



Programa de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão Ambiental

**A PRÁTICA DE REÚSO E RECICLAGEM DE ÁGUA DE UMA
INDÚSTRIA QUÍMICA**

ANTONIO JANILSON CASTELO SOUSA

Orientador: Prof^o. MSc. Rafael Barreto Almada.

NILÓPOLIS

2011

Programa de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão Ambiental

**A PRÁTICA DE REÚSO E RECICLAGEM DE ÁGUA DE UMA
INDÚSTRIA QUÍMICA**

ANTONIO JANILSON CASTELO SOUSA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro como parte dos requisitos para obtenção do título de Especialista em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof^o. MSc. Rafael Barreto Almada.

NILÓPOLIS

2011

SOUSA, ANTONIO JANILSON CASTELO

A prática de reúso e reciclagem de água de uma indústria química [Rio de Janeiro] 2011

52 p. 29,7cm (Especialização em Gestão Ambiental/IFRJ, 2011)

Trabalho de conclusão de curso – Instituto Federal de Educação, Ciência e

Tecnologia do Rio de Janeiro

1. Reúso de água
2. Tecnologias para reúso
3. Tratamento de água

Programa de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão Ambiental

**A PRÁTICA DE REÚSO E RECICLAGEM DE ÁGUA DE UMA
INDÚSTRIA QUÍMICA**

ANTONIO JANILSON CASTELO SOUSA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro como parte dos requisitos para obtenção do título de Especialista em Gestão Ambiental.

Aprovada em ____ de _____ de 20__

Banca Examinadora

MSc. Rafael Barreto Almada – Presidente da Banca
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

DSc. Manoel Ricardo Simões – Membro interno
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

DSc. João José Fonseca Leal – Membro interno
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro

NILÓPOLIS

2011

AGRADECIMENTOS

Ao professor Rafael Barreto Almada pela orientação e dedicação.

A Geraldo Fontoura pela concessão e acesso à indústria química.

Ao corpo docente da pós-graduação lato sensu em Gestão Ambiental.

À Professora Luiza Helena Francescutti Murad pela dedicação e atenção.

À coordenadora Danielle Frias Ribeiro Bisaggio.

A minha querida amiga Soraya Cavalieri pelo estímulo.

A Carlos Brenlla de Carvalho pelo apoio constante e incentivo.

Aos amigos que ganhei ao longo deste curso: Andrea, Rosana, Leila, Márcio, Leticia, Ana Beatriz, Elita, Luciano, e Viviane.

RESUMO

A indústria química estudada tem uma alta demanda por água e geração de efluentes. Estes efluentes apresentam elevadas concentrações de matéria orgânica e alta toxicidade devido a utilização de uma gama de produtos químicos nos processos produtivos. As unidades industriais em foco são as fábricas de defensivos agrícolas e de polímeros que realizam reciclagem de água, e o incinerador de resíduos sólidos que realiza reúso de efluentes tratados. Foram fornecidos dados pela indústria química, realizadas pesquisas na literatura e visitas as instalações para conhecimento dos processos de produção, tratamento de água e dos efluentes, reciclagem de água e reúso de efluentes tratados. A caracterização da água bruta captada do rio Sarapuí, realizada pela indústria, apresentou valores acima dos padrões de qualidade, principalmente, para o alumínio, ferro solúvel, manganês total, coliformes fecais, e somente as concentrações de cálcio, cloretos, fosfato total, pH e sulfato estão dentro do padrão de qualidade para esta indústria. O tratamento de água deste rio possui uma eficiência global de remoção dos parâmetros de qualidade entre 90 a 100%, entretanto, há uma dificuldade apenas na remoção da concentração de amônia no período de estiagem. O tratamento biológico do efluente por lodos ativados é eficiente na remoção dos contaminantes para as correntes provenientes das unidades fabris, lançando no rio Sarapuí um efluente dentro dos padrões de qualidade estabelecidos na legislação. A captação, o tratamento de água, a reciclagem de água e a prática do reúso representam uma economia de mais de 70 milhões de litros/mês de água de abastecimento, que representa 70% de economia financeira comparado com o fornecimento de água distribuída pela CEDAE. A prática de reúso, além de garantir o fornecimento contínuo, assegura a qualidade, disponibiliza água potável para outros fins e minimiza os impactos negativos sobre os ecossistemas aquáticos. Desta forma, parte dos efluentes tratados são reutilizados

no incinerador de resíduos sólidos na proporção de 4:1 de efluentes tratados e de efluente final do incinerador. A reciclagem de água nas fábricas de defensivos agrícolas e da fábrica PU-M de polímeros garante o uso eficiente da água, redução na geração de efluentes e diminuição da carga orgânica e tóxica deste efluente. Este trabalho teve como objetivo descrever a prática de reúso e de reciclagem de água em uma indústria química, pontuar os usos múltiplos da água, e descrever o tratamento de água e do efluente.

Palavras-chave: reúso de água, tecnologias para reúso, tratamento de água.

ABSTRACT

The chemical industry studied has a high demand of water and wastewater generation. This wastewater presents high concentrations of organic matter and high toxicity by the use of a range of chemicals in productive processes. The industrial units in focus are the agricultural defensive factories and of polymers that recycle water, and solid waste incinerator that reuses the treated wastewater. Datas, provided by the chemical industry, were researched in the literature and visits to the premises with the objective of knowing production processes, water treatment and wastewater, recycling and reuse of treated effluent. The analysis done by the industry of the freshwater obtained in Sarapuí river presented values above the standard of quality. Especially of aluminum, soluble iron, total manganese, coliforms, and only the concentration of calcium, chloride, total phosphate, pH and sulfate are within the quality standard for this industry. Water treatment of this river has a global removal efficiency according to the quality parameters ranging from 90 to 100%. However there is a problem removing the ammonia concentration during dry weather. The biological treatment of effluents by activated mud is efficient in removal of contaminants into the streams of the industrial units, releasing in Sarapuí river a wastewater within the standards of quality established in the legislation. The water capture, treatment, recycling and the reuse practice represent savings of more than 70 million liters/month of drinking water, 70% savings compared to the water supply of CEDAE. Besides ensuring the continuous supply reuse practice assures quality, provide drinking water for other purposes and minimize the negative impacts on aquatic ecosystems. Like this, a part of the treated effluents are reused in the solid waste incinerator in the proportion of 4 parts of treated effluent and a portion of final effluent incinerator. Water recycling in the pesticides factories and of the PU-M polymers factory guarantees the use of water,

reduction effluent generation and of organic load and toxicity of this effluent. This analysis had the aim of describing the reuse practice; evaluate the practice of water reuse in a chemical industry, identifying multiple water usages and describing also water and effluent treatment.

