficos e/ou descritivos);
- especificação de sistemas, materiais e equipamentos a serem instalados;
- elaboração de procedimentos para as atividades consumidoras de água contempladas pelo PCRA;
- manuais de manutenção e operação dos sistemas e equipamentos.

Após o detalhamento das ações, é dado início à implantação do PCRA onde devem ser considerados os seguintes aspectos:

- Implantar as ações imediatas: correção de perdas físicas detectadas e implantação do Plano de Setorização do Consumo (produto da etapa 1). Estas ações já trarão impactos ao consumo de água da indústria;
- Realizar permanentemente ações de conscientização do uso da água que poderão ser realizadas imediatamente ao estabelecimento de uma Política de Gestão da Água;
- Realizar de forma gradativa as ações detalhadas e constantes do PCRA, de acordo com a disponibilidade de investimentos e as prioridades de metas;
- Acompanhar implementação das ações de maneira a garantir total concordância com o projeto executivo.

Dificuldades para Implantação de um PCRA

Da necessidade do desenvolvimento de novos procedimentos relacionados ao uso da água para a execução das atividades industriais e da oportunidade para a criação de novos negócios, aliadas à falta de conhecimento sobre os principais elementos que têm influência sobre os programas de Gestão da Água é que surgem as maiores dificuldades para a adoção das práticas de Conservação e Reúso

De maneira geral, as principais dificuldades relacionadas ao desenvolvimento de programas de conservação e reúso de água nas atividades industriais podem ser divididas em três categorias: dificuldades técnicas, operacionais e econômicas, resumidas na tabela abaixo:

Tabela 8: Principais dificuldades associadas aos Programas de Conservação e Reúso de Água

| | | | |
|---------------------|---------------------|---|---|
| Dificuldades | Técnicas | De Conhecimento | <ul style="list-style-type: none"> - Falta de subsídios necessários para avaliação dos potenciais de atuação, como falta de domínio do uso presente da água e efluentes gerados (demanda e oferta): quantidade e qualidade; - falta de equipe capacitada para manutenção do Programa, entre outros. |
| | | De Autonomia | <ul style="list-style-type: none"> - Falta de autonomia das filiais perante suas matrizes, impossibilitando alterações no processo produtivo, entre outros. |
| | Operacionais | No Processo de Produção | <ul style="list-style-type: none"> - Sistema produtivo inadequado ao Programa de Conservação; - Resistência em mudanças de procedimentos operacionais. - Falta de conscientização de funcionários em relação ao desperdício |
| | Econômicas | Na Aquisição de Equipamentos Na Implantação e Gestão do Programa | <ul style="list-style-type: none"> - Necessidade de recursos para substituição de equipamentos obsoletos. - Necessidade de recursos para viabilizar a avaliação e implantação do Programa de Conservação e Reúso. - Necessidade de capacitação de pessoal para Gestão do Programa. |

7.7. ETAPA 6: Implantação do Sistema de Gestão de Água

Após a implementação das ações de base tecnológica, deve ser implantado o Sistema de Gestão da Água para monitoramento e manutenibilidade dos indicadores de economia obtidos.

Para que um Programa de Conservação e Reúso de Água seja implementado com sucesso, é necessário que seja adotada uma Política de Gestão da Água que possua como premissas básicas:

- Implementação da Política de Conservação de Água pela direção ou responsáveis pela edificação;
- Integração do Plano de Gestão da Água com os demais insumos, de forma que seja possível avaliar os impactos gerados, inclusive, após a aplicação do programa;
- Sinergismo e alinhamento das áreas humanas e técnicas. Atualização constante dos dados. É necessário obter os dados da condição anterior à implantação do Programa para que seja possível mensurar os progressos obtidos e o cumprimento de metas, bem como o planejamento das ações futuras dentro de um plano de melhoria contínua. Divulgação de resultados e campanhas de conscientização;
- Lógicas gradativas de aplicação das intervenções, iniciando-se pelas mais "óbvias", ou as que geram maiores impactos de economia, dentro de períodos de retorno atrativos e menores investimentos;
- Avaliação contínua não só da quantidade de água envolvida nas atividades, mas também, da forma e com que qualidade a mesma é utilizada. Para tal, é necessário que seja feito, continuamente, o seguinte questionamento: "este processo ou equipamento ou atividade

de específica – há como otimizá-lo para aumento de desempenho e redução do consumo de água?";

- Estabelecimentos de políticas permanentes de monitoramento do consumo e manutenção preventiva de sistemas, equipamentos e componentes;
- Avaliação contínua dos custos envolvidos considerando o real custo da água, o qual pode ser uma composição de custos, como exemplo: custo da água, custo de resfriamento e aquecimento, custo de tratamento, custo de bombeamento, custos de tratamento de efluentes e disposição final;
- Avaliação do custo do ciclo de vida das opções de Conservação de Água – não se deve apenas considerar os investimentos iniciais. Muitas ações que parecem inicialmente proibitivas no aspecto econômico tornam-se viáveis quando amortizadas pela vida útil dos equipamentos;
- Capacitação contínua dos profissionais de manutenção e daqueles envolvidos em processos / atividades consumidoras;
- Divulgação das diretrizes básicas, metas e economias geradas aos usuários internos e externos à entidade;
- Acompanhamento dos indicadores de consumo de indústrias similares para efeito de comparação ("benchmarking").

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca constante pela eficiência produtiva é uma meta do setor industrial.

A água é um insumo vital às atividades e operações de qualquer setor industrial. No entanto, o panorama de escassez hídrica, principalmente nos grandes centros urbanos, somado à rigidez das legislações, que deve ser cada vez maior tendo em vista o cenário ambiental insustentável, bem como os custos relativos à outorga pelo uso e cobrança da água, vêm incentivando a busca por soluções que viabilizem as atividades industriais, seja no aspecto econômico, como no ambiental e social.

Dentro deste objetivo, a implantação de Programas de Conservação e Reúso de Água deve ser entendida como uma ferramenta de gestão a ser utilizada pela indústria como diferencial de competitividade e produtividade.

O conceito do Programa é o de se avaliar de maneira sistêmica os usos e disponibilidades da água, de forma a atingir o menor consumo e os menores volumes de efluentes gerados, implicando, de maneira direta, em menores impactos ambientais. Além disto, os benefícios econômicos obtidos são facilmente mensuráveis no que diz respeito à redução dos custos com a gestão da água e à valorização agregada aos produtos pela eficiência produtiva, entre outros.

A viabilidade das soluções tecnológicas deve considerar os aspectos relativos à gestão da água e a operacionalidade e funcionalidade do sistema, garantindo a eficiência do Programa. Além das questões tecnológicas, existem as questões comportamentais que devem ser acompanhadas. Constantes treinamentos e reciclagem profissional proporcionam que a equipe engajada na gestão da água esteja constantemente atualizada. Por outro lado, há necessidade de conscientizar os demais funcionários que de alguma forma têm contato com a água, pois além de refletirem seu comportamento no uso adequado da água, poderão externar os conceitos obtidos à comunidade circunvizinha a unidade industrial, auxiliando e adicionando valores à indústria no que diz respeito à responsabilidade social.