Keywords: water reuse, reuse technologies, water treatment.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Modalidades de reúso direto não potável	12
Tabela 2.	Parâmetros, periodicidade e faixa padrão desejada para a água tratada	26
Tabela 3.	Água de alimentação do sistema de tratamento e água produzida após osmose inversa	37
Tabela 4.	Resultados dos parâmetros analisados da água do rio Sarapuí	39
Tabela 5.	Padrão de qualidade da água definida por esta indústria química	40
Tabela 6.	Qualidade da água do rio Sarapuí antes e depois do tratamento e a percentagem de remoção dos parâmetros analisados	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Distribuição da unidade industrial	19
Figura 2.	ETDI e ponto de lançamento dos efluentes representada por 1. ETA e ponto de captação da água representado por 2	21
Figura 3.	Tanques de decantação lamelar	23
Figura 4.	Filtro de areia	23
Figura 5.	Filtros do tipo cartucho	24
Figura 6.	Operação dos módulos de osmose inversa	24
Figura 7.	Módulos de osmose inversa	25
Figura 8.	Fluxograma do sistema de tratamento da água do rio Sarapuí	25
Figura 9.	Estação de tratamento de despejos industriais - ETDI	33
Figura 10.	Fluxograma do sistema de tratamento dos efluentes líquidos	35
Figura 11.	Fluxograma do sistema de reúso de efluentes tratados no incinerador de resíduos sólidos	36
Figura 12.	Percentagem de remoção dos contaminantes da água bruta do rio Sarapuí	42
Figura 13.	Valores médios da água bruta e da água tratada (últimos 12 meses)	43
Figura 14.	Condutividade da água bruta e água tratada (últimos 12 meses)	44

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 CONCEITOS	3
2.2 IMPORTÂNCIA DO REÚSO DE ÁGUA.....	5
2.3 LEGISLAÇÃO FEDERAL.....	7
2.4 LEGISLAÇÃO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	13
2.5 CONTROLE DE POLUIÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	15
2.6 TRATAMENTO BIOLÓGICO.....	16
3. DESCRIÇÃO DA UNIDADE INDUSTRIAL.....	19
3.1 PROCESSOS PRODUTIVOS	19
3.2 TRATAMENTO DA ÁGUA DO RIO SARAPUÍ	20
3.3 USOS DA ÁGUA NA INDÚSTRIA QUÍMICA	27
3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES DA INDÚSTRIA QUÍMICA	27
3.5 ATENDIMENTO À LEGISLAÇÃO.....	28
3.6 RECICLAGEM DE ÁGUA	29
3.7 PRÉ-TRATAMENTO DOS EFLUENTES	30
3.8 TRATAMENTO NA ESTAÇÃO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS	32
3.9 REUTILIZAÇÃO DE EFLUENTES TRATADOS	36
4. METODOLOGIA.....	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
6. CONCLUSÃO.....	47
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

1. INTRODUÇÃO

A utilização da água para as mais diversas finalidades nas atividades humanas sempre esteve atrelada à sua abundância, considerada como um recurso ilimitado, mas estes usos condicionaram a um aumento na demanda seguido pelo crescimento demográfico, a poluição, má distribuição geográfica e escassez dos recursos hídricos.

A crescente demanda por água nas indústrias, associada ao aumento de produtividade, desencadeou uma busca por novas tecnologias no tratamento de água e de efluentes para sua posterior reutilização, seja como água de processo ou para outros fins. Assim como redução dos custos econômicos e minimização dos impactos socioambientais resultantes da utilização de água potável.

Os efluentes industriais possuem grande variabilidade e complexidade, devido aos mais diferentes produtos, a natureza e o tamanho da indústria, das tecnologias empregadas, das matérias primas utilizadas e das práticas de reciclagem e reúso de água (CAVALCANTI, 2009). Atualmente, o reúso de efluentes industriais tratados é uma ferramenta importante na sustentabilidade industrial frente à competitividade inerente ao mercado e à legislação mais restritiva. O tratamento de efluentes objetiva o atendimento aos padrões de lançamento, enquanto o reúso de água a redução de custos e a garantia quantitativa e qualitativa do fornecimento de água (BONGIOVANI, 2010).

A legislação brasileira ainda necessita afirmar e estimular a prática de reúso de água, tendo atualmente apenas a Resolução nº 54/2005 do CNRH, que conceitua o reúso de água como prática de racionalização, conservação dos recursos hídricos, regulando a oferta e a demanda, reduzindo a descarga de poluentes em corpos hídricos e os custos associados à poluição, contribuindo para a proteção do meio ambiente e da saúde pública.

A indústria química analisada apresenta um consumo de água de processo de 72.000 m³/mês e geração de 40.000 m³/mês de efluentes. Toda a água de abastecimento é captada do rio Sarapuí, altamente poluído, e tratada na estação de tratamento de água (ETA), e os efluentes que apresentam uma grande variabilidade e toxicidade são tratados na estação de tratamento de despejos industriais (ETDI) antes de sua reutilização ou lançamento em corpo receptor. A indústria química realiza reciclagem de água nas fábricas de defensivos agrícolas e na fábrica PU-M de polímeros, e reutiliza efluentes tratados na lavagem de gases do incinerador de resíduos sólidos.

Objetivo geral:

Descrever a prática de reúso e reciclagem de água de uma indústria química.

Objetivos específicos:

Descrever o tratamento de água na ETA;

Pontuar os usos da água nesta indústria;

Descrever o tratamento do efluente industrial na ETDI.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta revisão bibliográfica serão apresentados os principais tópicos relacionados ao reúso de água em uma indústria química, com a delimitação dos conceitos, das classificações, da importância e relevância do reúso, da legislação e normas vigentes, do tratamento da água e efluentes.