Cabe ainda ressaltar que a adoção de uma política ambiental apropriada, dentro da qual se insere um Sistema de Gestão da Água, deve ser cada vez mais um fator decisivo na competitividade entre as indústrias, principalmente as do mesmo segmento, podendo inclusive interferir na escolha de um produto pelos consumidores finais. Recomenda-se, portanto, que o setor industrial adote 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.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DOCUMENTO TÉCNICO DE APOIO A4 - BIBLIOGRAFIA ANOTADA (revisão e aperfeiçoamento) - através do site www.pncda.gov.br .
- DOCUMENTO TÉCNICO DE APOIO F2 – PRODUTOS ECONOMIZADORES DE ÁGUA NOS SISTEMAS PREDIAIS - através do site www.pncda.gov.br .
- DOCUMENTO TÉCNICO DE APOIO F3 – CÓDIGO DE PRÁTICA DE PROJETO E EXECUÇÃO DE SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA – CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES - através do site www.pncda.gov.br .
- COMPASS RESOURCE MANAGEMENT. **Total Cost Assessment Guidelines (Draft)**. Material das Sessões de Treinamento Pós-Conferência. Conferência das Américas sobre Produção + Limpa. 21/08/1998. Realização CETESB/SMA - USEPA; PNUMA; USAID;
- CROOK, J. **Water Reclamation and Reuse**, Chapter 21 of Water Resources Handbook, Larry W. Mays, McGraw-Hill, 1996. p. 21.1 - 21.36.
- EPA. **Handbook on Pollution Prevention Opportunities for Bleached Kraft Pulp and Paper Mills**, United States Environmental Protection Agency, Office of Research and Development; Office of Enforcement: Washington, DC, June 1993.
- HELMER, R e HESPANHOL, I. **Water Pollution Control - A guide to the use of water quality management principles**, WHO/UNEP, 1997. 510p.
- HESPANHOL, I. **Guidelines and Integrated Measures for Public Health Protection in Agricultural Reuse Systems**, J. Water SRT-Aqua, Vol. 39, No. 4. 1990. p. 237-249.
- HESPANHOL, I. **Desenvolvimento Sustentado e Saúde Ambiental**, Revista Politécnica - Tecnologia e Ambiente: Confronto ou Interação - no 204/205, janeiro/junho de 1992. p. 66-72.
- HESPANHOL, I. **Esgotos como Recurso Hídrico: Parte I: Dimensões políticas, institucionais, legais, econômico-financeiras e sócio-culturais**, Engenharia - Revista do Instituto de Engenharia, Ano 55, No 523., 1997. p. 45-58.
- HESPANHOL, I. **Água e Saneamento Básico no Brasil: Uma Visão Realista**, Capítulo 8 de Águas Doces do Brasil – Capital Ecológico, Uso e Conservação: Academia Brasileira de Ciências – Instituto de Estudos Avançados da USP, Escrituras Editora: São Paulo, 1999. 717 p.
- METCALF & EDDY (2003). **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. 4a. ed.. McGraw-Hill p. 1382-1383.
- MIERZWA, J.C. et. al. **Tratamento de Rejeitos Gerados em Processos de Descontaminação que utilizam o Ácido Cítrico como Descontaminante**. Symposium of Nuclear Energy and the Environment, Rio de Janeiro - Brasil, 27/06 - 01/07 de 1993.
- MIERZWA, J.C. **Estudo Sobre Tratamento Integrado de Efluentes Químicos e Radioativos, Introduzindo-se o Conceito de Descarga Zero**, São Paulo: 1996 Tese (Mestrado), IPEN/CNEN-SP - Universidade de São Paulo, 1996. 171p.
- MIERZWA, J.C. e HESPANHOL, I. **Programa para Gerenciamento de Águas e Efluentes nas Indústrias, Visando ao Uso Racional e à Reutilização**, Revista Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, Vol. 4, no 1 e 2 Jan/Mar. e Abr/Jun., 2000, p. 11 - 15.

- MIERZWA, J.C. Tratamento da Água na Manipulação Magistral, Revista Racine, ano X, no 57, julho/agosto, 2000.
- MIERZWA, J.C.; SANDRA BELLO, .G. *Tratamento de Rejeitos e Efluentes do Laboratório de Materiais Nucleares (LABMAT), Utilizando os Processos de Precipitação Química, Osmose Reversa e Evaporação*, Anais do XII ENFIR, VIII CGEN e V ENAN, Rio de Janeiro, Brasil, 15 a 20 de outubro de 2000.
- MILLARD, A. *Compton's Interactive Encyclopedia*, CD-ROM, Compton's NewMedia, Inc., 1995.
- NALCO *The Nalco Water Handbook*, Second Edition, NALCO Chemical Company - Editor Frank N. Kemmer, McGraw-Hill Book Company, 1988.
- NEMEROW, N.L and DASGUPTA, A. *Industrial and Hazardous Waste Treatment*, Van Nostrand Reinhold: New York, 1991, 743p.
- NORDELL, E. *Water Treatment for Industrial and Other Uses*, Second Edition - Reinhold Publishing Corporation: New York, 1961, 598p.

ANEXOS

ANEXO I

Tabela 5 - Necessidade de Água por Algumas Indústrias no Mundo

ANEXO II

Aspectos Tecnológicos da Conservação e Reúso de Água

ANEXO I

TABELA 5: Necessidade de Água por algumas indústrias no mundo

| Indústria, Produto e País | Unidade de Produção (Tonelada, exceto quando especificado) | Necessidade de Água por Unidade de Produção (Litros) |
|--------------------------------|--|--|
| PRODUTOS ALIMENTÍCIOS | | |
| Pães ou Massas, Bélgica | | 1.100 |
| Pães, Estados Unidos | | 2.100 – 4.200 |
| Pães, Chipre | | 600 |
| COMIDA ENLATADA | | |
| <i>Bélgica:</i> | | |
| Peixe, enlatado | | 400 |
| Peixe, em conserva | | 1.500 |
| Frutas | | 15.000 |
| Vegetais | | 8.000 – 80.000 |
| <i>Chipre:</i> | | |
| Suco de tomate e cítricos | | 2.800 |
| Grapefruit, pedaços | | 16.000 |
| Pêssegos e pêras | | 10.000 |
| Uvas | | 30.000 |
| Tomates inteiros | | 2.000 |
| Extrato de tomate | | 21.000 |
| Ervilhas | | 10.000 |
| Cenouras | | 16.000 |
| Espinafre | | 30.000 |
| <i>Israel:</i> | | |
| Frutas cítricas | tonelada de cítricos no estado natural | 4.000 |
| Vegetais | | 10.000 – 15.000 |
| <i>Estados Unidos</i> | | |
| Damasco | | 21.200 |
| Aspargos | | 20.500 |
| Beterrabas, milho e ervilhas | | 7.000 |
| Suco de grapefruit | | 2.800 |
| Grapefruit, pedaços | | 15.600 |
| Pêssegos e pêras | | 18.100 |
| Abóboras | | 7.000 |
| Espinafre | | 49.400 |
| Derivados do tomate | | 20.500 |
| Tomates inteiros | | 2.200 |
| CARNE | | |
| Carne congelada, Chipre | tonelada de carcaça | 500 |
| Carne congelada, Nova Zelândia | | 3.000 – 8.600 |
| Carne embalada, Estados Unidos | tonelada de carne preparada | 23.000 |
| Carne embalada, Canadá | tonelada de carcaça | 8.800 – 34.000 |
| Derivados de carne, Bélgica | tonelada de carne preparada | 200 |
| Fábrica de salsicha, Finlândia | | 20.000 – 35.000 |
| Fábrica de salsicha, Chipre | | 25.000 |
| Matadouro, Finlândia | tonelada do animal vivo | 4.000 – 9.000 |
| Matadouro, Chipre | tonelada de carcaça | 10.000 |
| Carne conservada, Israel | tonelada de carne preparada | 10.000 |

(Continua)

| Indústria, Produto e País | Unidade de Produção (Tonelada, exceto quando especificado) | Necessidade de Água por Unidade de Produção (Litros) |
|--|---|---|
| PEIXE | | |
| Peixe fresco e congelado, Canadá | | 30.000 – 300.000 |
| Peixe enlatado, Canadá | | 58.000 |
| Conserva e preservação de peixes, Israel | | 16.000 – 20.000 |
| AVES | | |
| Aves, Canadá | | 6.000 – 43.000 |
| Frangos, Israel | tonelada de frango depenado | 33.000 |
| Frangos, Estados Unidos | por ave | 25 |
| Perus, Estados Unidos | por ave | 75 |
| LEITE E DERIVADOS | | |
| Manteíga: | | |
| Nova Zelândia | | 20.000 |
| Queijo: | | |
| Chipre | | 10.000 |
| Nova Zelândia | | 2.000 |
| Estados Unidos | | 27.500 |
| Leite: | | |
| Bélgica | 1.000 litros | 7.000 |
| Finlândia | | 2.000 – 5.000 |
| Israel | | 2.700 |
| Suécia | | 2.000 – 4.000 |
| Estados Unidos | | 3.000 |
| Leite em Pó: | | |
| Nova Zelândia | | 45.000 |
| África do Sul | | 200.000 |
| Coalhada, Estados Unidos | | 10.000 |
| Laticínios em geral, Canadá | | 12.200 |
| Sorvetes, Estados Unidos | | 10.000 |
| Iogurte, Chipre | | 20.000 |
| AÇÚCAR | | |
| Dinamarca | tonelada de beterrabas | 4.800 – 15.800 |
| Finlândia | tonelada de beterrabas | 10.000 – 20.000 |
| França | tonelada de beterrabas | 10.900 |
| Alemanha | tonelada de beterrabas | 10.400 – 14.000 |
| Grã Bretanha | tonelada de beterrabas | 14.900 |
| Israel | tonelada de beterrabas | 1.800 |
| Itália | tonelada de beterrabas | 10.500 – 12.500 |
| China | tonelada de cana-de-açúcar | 15.000 |
| Estados Unidos | tonelada de beterrabas | 3.200 – 8.300 |

(Continua)

| Indústria, Produto e País | Unidade de Produção (Tonelada, exceto quando especificado) | Necessidade de Água por Unidade de Produção (Litros) |
|---|--|---|
| BEBIDAS | | |
| <i>Cerveja:</i> | | |
| Israel | 1.000 litros | 13.500 |
| Reino Unido | 1.000 litros | 6.000 – 10.000 |
| Estados Unidos | 1.000 litros | 15.200 |
| <i>Whisky, Estados Unidos</i> | 1.000 litros | 2.600 – 76.000 |
| <i>Destilados Alcoólicos, Israel</i> | 1.000 litros | 30.000 |
| <i>Vinho, França</i> | 1.000 litros | 2.900 |
| <i>Vinho, Israel</i> | 1.000 litros | 500 |
| PRODUTOS ALIMENTÍCIOS DIVERSOS | | |
| Chocolates e confeitos, Bélgica | | 15.000 – 17.000 |
| Gelatina Comestível, Estados Unidos | | 55.100 – 83.500 |
| Farinha de trigo, Chipre | | 2.000 |
| Farinha de trigo, Israel | | 700 – 1.300 |
| Farinha de Batata, Finlândia | tonelada de batatas | 10.000 – 20.000 |
| Amido de Batata, Canadá | tonelada de amido | 80.000 – 150.000 |
| Macarrão, Chipre | | 1.200 |
| Melado, Bélgica | hectolitro de material bruto | 1.000 – 12.200 |
| Melado, Estados Unidos | hectalitro de produto | 840 |
| PAPEL E CELULOSE | | |
| <i>Poupa Mecânica:</i> | | |
| Finlândia | tonelada de polpa de madeira | 30.000 – 40.000 |
| <i>Polpa ao Sulfato:</i> | | |
| China | tonelada de polpa branqueada | 340.000 |
| China | tonelada de polpa parda | 230.000 |
| Finlândia | por tonelada de polpa | 250.000 – 350.000 |
| Suécia | tonelada de polpa parda | 75.000 – 300.000 |
| Suécia | tonelada de polpa branqueada | 170.000 – 500.000 |
| <i>Polpa ao Sulfito:</i> | | |
| Finlândia | tonelada de polpa branqueada | 450.000 – 500.000 |
| Finlândia | tonelada de polpa parda | 250.000 – 300.000 |
| Suécia | tonelada de polpa branqueada | 300.000 – 700.000 |
| Suécia | tonelada de polpa parda | 140.000 – 500.000 |
| <i>Mata borrão, Suécia</i> | | 350.000 – 400.000 |
| <i>Papel Craft para impressão e fino, Finlândia</i> | | 375.000 |
| <i>Papel para impressão, China</i> | | 340.000 |
| <i>Papel jornal, China</i> | | 190.000 |
| <i>Papel jornal, Canadá</i> | | 165.000 – 200.000 |
| <i>Papel fino, China</i> | | 800.000 |
| <i>Papel fino, Suécia</i> | | 900.000 – 1.000.000 |
| <i>Papel Jornal, Suécia</i> | | 200.000 |
| <i>Embalagens e cartuchos de papel cartão, Suécia</i> | | 125.000 |
| <i>Papel para impressão, Suécia</i> | | 500.000 |
| <i>Papel cartão, Finlândia</i> | | 125.000 |
| <i>Papel e papel cartão, Bélgica</i> | | 180.000 |

(Continua)

| Indústria, Produto e País | Unidade de Produção (Tonelada, exceto quando especificado) | Necessidade de Água por Unidade de Produção (Litros) |
|---|---|---|
| PETRÓLEO E COMBUSTÍVEIS SINTÉTICOS | | |
| Gasolina para aviação, Estados Unidos | 1.000 litros | 25.000 |
| Gasolina para aviação, China | 1.000 litros | 25.000 |
| Gasolina, Estados Unidos | 1.000 litros | 7.000 – 10.000 |
| Gasolina, China | 1.000 litros | 8.000 |
| Gasolina e polimerização, Estados Unidos | 1.000 litros | 34.000 |
| Querosene, Bélgica | | 40.000 |
| Gasolina sintética, Estados Unidos | 1.000 litros | 377.000 |
| Extração de petróleo, Estados Unidos | 1.000 litros de petróleo cru | 4.000 |
| <i>Refinarias de Petróleo:</i> | | |
| China | tonelada de petróleo cru | 30.500 |
| Suécia | tonelada de petróleo cru | 10.000 |
| <i>Combustível Sintético:</i> | | |
| A partir do Carvão | | |
| África do Sul | | 50.100 |
| Estados Unidos | 1.000 litros | 265.500 |
| A partir de Gás Natural, Estados Unidos | 1.000 litros | 88.900 |
| A partir do Xisto, Estados Unidos | 1.000 litros | 20.800 |
| INDÚSTRIA QUÍMICA | | |
| Ácido Acético, Estados Unidos | | 417.000 - 1.000.000 |
| Álcool, Estados Unidos | litro | 138 |
| Alumina (Processo Bayer), Estados Unidos | | 26.300 |
| Amônia Sintética, Estados Unidos | tonelada de amônia líquida | 129.000 |
| Amônia a partir de Nafta, Japão | | 255.000 |
| Nitrato de Amônio, Bélgica | | 52.000 |
| Sulfato de Amônio, Estados Unidos | | 835.000 |
| Carbeto de Cálcio, Estados Unidos | | 125.000 |
| Metafosfato de Cálcio, Estados Unidos | | 16.700 |
| Dióxido de Carbono | | 83.500 |
| Soda Cáustica e Cloro, Canadá | | 125.000 |
| Soda Cáustica (Solvey), Estados Unidos | | 60.500 |
| Soda Cáustica, processo Dual, Alemanha | | 160.000 |
| Soda Cáustica, processo Dual, China | | 200.000 |
| Soda Cáustica (Solvey), China | | 150.000 |
| Nitrato de Celulose, Estados Unidos | | 41.700 |

(Continua)