2.1 Conceitos

O reúso de água é uma prática que visa à racionalização e conservação dos recursos hídricos consistindo da utilização de efluentes tratados para os mais variados fins, enquanto a reciclagem de água consiste da reutilização de efluentes anterior a passagem por um sistema de tratamento ou disposição em corpo receptor.

A Resolução nº 54/2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH define reúso de água como a utilização de água residuária (água de esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária), tratados ou não. Entretanto, Mierzwa & Hespanhol (2005) definem reúso de água como o “uso de efluentes tratados para fins benéficos, tais como irrigação, uso industrial e fins urbanos não potáveis”. Para Lavrador Filho (1987), o reúso de água é “o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais vezes, em alguma atividade humana, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original”.

O reúso de água, de forma geral, pode ocorrer direta ou indiretamente, planejada ou não planejada. A Organização Mundial de Saúde - OMS (1973) estabelece a seguinte terminologia do reúso de água:

- Reúso indireto: decorre de água já utilizada para uso doméstico ou industrial, uma ou mais vezes, sendo posteriormente lançada em águas superficiais ou subterrâneas e utilizadas, de forma diluída.
- Reúso direto: decorre de um uso planejado de efluentes previamente tratados para fins específicos, garantindo a especificidade de cada uso, seja para irrigação, utilização industrial, recarga de aquíferos e água potável.
- Reciclagem interna: decorre do uso interno às instalações industriais, objetivando uma economia de água e um controle da poluição aquática.

Em consonância com a Organização Mundial de Saúde, Lavrador Filho (1987) define os termos, onde o reúso indireto não planejado é quando a água utilizada é disposta no ambiente e utilizada a jusante, de forma diluída e não intencional. O reúso indireto planejado é quando os efluentes tratados são descarregados nos corpos hídricos de forma planejada, a fim de ser diluído e reutilizado a jusante. O reúso planejado é resultante da intenção de utilização da água a jusante de descarga do efluente, de forma direta ou indireta, pressupondo um sistema de tratamento de efluentes. O reúso direto planejado é quando os efluentes tratados são direcionados para reúso, sem serem descarregados. E a reciclagem, é o reúso interno antes de sua descarga em um sistema de tratamento ou disposição, utilizado como fonte suplementar de abastecimento, sendo considerado um caso particular de reúso direto.

Entretanto, para Brega Filho & Mancuso (2003), a reciclagem da água é definida como a reutilização interna que se destina ao uso original, anterior a entrada em um sistema de tratamento ou qualquer outra disposição. Já o termo reúso de água, é definido como a utilização de efluentes por outros usuários diferentemente daqueles originais. Enquanto Cecil (*apud* LAVRADOR FILHO, 1987) distingue reúso direto de reciclagem, sendo o reúso direto

a utilização de águas poluídas pela ação do homem e que não foram misturadas com águas naturais; enquanto a reciclagem é enquadrada como um caso especial de reúso em que são recuperados os efluentes de um uso com a finalidade de utilização para outro uso.

A classificação de reúso de água, segundo Westerhoff (1984), está dividida em duas categorias: reúso potável e reúso não potável. O reúso potável pode ser direto ou indireto. O reúso não potável pode ser para fins agrícolas, industriais, recreacionais, domésticos, aquicultura, manutenção de vazões e recarga de aquíferos subterrâneos. O reúso de água para fins industriais envolve uso dos efluentes para o sistema de refrigeração, alimentação de caldeiras, águas de processo, irrigação de áreas verdes, reserva de proteção contra incêndios, descarga sanitária, lavagem de pátios, ao invés de sua disposição no meio ambiente.

2.2 Importância do reúso de água

Os países participantes da Conferência Internacional sobre Água e Desenvolvimento Sustentável, na Declaração de Paris de 1998, afirmam estar convencidos que a água doce é essencial ao desenvolvimento sustentável, assim como é para a vida, e que a água tem valores sociais, econômicos e ambientais que estão interligados e são dependentes entre si. Entretanto, a dificuldade de acesso à água de um quarto da população, a falta de saneamento básico para quase metade da humanidade, a escassez, a pobreza, a poluição, a inadequação de tratamento de efluentes e a falta de infra-estrutura, consistem em ameaças ao desenvolvimento socioeconômico, ao meio ambiente e a saúde.

Atualmente, o reúso de águas residuárias far-se-á temática de importante cunho para o desenvolvimento, seja econômico, social ou ambiental, de qualquer organização social, de países desenvolvidos ou em desenvolvimento. Em regiões de baixa disponibilidade ou escassez hídrica, torna-se preponderante a gestão destes recursos. No Brasil, o reúso da água, é

uma ferramenta de restauração do equilíbrio entre a oferta e a demanda, apresentando potencialidades na sua aplicação agrícola, industrial, fins urbanos não potáveis e recargas de aquíferos (CUTOLO, 2009).

A conservação e eficiente utilização dos recursos hídricos tornam-se estratégias necessárias, mesmo com a utilização de medidas visando à otimização e redução do consumo de água, onde ações complementares, como a prática de reúso de água e efluentes, são imprescindíveis (MIERZWA & HESPANHOL, 2005). A necessidade do reúso da água está diretamente relacionada com a sustentabilidade dos recursos hídricos, sendo uma das opções inteligentes para a racionalização, tendo se revelado uma técnica segura e confiável, atraindo investimentos e tornando-se cada vez mais acessível (COSTA, 2007).

As tecnologias de tratamento de água existentes, as quais possibilitam seu reúso, são uma alternativa importante diante à escassez em diversos países (SANTOS & MANCUSO, 2003). A reutilização ou reúso de água é uma ferramenta para a minimização da captação de água, com um aumento da oferta e a preservação ambiental (FINK & SANTOS, 2003), além do reúso consciente e planejado se constituírem no mais moderno, de grande potencial e eficaz instrumento de gestão dos recursos hídricos para garantir a sustentabilidade nacional, em regiões semi-áridas do Nordeste como nas regiões metropolitanas (HESPANHOL, 2003).