| Indústria, Produto e País | Unidade de Produção (Tonelada, exceto quando especificado) | Necessidade de Água por Unidade de Produção (Litros) |
|--|--|---|
| Carvão e derivados da Madeira, Estados Unidos | tonelada de Acetato de Cálcio Bruto | 271.000 |
| Cloro, Alemanha | | 12.600 |
| Etileno, Israel | | 16.000 |
| Gases, comprimidos e liquefeitos, Canadá | metro cúbico | 60 a 70 |
| Glicerina, Estados Unidos | | 4.600 |
| Pólvora, Estados Unidos | | 401.000 - 835.000 |
| Ácido Clorídrico (processo do sal), Estados Unidos | tonelada de ácido a 20 Be | 12.100 |
| Ácido Clorídrico (processo sintético), Estados Unidos | tonelada de ácido a 20 Be | 2.000 - 4.200 |
| Hidrogênio, Estados Unidos | | 2.750.000 |
| Lactose, Estados Unidos | | 835.000 - 918.000 |
| Carbonato de magnésio, básico, Estados Unidos | tonelada de MgCO ₃ | 163.000 |
| Oxigênio, Estados Unidos | metro cúbico de oxigênio | 243 |
| Polietileno, Alemanha | | 231.000 (225.000 para água de resfriamento) |
| Polietileno, Israel | | 8.400 |
| Cloreto de Potássio, Estados Unidos | | 167.000 - 209.000 |
| Pólvora sem fumaça, Estados Unidos | | 209.000 |
| Sabão, Bélgica | | 37.000 |
| Sabão, Chipre | | 4.500 |
| Sabão (Lavanderia), Estados Unidos | | 960 - 2.100 |
| Barrilha (processo amônia/soda) 58 %, Estados Unidos | | 62.600 - 75.100 |
| Clorato de Sódio | | 250.000 |
| Silicato de Sódio | tonelada de solução a 40 Be | 670 |
| Estearina, sabão e agentes de lavagem, Suécia | tonelada de gordura | 70.000 - 200.000 |
| Ácido Sulfúrico, Bélgica | | 20.000 - 25.000 |
| Ácido Sulfúrico (Câmaras de Chumbo), Estados Unidos | tonelada de ácido a 100% | 10.400 |
| Ácido Sulfúrico (Processo de Contato), Estados Unidos | tonelada de ácido a 100% | 2.700 - 20.300 |
| Ácido Sulfúrico, Alemanha | tonelada de SO ₃ | 83.500 |
| INDÚSTRIA TÊXTIL | | |
| <i>Maceração, tratamento, lavagem e branqueamento:</i> | | |
| Maceração de linho, Bélgica | | 30.000 - 40.000 |
| Tratamento de linho, Suécia | | 30.000 - 40.000 |
| Tratamento de lã, Bélgica | | 240.000 - 250.000 |
| Lavagem de lã, Suécia | | 10.000 |
| Branqueamento de tecidos, Bélgica | | 180.000 |
| <i>Tingimento:</i> | | |
| Tecidos, Bélgica | | 200.000 |
| Tecidos, França | | 52.000 - 560.000 |

(Continua)

| Indústria, Produto e País | Unidade de Produção (Tonelada, exceto quando especificado) | Necessidade de Água por Unidade de Produção (Litros) |
|--|---|---|
| <i>Acabamento:</i> | | |
| Acabamento a úmido de tecidos, Bélgica | | 100.000 - 150.000 |
| <i>Tingimento e Acabamento:</i> | | |
| Fios de algodão, Israel | | 60.000 - 180.000 |
| Fios sintéticos, Israel | | 90.000 - 180.000 |
| Fios de lã, Israel | | 70.000 - 140.000 |
| Tecido, Israel | | 60.000 - 100.000 |
| <i>Tecelagens:</i> | | |
| Algodão | | |
| Finlândia | | 50.000 - 150.000 |
| Suécia | | 10.000 - 250.000 |
| Canadá | 0,835 m ² | 1,0 |
| Lã | | |
| Finlândia | tonelada de roupa ou fio | 150.000 - 350.000 |
| Suécia | tonelada de lã | 400.000 |
| Fibras Sintéticas | | |
| Seda artificial, Suécia | | 2.000.000 |
| Rayon | | |
| Bélgica | | 2.000.000 |
| Finlândia | | 1.000.000 - 2.000.000 |
| Carpetes, Canadá | 0,835 m ² | 20 |
| MINERAÇÃO E EXTRAÇÃO A CÉU ABERTO | | |
| Ouro, África do Sul | tonelada de minério | 1.000 |
| Minério de ferro, Estados Unidos | | 4.200 |
| Bauxita, Estados Unidos | tonelada de minério | 300 |
| Enxofre, Estados Unidos | | 12.500 |
| Cobre, Finlândia | | 3.750 |
| Cobre, Israel | | 3.100 |
| Brita, Israel | | 400 |
| Cal e subprodutos, Bélgica | | 200 - 6.500 |
| FERRO E PRODUTOS DE AÇO | | |
| <i>Bélgica:</i> | | |
| Alto forno, sem reciclagem | | 58.000 - 73.000 |
| Alto forno, com reciclagem | | 50.000 |
| Aço acabado e semi-acabado, sem reciclagem | | 61.000 |
| Aço acabado e semi-acabado, com reciclagem | | 27.000 |
| <i>Canadá:</i> | | |
| Ferro gusa | | 130.000 |
| Aço Básico | | 22.000 |
| <i>França:</i> | | |
| Fundição | | 46.000 |
| Processo Martin (Aço Básico) | | 15.000 |
| Processo Thomas (Conversor Bessemer) | | 10.000 |
| Aço por forno elétrico | | 40.000 |
| Laminação | | 30.000 |

(Continua)

| Indústria, Produto e País | Unidade de Produção (Tonelada, exceto quando especificado) | Necessidade de Água por Unidade de Produção (Litros) |
|--|--|--|
| <i>Alemanha:</i> | | |
| Aciaria | | 8.000 - 12.000 |
| <i>África do Sul:</i> | | |
| Aço | | 12.500 |
| <i>Suécia:</i> | | |
| Fundição de ferro e aço | | 10.000 - 30.000 |
| <i>Estados Unidos:</i> | | |
| Fábricas integradas | | 86.000 |
| Laminação e trefilação | | 14.700 |
| Fundição em alto forno | | 103.000 |
| Ferro ligas por processos eletrometalúrgicos | | 72.000 |
| Uso consuntivo da indústria | | 3.800 |
| PRODUTOS DIVERSOS | | |
| Indústria automobilística, Estados Unidos | veículo produzido | 38.000 |
| Caldeiras e vapor, Estados Unidos | 746 w.h | 15 |
| Caseína, Nova Zelândia | | 55.000 |
| <i>Cimento Portland:</i> | | |
| Bélgica | | 1.900 |
| Chipre (processo a seco) | | 550 |
| Finlândia | | 2.500 |
| Estados Unidos (processo a úmido) | | 900 |
| <i>Cerâmicas e ladrilhos, Bélgica</i> | | 1.800 - 2.000 |
| <i>Carvão (incluindo geração de energia):</i> | | |
| Vale do Ruhr, Alemanha | | 1000 (min) - 1750 (média) |
| Grã Bretanha | | menos que 3.000 |
| Holanda | | 2.650 |
| <i>Carvão, Bélgica</i> | | 5.000 - 6.000 |
| <i>Carvão, coque e co-produtos, Estados Unidos</i> | | 6.300 - 15.000 |
| <i>Lavagem do carvão, Estados Unidos</i> | | 840 |
| <i>Destilação de Grãos:</i> | | |
| Bélgica | 100 litros de grãos tratados | 6.000 - 7.000 |
| Estados Unidos | 10 litros de grãos tratados | 6.450 |
| <i>Destilarias, Suécia</i> | 1.000 litros de álcool a 100% | 15.000 - 100.000 |
| <i>Geração de energia (Termoelétrica):</i> | | |
| Suécia | tonelada de carvão | 200.000 - 400.000 |
| África do Sul | quilowatt hora (uso consuntivo) | 5 |
| Estados Unidos | quilowatt hora | 200 |
| China | quilowatt hora | 230 |
| <i>Explosivos:</i> | | |
| Suécia | | 800.000 |
| Estados Unidos | | 835.000 |
| <i>Produção de fertilizante, Finlândia</i> | tonelada de nitrato de potássio | 270.000 |
| <i>Vidros, Bélgica</i> | | 68.000 |

(Continua)

| Indústria, Produto e País | Unidade de Produção (Tonelada, exceto quando especificado) | Necessidade de Água por Unidade de Produção (Litros) |
|--|---|---|
| <i>Lavanderias:</i> | | |
| Chipre | tonelada de peças lavadas | 45.000 |
| Finlândia | tonelada de peças lavadas | 20.000 |
| Suécia | tonelada de peças lavada | 30.000 - 50.000 |
| <i>Couro, África do Sul</i> | | 50.100 |
| <i>Beneficiamento de couro, Finlândia</i> | tonelada de peles | 50.000 - 125.000 |
| <i>Curtimento do couro, Estados Unidos</i> | m ² de pele | 20 - 2.550 |
| <i>Curtimento do couro, Chipre</i> | m ² de pele de pequenos animais | 110 |
| <i>Metais não ferrosos, bruto e semi-acabados, Bélgica</i> | | 80.000 |
| <i>Lã mineral, Estados Unidos</i> | | 16.700 - 20.900 |
| <i>Borracha sintética, Estados Unidos:</i> | | |
| Butadieno | | 83.500 - 2.750.000 |
| Buna S | | 125.000 - 2.630.000 |
| Grau GR-S | | 117.000 - 2.800.000 |
| <i>Amido:</i> | | |
| Bélgica | tonelada de milho | 13.000 - 18.000 |
| Suécia | tonelada de batatas | 10.000 |