O Conselho Econômico e Social das Nações Unidas estabeleceu uma política de gestão de recursos hídricos para áreas com déficit de água, enfatizando que nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para fins menos nobres, a não ser em caso de abundante disponibilidade (United Nations, 1958). O reúso de água objetiva a substituição de fontes, compensando a crescente demanda por água e proporcionando a preservação de águas de

melhor qualidade para usos mais nobres, como é o caso do abastecimento doméstico (NUVOLARI & COSTA, 2007; COSTA, 2007; BRAGA *et al*, 2005).

Muitos países da Europa, Ásia e América do Norte têm utilizado a água residuária para o uso urbano não potável. Embora haja muitas possibilidades de reúso de água no Brasil, destaca-se o reúso na área urbana, industrial, agrícola e recarga de aquíferos (HESPANHOL, 2003).

Ainda que, segundo Mierzwa & Hespanhol (2005), o reúso de água apresente uma grande potencialidade na redução das pressões antrópicas sobre os recursos hídricos, esta prática deve ser planejada para o perfeito aproveitamento nas atividades relacionadas, não comprometendo o uso a qual se destinar e não se tornando prática desacreditada.

O modelo de consumo da atualidade, alavancado com a Revolução Industrial e baseado na satisfação de necessidades questionáveis, revela um futuro colapso na Terra, pois “não há recursos naturais capazes de satisfazer a população consumidora, em sua demanda por produtos e serviços” (FINK & SANTOS, 2003), e o reúso de águas residuárias “torna-se uma necessidade econômica e socioambiental em diversos países” (CUTOLO, 2009).

2.3 Legislação Federal

O Código de Águas, Decreto nº 24.643/1934, permitiu ao poder público controlar e incentivar o aproveitamento das águas. Era prevista a propriedade privada das águas encontradas em terrenos particulares, a gratuidade de uso (FINK & SANTOS, 2003), e introduzindo a noção de poluidor-pagador (GRANZIERA, 2006), que atribuiu ao poluidor os custos necessários ao combate à poluição e promoção de sua melhoria.

Na Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA, Lei nº 6.938/1981, é apresentado como princípio “a racionalização do uso da água”, “incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais”.

A partir da Constituição Federal do Brasil de 1988, há uma mudança radical no ordenamento jurídico onde não existem mais águas particulares, sendo a propriedade ou o domínio exclusivamente público, da União ou dos Estados, dependendo de autorização para o uso (FINK & SANTOS, 2003).

O Brasil, por muito tempo, esteve sem uma política de recursos hídricos, onde seu gerenciamento era basicamente setorial ou baseado em impulsos de forma isolada em desacordo com as características do país (MILARÉ, 2007). Mas, foi sancionada a Lei Federal nº 9.433/1997, instituindo a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, e criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Segundo Granziera (2003), esta legislação federal veio fornecer instrumentos à administração dos recursos hídricos, à sua proteção e melhorias da qualidade e quantidade, impondo uma nova ordem jurídica para as águas. Considera Milaré (2007), que a PNRH introduziu critérios indiscutivelmente inovadores, na doutrina e na prática, porém várias normas regulamentadoras ainda não foram editadas, mas já altera profundamente o Código de Águas. A partir deste momento, a água é definida como um recurso limitado, bem de domínio público, dotado de valor econômico.

Esta consciência de limitação dos recursos hídricos ganhou um destaque na Constituição de 1988 e com a PNRH, esta última enfocando o conceito de usuário-pagador e a gestão da água por bacia hidrográfica (FINK & SANTOS, 2003), objetivando a utilização

racional e integrada dos recursos hídricos, assegurando a disponibilidade de água de qualidade para as gerações atuais e futuras.

A outorga dos direitos de uso e a cobrança pelo uso de recursos hídricos ficam estabelecidas como instrumentos na PNRH. A outorga é “o instrumento através do qual o Poder Público atribui ao interessado, público ou privado, o direito de utilizar privativamente o recurso hídrico” (GRANZIERA, 2006). A outorga denota caráter de licença, sendo ato vinculado e obrigatório do poder público, satisfazendo o interessado os requisitos legais para sua obtenção (FINK & SANTOS, 2003). O regime de outorga de direitos de uso objetiva garantir o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e efetivar o direito de acesso. Na seção III, artigo 12, estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos:

- I - derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;
- II - extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;
- III - 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;
- IV - aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;
- V - outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

Fica isento de outorga pelo Poder Público, segundo artigo 12, § 1º:

- I - o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural;
- II - as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes;
- III - as acumulações de volumes de água consideradas insignificantes.

No reúso direto da água, em qualquer processo produtivo, fica o usuário dispensado automaticamente de autorização do poder público para a reutilização da água, pois a reutilização não é enquadrada nos documentos legais de outorga (FINK & SANTOS, 2003).

A cobrança do uso de recursos hídricos é a materialização do princípio usuário-pagador, possibilitando maior incentivo ao reúso de água como forma de minimização de passivo ambiental, incentivando uma menor captação e o reaproveitamento de efluentes (FINK & SANTOS, 2003), sendo considerado por Mierzwa & Hespanhol (2005), um instrumento muito significativo na gestão dos recursos hídricos. Desde o Código de Águas, artigo 36, existia a possibilidade de cobrança pelo uso da água, permitindo o uso das águas públicas, podendo ser gratuito ou *retribuído*, e ainda na PNMA de 1981, onde ao usuário é imposto a obrigatoriedade de contribuir pelo uso de recursos ambientais, como as águas interiores, superficiais e subterrâneas (MILARÉ, 2007).

Na PNRH, artigo 19, seção IV, a cobrança pelo uso da água tem como objetivo o reconhecimento da água como bem de valor econômico, incentivo à racionalização, e obtenção de recursos financeiros para financiamento de programas e intervenções dos planos de recursos hídricos, destinados a sua bacia hidrográfica de origem.

Na captação de água, o estabelecimento de valores é delimitado pelo volume retirado e seu regime de variação, sendo o critério apenas quantitativo. No entanto, o lançamento de efluentes, é delimitado pelo volume lançado, seu regime de variação e suas características físico-químicas, biológicas e toxicológicas do efluente, tendo critério quantitativo e qualitativo (FINK & SANTOS, 2003).