Fonte: VAN Der LEEDEN; TROISE and TODD, 1990

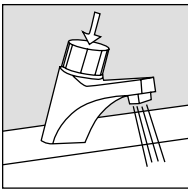
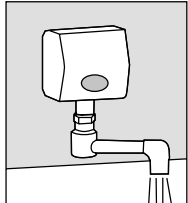
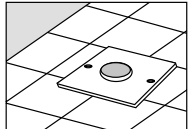
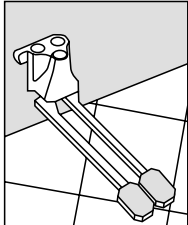
ANEXO II

ASPECTOS TECNOLÓGICOS DA CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA

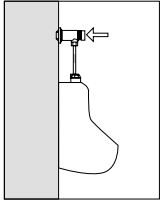
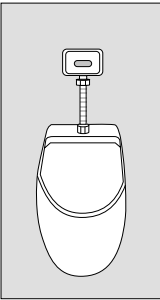
1. Equipamentos Hidráulicos Economizadores de Água

Equipamentos hidráulicos economizadores de água devem ser especificados de acordo com o uso a que se destinam e com o tipo de usuário que irá utilizá-los. As tabelas abaixo resumem as características dos principais equipamentos hoje encontrados no mercado:

Tabela 9: Equipamentos economizadores de água

| Equipamento | Tipo | Características Principais |
|-------------|--|---|
| Torneiras | Convencional | Dispositivo de controle do fluxo de água que, quando acionado, libera uma determinada vazão, que pode ser controlada, para uma atividade fim. |
| | Hidromecânica  | O controle da vazão é obtido pela incorporação, no equipamento, de um redutor de vazão, ou seja, os usuários não interferem na vazão. O tempo de acionamento do fluxo de água também determina o uso racional neste tipo de equipamento. Este tempo não deve ser muito curto, para evitar que o usuário tenha que acioná-lo várias vezes em uma única operação de lavagem, além de causar um desconforto. Este sistema pode ser instalado em sanitários/vestiários de escolas, indústrias, shopping centers, edificações comerciais, escritórios, estádios de futebol e hospitais, entre outros. |
| | Sensor  | O comando destes equipamentos se dá pela ação de um sensor de presença. O sensor capta a presença das mãos do usuário, quando este se aproxima da torneira, liberando assim o fluxo de água. A alimentação elétrica do sistema pode-se dar pelo uso de baterias alcalinas ou pela rede de distribuição elétrica do local (127/220V). A presença do sensor no corpo da torneira é uma solução adequada quanto à questão do vandalismo. Este sistema pode ser instalado em sanitários de escolas, indústrias, shopping centers, edificações comerciais, escritórios e hospitais, entre outros. |
| | Funcionamento por válvula de pé  | Este sistema é caracterizado pela presença de um dispositivo de acionamento instalado no piso, de frente à torneira propriamente dita. Este sistema é adequado a ambientes onde não se deseja o contato direto das mãos nos componentes da torneira, como em determinadas áreas de hospitais, cozinhas e laboratórios, devendo ser instalado apenas onde se espera que os usuários o usem de forma consciente e correta. |
| | Funcionamento por pedal  | Este sistema é caracterizado pela existência de um pedal em forma de alavanca. O pedal libera o fluxo de água até a torneira (bica). Este sistema é geralmente utilizado quando as tubulações são aparentes. O corpo da válvula onde a alavanca é instalada pode ser fixado na parede ou no piso, de forma aparente. O fluxo de água ocorre durante o tempo em que é feito o acionamento da mesma, mas existem modelos no mercado que apresentam uma trava para evitar que o usuário permaneça acionando o sistema, no decorrer de uma atividade demorada. Este sistema é adequado para locais onde haja produção, como em indústrias ou cozinhas industriais. O sistema é de simples instalação e manutenção, não demandando obras civis. No entanto, para que o sistema seja corretamente utilizado, deve haver a capacitação e orientação contínua dos usuários. A vazão pode ser reduzida colocando-se um restritor de vazão no sistema. |

| Equipamento | Tipo | Características Principais |
|-------------------------|------------|---|
| Arejadores | | <p>O arejador é um componente instalado na extremidade da bica de uma torneira que reduz a seção de passagem da água através de peças perfuradas ou telas finas e possui orifícios na superfície lateral para a entrada de ar durante o escoamento de água. De forma geral, podem ser caracterizados por apresentar sucção ou não de ar quando da passagem do fluxo de água. O arejador atua de duas formas, pelo controle da dispersão do jato e pela redução da vazão de escoamento pela bica da torneira, reduzindo assim o consumo de água.</p> <p>Os arejadores são indicados para todas as torneiras, exceto as de limpeza e de tanque, nas quais o usuário necessita de uma maior vazão para reduzir o tempo de realização da atividade. Em cozinhas, recomenda-se a instalação de arejadores tipo "chuveirinho", que facilitam ainda mais a realização das atividades nessa área. Existem no mercado componentes com dupla função: arejador e "chuveirinho". Geralmente, nestes componentes, a modificação da função é feita através do giro da peça, permitindo assim um jato concêntrico ou difundido, como em um chuveiro.</p> |
| Mictórios convencionais | Coletivos | <p>Os mictórios coletivos são aqueles que atendem a mais de um usuário simultaneamente.</p> <p>O mictório coletivo apresenta como vantagem, em relação ao mictório individual, a capacidade de atendimento de mais usuários por metro linear do sanitário, podendo atender a um grande número de usuários em curtos períodos de pico, como nos sanitários de estádios de futebol. Em geral, os mictórios coletivos são instalados em locais públicos com incidência média/alta de vandalismo, como escolas e estádios. Como principais desvantagens dos mictórios coletivos, frente aos individuais, são: a manutenção do aparelho, a pouca privacidade e a dificuldade de uso de um sistema de acionamento da descarga de água para a limpeza de forma eficiente e econômica.</p> <p>Deve-se ressaltar que por ser um sistema adaptado, não se deve esquecer a introdução de um dispositivo na saída de esgoto que garanta o fecho hidráulico do sistema, como um sifão copo ou uma caixa sifonada, garantindo o desempenho do sistema quanto à questão do odor do ambiente.</p> |
| | Individual | <p>Os mictórios individuais são aqueles utilizados por um único usuário por vez. Estes mictórios são, caracteristicamente, fabricados industrialmente em série, em geral em louça cerâmica. A maioria dos mictórios comercializados hoje no Brasil são deste tipo.</p> |
| | | |