A Lei 9.984/2000, que dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, autarquia federal com a finalidade de implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Este sistema, tomando por base a bacia hidrográfica, é de acentuado interesse, visando à racionalização deste recurso em consonância com o desenvolvimento econômico, sendo, a partir desta norma,

a outorga de direito de uso da água uma autorização, e não mais uma concessão (MILARÉ, 2007) ou licença (GRANZIERA, 2006).

A Resolução nº 357/2005 do CONAMA, dispõe sobre a classificação dos corpos de água em treze classes, distribuídas em águas doces (classe especial, 1, 2, 3 e 4), salobras (classe especial, 1, 2 e 3) e salinas (classe especial, 1, 2 e 3), e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Enquanto a Resolução nº 430/2011 do CONAMA dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, estabelecendo os valores máximos permitidos de substâncias orgânicas e inorgânicas.

“O lançamento de qualquer efluente não pode provocar a mudança de classe do corpo receptor” (MIERZWA & HESPANHOL, 2005) e os mesmos devem ser lançados após tratamento prévio, obedecendo aos padrões e exigências fixadas (GRANZIERA, 2006).

Segundo Fink & Santos (2003), as águas para reúso industrial podem pertencer a qualquer uma das classes de águas doces dependendo do fim a que se destina, com exceção da classe especial, pois estas são destinadas ao abastecimento público sem prévia ou simples desinfecção e para preservação de comunidades aquáticas, por serem águas naturais ainda não foram utilizadas nem aproveitadas.

Segundo a Resolução nº 430/2011 do CONAMA, as fontes poluidoras dos recursos hídricos deverão buscar práticas de gestão de efluentes visando o uso eficiente da água, à aplicação de técnicas para redução e melhoria da qualidade de efluentes gerados e, sempre que possível e adequado proceder à reutilização. E quando da prática do reúso, algumas substâncias podem ter suas concentrações aumentadas, em desacordo com os padrões estabelecidos.

A Resolução nº 54/2005 do CNRH, que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências, em seu artigo 3º, contempla as modalidades de reúso direto não potável de água, conforme Tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Modalidades de reúso direto não potável (Resolução nº 54/2005 do CNRH).

Fins urbanos	irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio.
Fins agrícolas e florestais	produção agrícola e cultivo de florestas plantadas.
Fins ambientais	implantação de projetos de recuperação do meio ambiente.
Fins industriais	processos, atividades e operações industriais.
Aquicultura	criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

Os Comitês de Bacia Hidrográfica, artigo 8º da referente resolução, devem incentivar a prática do reúso de água através dos mecanismos de cobrança e aplicação dos recursos advindos desta cobrança, e integrar a prática de reúso de água dentro do Plano de Recursos Hídricos da Bacia, com ações de saneamento ambiental, uso e ocupação do solo. Inexistindo comitê, esta responsabilidade será do órgão gestor dos recursos hídricos, conforme previsto em lei.

Quando da utilização de prática de reúso de água, artigo 9º, o empreendimento deverá informar através de cadastro, ao órgão gestor dos recursos hídricos, pelo menos: “identificação do produtor, distribuidor ou usuário; localização geográfica da origem e destinação da água de

reúso; especificação da finalidade da produção e do reúso de água; e vazão e volume diário de água de reúso produzida, distribuída ou utilizada”.

Esta prática permite ao empreendedor realizar a racionalização deste recurso, minimizar os impactos negativos no meio ambiente, reduzir a geração de efluentes, porém legalmente ainda não existem estímulos de outra natureza para a prática de reúso de água, tendo apenas o caráter conservacionista e principalmente econômico. Cavalcanti (2009) enfatiza a ausência de padrões na legislação brasileira para o reúso de água, sendo esta realizada apenas para fins não potáveis.

2.4 Legislação do Estado do Rio de Janeiro

Surge, a partir de 1970, uma preocupação com a poluição, particularmente da água, principalmente nos centros industrializados como São Paulo e Rio de Janeiro, que passaram a legislar sobre a temática do controle da poluição das águas (MILARÉ, 2007).

No âmbito do Estado do Rio de Janeiro, a Lei nº 3.239/1999, institui a Política Estadual de Recursos Hídricos - PERH, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta a Constituição Estadual em seu artigo 261, parágrafo 1º, inciso VII. Esta política, em seu artigo 3º, objetiva promover a harmonização dos múltiplos e competitivos usos da água, e a limitada e aleatória disponibilidade, temporal e espacial, da mesma, de modo a:

- I - garantir, à atual e às futuras gerações, a necessária disponibilidade dos recursos naturais, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- II - assegurar o prioritário abastecimento da população humana;
- III - promover a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos, de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais;
- IV - promover a articulação entre União, Estados vizinhos, Municípios, usuários e sociedade civil organizada, visando à integração de esforços para soluções regionais de proteção, conservação e recuperação dos corpos de água;

- V - buscar a recuperação e preservação dos ecossistemas aquáticos e a conservação da biodiversidade dos mesmos;
- VI - promover a despoluição dos corpos hídricos e aquíferos.

As águas superficiais ou subterrâneas terão sua utilização somente após a outorga pelo poder público, representado pelas bacias hidrográficas destes. O regime de outorga do direito de uso de recursos hídricos possui como objetivo o controle do uso, garantindo o acesso de todos os usuários à água, buscando a multiplicidade de usos e a preservação da fauna e da flora, sejam endêmicas e/ou em perigo de extinção. A obtenção de outorga do direito de uso dos recursos hídricos no Estado do Rio de Janeiro, nos casos de licenciamento pelo Município e pelo Estado, deverá ser realizada pelo Instituto Estadual do Ambiente - INEA, conforme Decreto nº 42.050/2009 que disciplina o procedimento de descentralização do licenciamento ambiental mediante a celebração de convênios com os municípios do estado do Rio de Janeiro.

A PERH, em seu artigo 22, inciso 2, estabelece que a outorga para fins industriais somente será concedida se a captação em cursos de água se fizer a jusante do ponto de lançamento dos efluentes líquidos da própria instalação.