| Equipamento | Tipo | Características Principais |
|---|---|--|
| Dispositivos de descarga para Mictórios convencionais | <p>Válvula de acionamento hidromecânico</p>  | <p>Esta válvula é caracterizada por um corpo metálico fechado, por onde a água passa para chegar ao mictório.</p> <p>Para o acionamento da descarga o usuário, após utilizar o mictório, deve pressionar o êmbolo da válvula liberando o fluxo de água para a bacia do mictório. Imediatamente após a liberação da pressão pelo usuário, ocorre o retorno do êmbolo pela ação da própria água e de uma mola interior ao corpo da válvula.</p> <p>Este tipo de equipamento pode ser utilizado, entre outros, nas seguintes tipologias de edificações: indústrias, escolas, shopping centers, hospitais, clubes, escritórios, estádios, terminais de passageiros.</p> |
| | <p>Válvula de acionamento por sensor de presença</p>  | <p>Neste tipo de equipamento, quando o usuário se aproxima e se posiciona de frente ao mictório, o sensor que emite continuamente um sinal imperceptível ao usuário, infravermelho ou ultra-som, detecta a sua presença.</p> <p>Em geral, na maioria dos equipamentos, o fluxo de água só é liberado após o afastamento do usuário, o que garante um menor consumo de água. O sensor, associado a um microprocessador, emite um sinal até uma válvula do tipo solenóide, de funcionamento elétrico, que libera o volume de água da descarga.</p> <p>Neste tipo de equipamento, o tempo médio de acionamento dos produtos encontrados no mercado encontra-se em torno de 5 a 6 segundos.</p> <p>O sistema elétrico do equipamento pode ser alimentado por baterias alcalinas de 6 e 9 VDC, ou pelo próprio sistema predial elétrico de 127/220V. Estas características devem ser observadas quando da aquisição do equipamento e em função das características físicas do local a ser instalado.</p> <p>Uma das principais vantagens deste sistema frente aos demais é quanto à questão da higiene do usuário, uma vez que este não entra em contato direto com nenhum componente do sistema.</p> |
| | <p>Válvula temporizada</p> | <p>Este é um sistema em que os produtos são vendidos separadamente, sendo necessária a montagem dos componentes pelo instalador. A descarga deste tipo de equipamento pode ser obtida por um sistema de temporizador eletrônico. O temporizador pode ser facilmente encontrado no mercado e adaptado às instalações existentes.</p> <p>No temporizador eletrônico pode ser feita a regulagem do intervalo entre descargas e do tempo de duração da descarga. O temporizador envia um sinal a uma válvula solenóide elétrica que faz a liberação do fluxo de água conforme os parâmetros definidos no temporizador.</p> <p>Este sistema pode ser empregado em mictórios coletivos e em baterias de vários mictórios individuais.</p> |
| | <p>Válvula Manual e Fluxível</p> | <p>Estas válvulas consomem um maior volume de água por descarga, em relação às demais válvulas apresentadas. O volume de descarga liberado encontra-se na faixa de 3,786 litros (1gal), segundo os modelos presentes no mercado americano de baixo volume de água por descarga.</p> |
| | | |

| Equipamento | Tipo | Características Principais |
|-------------------|--|---|
| Mictório sem água | Individual | <p>É um sistema que não utiliza água na operação. O mictório sem água é constituído dos seguintes componentes: bacia cerâmica, suporte do cartucho, cartucho, líquido selante, chave para troca do cartucho e protetor para a superfície do cartucho – opcional.</p> <p>O líquido selante é uma substância, composta por mais de 90% de álcoois graxos e o restante de biocida e corantes. Sua cor predominante é o azul e apresenta densidade menor que a da água e da urina, permanecendo em suspensão nas mesmas. O líquido selante se localiza em suspensão na primeira câmara do cartucho.</p> <p>A urina entra pelos orifícios da parte superior do cartucho, penetrando na primeira câmara através do líquido selante que está em suspensão e preenchendo toda a superfície superior do líquido desta câmara. Pelo sistema de vasos comunicantes, a urina é expelida pelo orifício de saída do cartucho, sendo coletada pelo copo do suporte e de lá para a rede de esgoto. A manutenção requerida pelo sistema é a substituição periódica do cartucho, que se trata de uma peça descartável. A durabilidade do cartucho está associada à obstrução de suas cavidades por material bioquímico que se acumula em seu interior e pelo carregamento do líquido selante.</p> |
| Chuveiros | Duchas para água misturada | <p>Há uma grande variedade de tipos e modelos de duchas no mercado, com as mais diversas vazões. Uma intervenção passível tanto em duchas de ambientes sanitários públicos como de residências é a introdução de um dispositivo restritor de vazão. Uma das vantagens do uso do restritor de vazão é que a mesma permanece constante dentro de uma faixa de pressão, geralmente de 10 mca a 40 mca. Existem restritores de vazão com os mais diferentes valores de vazão, por exemplo, para 6, 8, 10, 12 e 14 litros/minuto. Ressalta-se que são recomendados para valores de pressão hidráulica superiores a 10 mca.</p> |
| | Elétricos | <p>Segundo a NBR 5626/98, "Instalação predial de água fria", a vazão recomendada em cálculos de tubulações hidráulicas para este tipo de equipamento é de 0,10 litros/segundo. Não é recomendável o uso de dispositivos redutores de vazão para os chuveiros elétricos, uma vez que podem interferir no funcionamento dos mesmos.</p> |
| | Dispositivos para comando de duchas para mistura de água | <p>Outra forma para redução do consumo de água no sistema de banho é o uso de dispositivos temporizados para comando da liberação do fluxo de água para duchas. O dispositivo mais encontrado nas instalações hidráulicas é o registro de pressão. A desvantagem deste sistema é que o mesmo pode ser mau fechado, resultando em gotejamento fora de uso ou mesmo o não fechamento, em locais com incidência de vandalismo. Os dispositivos temporizados são os que apresentam funcionamento hidromecânico, os quais são fechados automaticamente após um certo tempo, característico da peça.</p> |
| Bacias Sanitárias | Com válvulas de descarga | <p>Atualmente, as bacias sanitárias deste tipo são encontradas no mercado com a característica de necessitar de apenas em torno de 6 litros para poder efetuar a descarga de forma eficiente.</p> |
| | Com caixa acoplada | <p>Apresentam funcionamento com 6 litros. Estas bacias geralmente são de fixação no piso e apresentam funcionamento sifônico.</p> <p>Existem dispositivos conhecidos como "dual-flush" que possibilitam dois tipos de acionamento da descarga de água neste tipo de bacia sanitária. O dispositivo de descarga, geralmente incorporado na caixa acoplada, contém dois botões: um deles, quando acionado, resulta em uma descarga completa de 6 litros, para o arraste de efluente com sólidos. O acionamento do outro botão resulta em uma meia descarga, geralmente de 3 litros, para limpeza apenas de urina na bacia sanitária.</p> |

| Equipamento | Tipo | Características Principais |
|--|--------------------------------|---|
| Dispositivos para acionamento de descarga para bacias sanitárias | Válvulas de descarga embutida | <p>Existem atualmente alguns modelos no mercado com volume fixo de 6 litros por descarga. O usuário, ao acionar o dispositivo de descarga destas válvulas, libera um fluxo de água com o volume determinado, independente do tempo de acionamento do botão. Para que seja liberado um novo fluxo, o botão deve ser novamente acionado.</p> <p>Outros tipos de dispositivo de descarga embutidos na parede são as válvulas com acionamento por sensor de presença. A alimentação elétrica deste sistema pode ser feita com o uso de baterias alcalinas ou por rede elétrica, 127/220V. O usuário deve permanecer por um período de tempo mínimo no raio de alcance do sensor, normalmente 5 segundos, para que o sistema se arme e após a saída do usuário do alcance é efetuada a descarga pela válvula solenóide. O volume por descarga pode ser regulado para 6 litros de água.</p> |
| | Válvulas de descarga aparentes | <p>O acionamento se dá por um dispositivo, presente no corpo da válvula, em forma de alavanca. O usuário aciona esta alavanca, resultando na descarga. Por mais que o usuário permaneça acionando a alavanca, somente o volume previamente regulado para a descarga será liberado. Para a liberação de novo volume de água, a alavanca deverá ser acionada novamente.</p> <p>Este sistema é indicado para locais com a existência de vandalismo, uma vez que suas partes aparentes são metálicas resistentes e praticamente invioláveis sem o uso de ferramentas adequadas. O sistema resiste inclusive a impactos.</p> |
| | Caixas de descarga embutidas | <p>Uma opção de dispositivo de descarga de 6 litros para bacias sanitárias é o uso de caixas de descarga embutidas. Estas caixas podem ficar no interior de uma parede de alvenaria, sendo mais são comumente utilizadas no interior de paredes "dry-wall". Antes da especificação deste tipo de dispositivo as dimensões da parede devem ser avaliadas uma vez que a espessura da parede pode inviabilizar a instalação.</p> |
| Redutores de Vazão | Redutores de Vazão | <p>É um redutor de pressão. Como há uma relação direta entre vazão e pressão, a redução de um resulta na redução do outro. Dessa forma, o redutor de pressão introduz uma perda de carga localizada no sistema que resulta na consequente redução de vazão.</p> <p>Caso uma determinada área da edificação apresente uma pressão elevada, pode ser mais conveniente a instalação de uma válvula redutora de pressão na tubulação de entrada de água da área. Estes dispositivos mantêm a vazão constante em uma faixa de pressão, em geral, de 100 a 400 kPa (10 a 40 mca).</p> |
| | | |