A Resolução nº 09/2003 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CERHI estabelece critérios gerais sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos de domínio do Estado do Rio de Janeiro, tendo como finalidades de uso dos recursos hídricos, segundo artigo 5º: saneamento, uso agrícola, aquicultura, criação de animais, uso florestal, uso industrial, geração de energia hidrelétrica, mineração, recreação, esporte e paisagismo, navegação e outros usos.

A lei nº 4.247/2003, que dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos de domínio do Estado do Rio de Janeiro, institui os critérios e é implementada pelo INEA. Quando da instituição de instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos, a legislação,

possibilita jurídica e economicamente o reúso de água como ferramenta de racionalização e preservação (FINK & SANTOS, 2003).

2.5 Controle de poluição de recursos hídricos

Durante o ciclo hidrológico e do uso da água nas atividades humanas, as impurezas de origem mineral e orgânica são incorporadas, sendo necessário a utilização de diferentes técnicas de tratamento para a remoção ou redução destas impurezas a padrões estabelecidos para o uso determinado (RICHTER, 2009).

O tratamento é realizado através da combinação de tecnologias específicas, sendo necessário conhecê-las antes do desenvolvimento de um sistema de tratamento (MIERZWA & HESPANHOL, 2005), sendo a qualidade da água determinada através de parâmetros físicos, químicos e biológicos (RICHTER, 2009).

As estações de tratamento foram criadas para garantir a qualidade da água, combinando processos e operações de tratamento, atendendo a três conceitos fundamentais: múltiplas barreiras (mais de uma etapa de tratamento), tratamento integrado (combinação de barreiras) e tratamento por objetivos (cada etapa tem uma meta na remoção de algum risco) (DI BERNARDO & SABOGAL PAZ, 2008).

Segundo Mierzwa & Hespanhol (2005), as águas superficiais, utilizadas para o fornecimento de água industrial, apresentam uma grande concentração de sólidos suspensos, porém, segundo Di Bernardo & Sabogal Paz (2008), estas águas constituem a principal fonte de abastecimento, influenciando diretamente na quantidade e qualidade da água captada, tratada e distribuída, pois são mais suscetíveis à poluição e à contaminação, devendo a estação de tratamento ser constituída de um número maior de processos e operações de tratamento.

As águas superficiais têm sua qualidade alterada pelo clima e pelas condições geológicas, variando suas características ao longo do ano, devendo o sistema de tratamento ser ajustável a estas mudanças temporais e sazonais (MIERZWA & HESPANHOL, 2005). Para estes autores, o sistema de tratamento deve ser composto das unidades: aeração ou pré-cloração, coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção. A aeração tem como objetivo a remoção de odores e sabor da água com a retirada das substâncias voláteis; a pré-cloração para oxidação do ferro e do manganês pela utilização de cloro ou de dióxido de cloro; a coagulação e floculação para separar sólidos em suspensão com a formação de flocos que se depositam com a ação da gravidade, resultando na sedimentação destes; a filtração para remoção de partículas em suspensão ainda presentes; e a desinfecção com o uso de compostos de cloro, ozônio e radiação ultravioleta para eliminação de microorganismos.

Como os recursos hídricos superficiais são muito utilizados no abastecimento industrial, se faz necessário uma caracterização da água bruta em consonância com a adequação do sistema de tratamento a fim de proporcionar uma alta taxa de remoção dos contaminantes, obtendo ao final dos processos uma água com a qualidade requerida para uso.

2.6 Tratamento biológico

A tecnologia adequada para o tratamento de um determinado efluente industrial depende da característica do efluente gerado, e dos contaminantes a serem reduzidos ou eliminados. A escolha por uma técnica ou a combinação de técnicas define o sistema de tratamento, envolvendo a eficiência de cada técnica na minimização dos contaminantes (MIERZWA & HESPANHOL, 2005).

Na indústria química, a água é a matéria prima mais utilizada na fabricação de produtos, gerando poluentes altamente perigosos, de natureza orgânica e especialmente os

sintéticos e os metais pesados (BRAILE & CAVALCANTI, 1979). O nível e a eficiência do tratamento estão relacionados com os requisitos estabelecidos em legislação para o padrão de qualidade do efluente para lançamento no corpo receptor (VON SPERLING, 2005) ou com os requisitos fixados pela indústria para a reutilização da água para um fim específico.

Segundo Cavalcanti (2009), não existe um único padrão para a qualidade de água de reúso, uma vez que os diferentes usos da água requerem qualidades variáveis, com isso, o sistema de tratamento deve ser implementado segundo os requisitos de qualidade exigida para determinada reutilização, e a viabilidade da prática baseada em critérios técnicos e econômicos.

O tratamento de efluentes industriais pode consistir de um pré-tratamento e tratamento físico-químico ou biológico. Os processos de tratamento físico-químico (equalização, neutralização, decantação/sedimentação), objetivam a remoção dos sólidos, carga orgânica e alguns poluentes, transferindo-os da fase líquida para a sólida (CAVALCANTI, 2009).

O tratamento biológico dos efluentes pode ser aeróbio ou anaeróbio, e consiste na estabilização da matéria orgânica biodegradável através da atividade de microorganismos (bactérias, protozoários, fungos e outros) que utilizam esta matéria como fonte de alimento. No processo de lodos ativados a estabilização biológica ocorre de forma aeróbia em um tanque com aeração mecanizada ou com injeção de ar, sendo a massa separada do líquido por processo de decantação, com uma parte do lodo retornando ao tratamento biológico (BRAILE & CAVALCANTI, 1979).

O lodo ativado pode ser utilizado no tratamento de vários tipos de efluentes industriais, podendo ser aplicado a inúmeras variantes, de acordo com as características de cada despejo industrial (CAVALCANTI, 2009). Este processo ocupa menor área do que as lagoas de

estabilização, com excelente remoção de matéria orgânica, eficiência de 90 a 98%, remoção de certa percentagem de nitrogênio e fósforo, pequeno tempo de retenção, porém com baixa remoção de coliformes, alto grau de mecanização e elevado consumo de eletricidade (NUVOLARI & COSTA, 2007).