As tabelas a seguir apresentam os consumos comparativos entre alguns equipamentos:

Tabela 10: Bacia Sanitária (considerando 4 acionamentos diários por usuário)

| | 12L | 9L | 6L | "dual flush" | Economia (6L) | | Economia (dual flush) | |
|----------------------------------|-----|----|----|--------------|---------------|-------|-----------------------|-------|
| | | | | | 12L | 9L | 12L | 9L |
| volume por descarga (L/descarga) | 12 | 9 | 6 | 6 ou 3 | 6 | 3 | 6 | 3 |
| uso percapita diário (L) | 48 | 36 | 24 | 15 | 24 | 12 | 33 | 21 |
| | | | | | 50.0% | 33.3% | 68,8% | 58,3% |

Tabela 11: Torneira (considerando 4 usos diários por pessoa)

| | tempo de acionamento = | | | | Economia | | |
|---------------------------------------|------------------------|--------------|---------------|--------|--------------|---------------|--------|
| | 18s | 15s | | | Com arejador | Hidromecânica | Sensor |
| | Convencional | Com arejador | Hidromecânica | Sensor | | | |
| Vazão por acionamento (L/min) | 12 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Tempo de acionamento (min/pessoa dia) | 2 | 2 | 1.2 | 1 | 0 | 0.8 | 1 |
| Uso diário per capita (L) | 24 | 12 | 7.2 | 6 | 12 | 16.8 | 18 |
| | | | | | 50.0% | 70.0% | 75.0% |

Tabela 12: Chuveiro

| | Ducha | Com redutor de vazão | Economia |
|---------------------------------------|-------|----------------------|----------|
| | | 14L/min | 14L/min |
| Vazão (L/min) | 20 | 14 | 6 |
| Tempo de acionamento (min/pessoa dia) | 10 | 10 | 0 |
| Consumo diário per capita (L) | 200 | 140 | 60 |
| | | | 30.0% |

Tabela 13: Mictório

| | Descarga manual e fluxível | Acionamento hidromecânico | Sensor | Sem água | Economia | | |
|---------------------|----------------------------|---------------------------|--------|----------|---------------------------|--------|----------|
| | | | | | Acionamento hidromecânico | Sensor | Sem água |
| Volume (L/descarga) | 3.8 | 1.8 | 1 | 0 | 2 | 2.8 | 3.8 |
| | | | | | 52.6% | 73.7% | 100.0% |

2. Tratamento de Água

Como a água pode ser utilizada para as mais variadas finalidades na indústria, a mesma deverá apresentar padrões de qualidade que sejam compatíveis com os usos pretendidos. Normalmente, a água disponível nos rios, lagos, lençóis subterrâneos, ou qualquer outra fonte, pode apresentar em sua composição uma ampla variedade de compostos ou substâncias químicas, organismos vivos e outros materiais, os quais, para muitas aplicações industriais podem ser considerados contaminantes.

Assim sendo, para que a água disponível possa ser utilizada, é necessário adequar as suas características aos padrões de qualidade exigidos para o uso, o que é feito por meio da utilização de operações e processos unitários de tratamento que sejam capazes de remover os contaminantes presentes. A tabela abaixo relaciona os potenciais contaminantes presentes na água em função de sua origem.

Tabela 14: Potenciais contaminantes presentes na Água em função de sua origem

| Tipo de Manancial | | Principais Contaminantes |
|--------------------|-------------------|--|
| Superficial | Rios | Areia, material coloidal, sólidos em suspensão, compostos orgânicos, sais dissolvidos, bactérias e vírus. |
| | Lagos ou represas | Sais dissolvidos, material coloidal, compostos orgânicos, algas, endotoxinas, bactérias, vírus e gases dissolvidos |
| Águas Subterrâneas | | Amônia, gás sulfídrico, metais dissolvidos, compostos orgânicos, sais dissolvidos. |
| Águas Pluviais (*) | | Sólidos em suspensão, compostos orgânicos, sólidos dissolvidos, microorganismos, cor turbidez. |

* Depende das características do reservatório.

De acordo com o tipo de manancial utilizado como fonte de abastecimento, devem ser adotados procedimentos específicos para adequar as características da água disponível aos requisitos de qualidade exigidos para uso, o que está diretamente relacionado com os contaminantes presentes.

De modo geral, os diversos contaminantes presentes na água podem ser agrupados em categorias distintas, as quais podem ser relacionadas com as técnicas de tratamento mais indicadas, conforme apresentado na tabela abaixo.

Tabela 15: Principais categorias de contaminantes presentes na água e tecnologias para sua remoção:

| Técnica de Tratamento | Classes de Compostos | | | | | |
|--|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------|--------------|-------------------|----------------|
| | Sólidos Dissolvidos Ionizáveis | Gases Dissolvidos Ionizáveis | Compostos Orgânicos Dissolvidos | Particulados | Bactérias e Vírus | Endotoxinas |
| Evaporação | E / B ^a | NE | B | E | E | E |
| Deionização, Eletrodialise e Eletrodeionização | E | E | NE | NE | NE | NE |
| Osiose Reversa | B ^b | NE | B | E | E | E |
| Carvão Ativado | NE | NE ^c | E / B ^d | NE | NE | NE |
| Desinfecção com radiação ultravioleta | NE | NE | NE ^e | NE | B ^f | NE |
| Filtração em meio granular ou poroso | NE | NE | NE | E | NE | NE |
| Microfiltração | NE | NE | NE | E | NE | NE |
| Ultrafiltração | NE | NE | NE | E | E | NE |
| Oxidação ou Redução Química g e h | B | B | B | NE | B | E ⁱ |
| Abrandamento | B ^j | NE | NE | B | NE | NE |
| Coagulação, floculação e sedimentação | NE | NE | NE | E | NE | NE |

E = Eficaz (Remoção completa ou quase total)

B = Bom (Remoção de grandes porcentagens)

NE = Não eficaz (Baixa remoção ou ineficaz)

a) A resistividade da água produzida por destilação é menor que aquela obtida pelo processo de deionização, principalmente devido à presença de CO₂.

b) A concentração residual de sólidos dissolvidos ionizáveis depende da concentração na água de alimentação.

c) O carvão ativado irá remover cloro residual.

d) Alguns tipos de carvão apresentam capacidade para remover traços de compostos orgânicos.

e) Alguns sistemas por radiação ultravioleta são especificamente projetados para a remoção de compostos orgânicos.

f) Os sistemas de radiação por ultravioleta, embora não removam fisicamente as bactérias e vírus, apresentam capacidade para a inativação de vários microrganismos.

g) Uso de variados agentes químicos.

h) Pode transformar o contaminante em uma espécie menos tóxica.

i) Através do uso de agentes oxidantes específicos.

j) Possibilita a remoção de íons responsáveis pela dureza da água.

Geralmente, para que seja possível obter água no grau de qualidade exigido para um determinado uso é necessário combinar duas ou mais técnicas de tratamento, o que só poderá ser definido com base nas características da água disponível e dos requisitos de qualidade exigidos para uso.

No caso do uso da água para fins industriais, já existe uma base de dados bastante extensa relacionada às principais tecnologias de tratamento disponíveis, assim como já existe no mercado uma ampla variedade de equipamentos e sistemas de tratamento de água, os quais são capazes de produzir água com os diversos níveis de qualidade exigidos.

Desta forma, verifica-se que a questão relacionada ao tratamento de água para uso industrial não é uma condição limitante para o desenvolvimento de iniciativas que visem promover o uso racional deste recurso.

A principal preocupação com relação ao tratamento de água para uso industrial recai sobre a estratégia a ser desenvolvida para a obtenção dos melhores resultados para o atendimento das demandas de água nos vários níveis de qualidade exigidos.

Em um Programa de Conservação e Reúso de Água, a estratégia mais adequada para

a definição do sistema de tratamento de água consiste na execução das seguintes atividades:

1. Identificar todas as demandas de água existentes e os respectivos requisitos de qualidade exigidos para uso;
2. Identificar as técnicas de tratamento para adequar a qualidade da água disponível aos requisitos exigidos para a maior demanda;
3. A partir da água produzida no sistema de tratamento principal, identificar as técnicas de tratamento para adequar a qualidade da água aos requisitos de qualidade dos demais usos identificados;
4. Sempre que possível, nos sistemas que produzem água com elevado grau de qualidade, verificar o potencial de aproveitamento ou recirculação dos efluentes gerados nos sistemas precedentes.

3. Tratamento de Efluentes

Em qualquer atividade industrial desenvolvida, utilizam-se matérias-primas e insumos para a obtenção de produtos manufaturados. Em geral, nenhum processo de transformação apresenta 100% de eficiência na conversão das matérias-primas em produtos e nem todos os insumos utilizados irão compor o produto final. Isto implica na geração de resíduos nas mais variadas formas, inclusive como efluentes líquidos, uma vez que a água é amplamente utilizada para assimilar e transportar contaminantes.

As características e quantidade dos efluentes irão depender, principalmente, do ramo de atividade da empresa, da capacidade de produção e do método de produção utilizado.

Como exigência da legislação e com o objetivo de reduzir os impactos sobre o meio ambiente, principalmente sobre os recursos hídricos, as indústrias devem coletar e tratar os seus efluentes, antes do lançamento final.

De maneira similar ao que ocorre quando da seleção de tecnologias para tratamento da água para uso industrial, o tratamento de efluentes deve ser realizado por meio da utilização de operações e processos unitários, que sejam capazes de reduzir a concentração dos contaminantes presentes para níveis compatíveis com os padrões de emissão estabelecidos em normas ou a níveis adequados para formas de reúso subsequentes.

Em muitos casos, o tratamento de efluentes pode ser realizado utilizando-se as mesmas tecnologias normalmente utilizadas para tratamento de água, mas muitas vezes torna-se necessário lançar mão do uso de outras tecnologias, as quais são específicas para a remoção dos contaminantes presentes nos efluentes. Na tabela abaixo são apresentadas algumas das tecnologias disponíveis para tratamento de efluentes e a sua eficiência para redução de alguns contaminantes.

De maneira similar ao que ocorre com o tratamento de água, para o tratamento de efluentes pode ser necessário promover a combinação entre duas ou mais tecnologias, para que sejam obtidos resultados satisfatórios. Outro aspecto a ser considerado diz respeito à estruturação do sistema de coleta, transporte e tratamento dos efluentes, quando se pretende implantar um programa de reúso, não sendo recomendada opção direta por um sistema centralizado para tratamento de efluentes, antes de efetuar uma avaliação do potencial de prática de reúso em cascata e outras opções que possam conduzir a melhores resultados.

TABELA 16: Tecnologias para tratamento de efluentes e campo de aplicação

| Variáveis | Técnicas de Tratamento | | | | | | | |
|-------------------------|------------------------|----------------|--------------|-----------------|------------------|----------|------------------------------------|---------------------|
| | Tratamento Primário | Lodos Ativados | Nitrificação | Desnitrificação | Filtro Biológico | Biodisco | Coagulação Floculação Sedimentação | Stripping da amônia |
| DBO | B | E | E | NE | E | E | E | NE |
| DQO | B | E | E | NE | E | | E | NE |
| SST | E | E | E | NE | E | E | E | NE |
| NH3-N | NE | E | E | B | | E | NE | E |
| NO3-N | | | | E | | | NE | NE |
| Fósforo | NE | B | E | E | | | E | NE |
| Alcalinidade | | B | | | | | B | NE |
| Óleos e Graxas | E | E | E | | | | B | NE |
| CT | | E | E | | NE | | E | NE |
| Arsênio | B | B | B | | | | B | NE |
| Bário | | B | NE | | | | B | NE |
| Cádmio | B | E | E | | NE | B | E | NE |
| Cromo | B | E | E | | NE | E | E | NE |
| Cobre | B | E | E | | E | E | E | NE |
| Flúor | | | | | | | B | NE |
| Ferro | B | E | E | | B | E | E | NE |
| Chumbo | E | E | E | | B | E | E | NE |
| Manganês | NE | B | B | | NE | | B | NE |
| Mercúrio | NE | NE | NE | | NE | E | NE | NE |
| Selênio | NE | NE | NE | | | | NE | NE |
| Prata | E | E | E | | B | | E | NE |
| Zinco | B | B | E | | E | E | E | NE |
| Cor | NE | B | B | | NE | | E | |
| Substâncias Tensoativas | B | E | E | | E | | B | |
| Turbidez | B | E | E | NE | B | | E | |
| COT | B | E | E | NE | B | | E | NE |

Adaptado de METCALF & EDDY (2003)

E = Eficaz (Remoção completa ou quase total)

B = Bom (Remoção de grandes porcentagens)

NE = Não eficaz (Baixa remoção ou ineficaz)

As células em branco denotam insuficiência de dados, resultados não conclusivos ou aumento da concentração.

Também é importante observar que, em muitos casos, dependendo do ramo de atividade da indústria, é necessária a realização de ensaios de tratamento, tanto em escala de laboratório, como em escala piloto, para definição da melhor tecnologia de tratamento a ser empregada.

A identificação de tecnologias e definição do sistema de tratamento de efluentes, deve seguir o roteiro abaixo:

1. Identificação, quantificação e caracterização de todas as correntes de efluentes geradas;
2. Avaliação do aproveitamento de correntes específicas de efluentes para aplicação da prática de reúso em cascata;
3. Verificação da necessidade de segregação de correntes específicas de efluentes, as quais podem requerer um tratamento exclusivo;
4. Identificação de tecnologias com potencial para o tratamento dos efluentes identificados;
5. Desenvolvimento de ensaios de tratamento ou consulta a fornecedores especializados, para verificar o potencial de utilização das tecnologias identificadas;
6. Estruturação do sistema coleta, transporte e tratamento dos efluentes.

Autoria

1. CIRRA – Centro Internacional de Referência em Reúso de Água / FCTH –
Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica

2. DTC Engenharia

Coordenadores

Ivanildo Hespanhol
Orestes Marracini Gonçalves

Autores

Carla Araújo Sautchúk
Fernando Del Nero Landi
José Carlos Mierzwa
Maria Carolina Rivoir Vivacqua
Maurício Costa Cabral da Silva
Paula Del Nero Landi
William Schmidt

Colaboradores

Lia de Sousa
Luana Di Bea Rodrigues
Márcio Mineo Kato
Priscila Mercaldi Oliveira
Ricardo Nagamine Costanzi
Silvia Zonkowski

Apoio

Agência Nacional de Águas – ANA

Diretor Presidente – ANA

Jerson Kelman

Superintendência de Conservação de Água e Solo – SAS / ANA

Antônio Félix Domingues - Superintendente
Devanir Garcia dos Santos - Gerente

Equipe de Reúso

Felipe Jucá Maciel
Claudio Ritti Itaborahy
Ulysses Gusman Junior
Paulo Breno de Moraes Silveira
Patrick Thadeu Thomas
Matheus Marinho de Faria
Eduardo Felipe Cavalcante de Correa

Federação e Centro das Indústrias do Estado de São Paulo – Fiesp/Ciesp

Presidente Fiesp/Ciesp

Horacio Lafer Piva

Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – DMA

Angelo Albiero Filho – Diretor Titular

Romildo de Oliveira Campelo – Diretor Titular Adjunto

Diretor Executivo

José Eduardo Bandeira de Mello

Gerência de Meio Ambiente e Design

Nilton Fornasari Filho (Gerente)

Anicia Aparecida Baptistello Pio

Ricardo Lopes Garcia

Gustavo C. D. Barreira (Estagiário)



Federação e Centro das Indústrias do Estado de São Paulo
Av. Paulista, 1313 - Cep: 01311-923 - São Paulo - SP
www.fiesp.com.br - atendimento@fiesp.org.br
Tel.: 11 3549-4499 - Fax: 3549-4570