Entretanto, segundo Mierzwa & Hespanhol (2005), na maioria dos casos, os processos biológicos não decompõem a matéria inorgânica presente nos efluentes, e apresentam algumas desvantagens como a possível liberação de compostos voláteis, o estabelecimento de pré-tratamento, e a inibição da atividade microbiana de acordo com a variação das características dos efluentes.

3. DESCRIÇÃO DA UNIDADE INDUSTRIAL

3.1 Processos produtivos

A unidade industrial em estudo iniciou suas operações no estado do Rio de Janeiro em 1958, com uma área aproximada de 2 milhões de m², e com 3 divisões, conforme Figura 1, realizando a fabricação de defensivos agrícolas, polímeros e produtos de saúde animal. Este trabalho está focado nas divisões onde são realizados a reciclagem de água (produção de defensivos agrícolas e de polímeros) e na reutilização de água (lavagem de gases do incinerador de resíduos sólidos).



Figura 1. Distribuição da unidade industrial (SIXEL, 2009).

A divisão responsável pela produção de defensivos agrícolas produz cerca de 150 diferentes produtos, que são obtidos por mistura de seus princípios ativos (fosforados, carbamatos, triazóis, piretróides, dentre outros) e coadjuvantes em reatores de mistura. Estes produtos são classificados em inseticidas, fungicidas e herbicidas na forma de grânulos, pó e líquido.

A divisão responsável pela produção de polímeros, segundo Sixel (2009), é uma das maiores do mundo em polímeros de alta performance, fabricando materiais inovadores como *coatings*, adesivos, espumas para isolamento térmico, selantes, policarbonatos e poliuretanos, para a indústria de automóveis, construção, elétricos e eletrônicos, esportes e lazer. Os polímeros são usados na fabricação de colchões, refrigeradores, freezers, roupas acolchoadas, selins de bicicletas, solados para calçados, entre muitos outros. A produção está dividida em 3 fábricas: Anilina, MDI (metileno difenildiisocianato) e PU-M (poliuretanos multipropósitos).

O incinerador presente na unidade industrial consiste de um forno rotativo responsável pela destruição térmica dos componentes orgânicos dos resíduos, de um forno estático para a descontaminação de peças e solos com baixas contaminações de matéria orgânica, e um sistema de tratamento de partículas e gases provenientes dos fornos.

3.2 Tratamento da água do rio Sarapuí

A indústria possui uma estação de tratamento de água (ETA) que capta a água do rio Sarapuí, que tem mais de 20 Km de extensão, cruzando os municípios mais densamente povoado da Baixada Fluminense (Nilópolis, Belford Roxo, São João de Meriti e Duque de Caxias), recebendo todo tipo de dejetos e lixo urbano, apresentando-se morto a partir do seu curso médio.

O ponto de captação da água do rio Sarapuí foi construído a jusante (cerca de 100 m) do ponto de lançamento dos efluentes tratados pela estação de tratamento de despejos industriais (ETDI). A ETA e a ETDI, o ponto de captação da água e o de lançamento dos efluentes estão identificados na Figura 2.



Figura 2. ETDI e ponto de lançamento dos efluentes representada por 1. ETA e ponto de captação da água representado por 2 (SIXEL, 2009).

A captação do rio é de cerca de $110.000 \text{ m}^3/\text{mês}$ ($180 \text{ m}^3/\text{hora}$), tendo a ETA uma capacidade para tratar até $80.000 \text{ m}^3/\text{mês}$. O consumo de água de processo é de aproximadamente $72.000 \text{ m}^3/\text{mês}$, e a geração de efluentes industriais para ETDI é de $40.000 \text{ m}^3/\text{mês}$.

Na ETA, há um gradeamento seguido de uma peneira estática e depois uma calha Parshal para medição de vazão e onde é adicionado 50 mg/L de dióxido de cloro (ClO_2) para oxidação da matéria orgânica, ferro e manganês, e desinfecção por oxidação destrutiva.

Em seguida, a água é armazenada em duas cisternas de 75 m³ cada para homogeneização através de injeção de ar, com tempo de retenção de 40 minutos a 1 hora. Desta cisterna, a água é bombeada para o tratamento físico-químico que consiste de coagulação/floculação, decantação lamelar, filtração e osmose inversa.

Na coagulação/floculação são utilizados como coagulante 250 mg/L de policloreto de alumínio (PAC) e como auxiliar de coagulação o polieletrólito aniônico e hidróxido de sódio (NaOH) para o ajuste do pH para a faixa de 6,8 a 7,2.

Após a coagulação/floculação, a água é direcionada para os tanques de decantação lamelar (Figura 3), para a sedimentação e separação das partículas suspensas, com tempo de residência de 55 minutos. Mesmo após a sedimentação, ainda existem partículas na água, as quais sedimentam a uma velocidade muito baixa, sendo, portanto necessário a adoção de um processo complementar de separação, onde normalmente se emprega o da filtração (MIERZWA & HESPANHOL, 2005). Por isso, a água clarificada segue para o processo de filtração em 3 filtros de areia de 70 m³ cada, apresentados na Figura 4, um método de tratamento bastante antigo, consistindo na passagem da água por gravidade sobre a superfície de um leito de três camadas: areia grossa, areia fina e antracito, com a finalidade de reter sólidos em suspensão.

Periodicamente é realizada a lavagem do leito para remoção de saturação, sendo os filtros soprados com ar e lavados em contra corrente por inversão de fluxo. Utiliza-se para isso, água filtrada com vazão suficiente para a expansão do leito e arraste das impurezas

retidas. Esta água de retrolavagem apresenta cerca de 100 mg/L de sólidos em suspensão, sendo descartado em uma vazão média de 200 m³/dia.



Figura 3. Tanques de decantação lamelar (SIXEL, 2009).



Figura 4. Filtro de areia (SIXEL, 2009).

A água passa por outro processo de filtração, constituído por 2 filtros do tipo cartucho (Figura 5), com elementos filtrantes de polipropileno rígido de 2,5"x40" e micragem nominal de 5 a 1 μ , e em seguida por 3 filtros cartuchos de 1 μ . A água apresenta turbidez inferior a 1 UNT, para ser direcionada para o processo de osmose inversa.



Figura 5. Filtros do tipo cartucho (SIXEL, 2009).

O sistema de osmose inversa composto por um conjunto de membranas semipermeáveis de poliamida responsáveis por remoção de sais dissolvidos, contaminantes orgânicos e bacteriológicos. O sistema possui dois módulos de osmose com 12 vasos e 6 membranas cada um, somando 72 membranas para cada banco. Na água de alimentação dos bancos de osmose são adicionados anti-incrustantes para diminuir a deposição de sais de cálcio e bário na superfície das membranas, e metabissulfito de sódio para remoção residual de cloro livre e biocida. A operação consiste de três estágios, conforme Figura 6, e os módulos de osmose inversa são representados pela Figura 7.

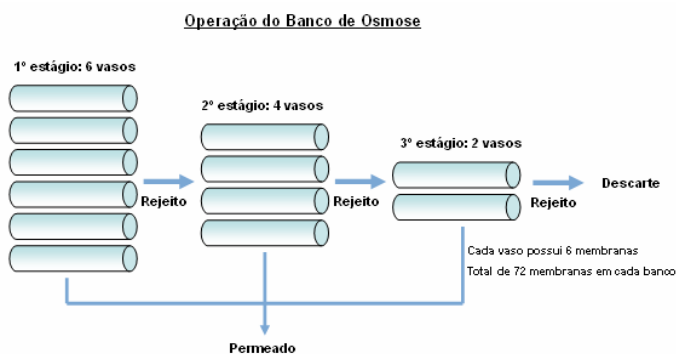


Figura 6. Operação dos módulos de osmose inversa (SIXEL, 2009).



Figura 7. Módulos de osmose inversa (SIXEL, 2009).

A água tratada, antes de sua distribuição para a unidade industrial, é feito o reajuste do pH do permeado com hidróxido de sódio, devendo estar na faixa de 6,5 a 8,5, e cloração com hipoclorito de sódio, objetivando o teor residual de cloro livre na faixa de 1 mg/L. O rejeito salino oriundo dos bancos de osmose inversa apresenta uma vazão estimada de 45 m³/h.

O fluxograma do tratamento da água do rio Sarapuí está representado na Figura 8.

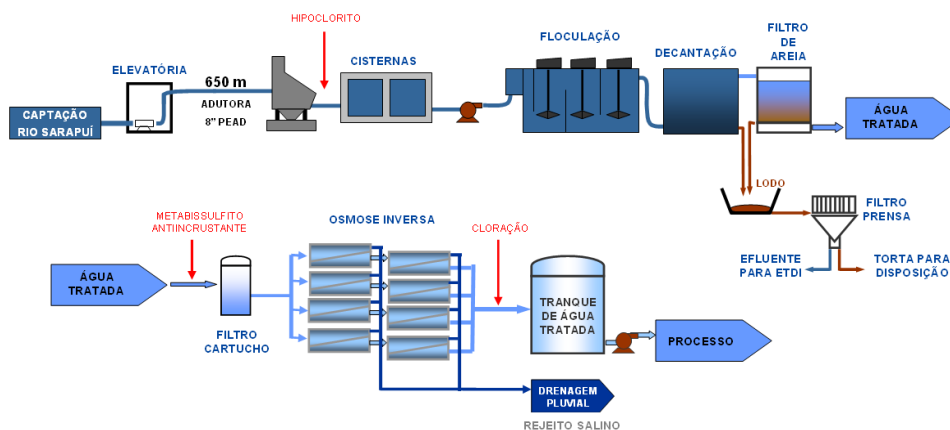


Figura 8. Fluxograma do sistema de tratamento da água do rio Sarapuí (SIXEL, 2009).

A ETA fornece 100 m³/h de água tratada, com controle dos parâmetros físico-químicos a cada três horas: na entrada da peneira estática (condutividade, pH, cor, turbidez, DQO diária), na segunda cisterna (pH, cor, turbidez, cloro residual), na terceira câmara de floculação da ETA (pH), na saída do decantador (cor, turbidez, pH, cloro residual), na saída do filtro de areia (cor, turbidez, pH, cloro residual), na entrada da osmose inversa (cor, turbidez, pH, cloro residual, condutividade), e da água tratada (pH, condutividade, cloro residual).

Esta indústria estabeleceu os parâmetros desejados da água tratada para sua utilização, baseado nas especificações necessárias aos seus processos industriais. Com isso, conforme Tabela 2, têm-se os valores desejados dentro de um padrão para a água tratada na ETA.

Tabela 2. Parâmetros, periodicidade e faixa padrão desejada para a água tratada (adaptado de Sixel, 2009).

Parâmetros	Periodicidade	Faixa padrão	Unidade
Cloro residual livre	Diária	0,5 a 1,20	mg/L
Amônia	Semanal	0,5	mg/L
Ferro	Mensal	0,05	mg/L
Manganês	Mensal	0,05	mg/L
Alumínio	Mensal	0,06	mg/L
Dureza total	Mensal	50	mg/L CaCO ₃
Cálcio	Mensal	40	mg/L
Magnésio	Mensal	2	mg/L
Alcalinidade	Mensal	100	mg/L CaCO ₃
Cloreto	Mensal	200	mg/L
Sulfato	Mensal	150	mg/L
Sólidos totais dissolvidos	Mensal	500	mg/L
Sílica	Mensal	2	mg/L
Cor	Diária	5	mg/L Pt.Co.
Turbidez	Diária	1	UTN
pH	Diária	6.5 – 8.5	
Condutividade	Diária	300	us/cm

3.3 Usos da água na indústria química

Na fábrica de defensivos agrícolas o grande consumo é devido a utilização da água nos processos produtivos e na lavagem de equipamentos, com demanda de 200 m³/mês, na fábrica de polímeros a água também é utilizada no processo e lavagem de equipamentos. Já no incinerador, a água é utilizada para as diversas etapas de lavagem no sistema de tratamento dos gases e a demanda é de cerca de 30 m³/h. Atualmente, cerca de 10 m³/h da água é recirculada para o processo, e cerca de 20 m³/h são abastecidas pela CEDAE.

3.4 Caracterização dos efluentes da indústria química

Na fabricação de defensivos agrícolas, conforme Merçon & Breia (2007), os efluentes gerados apresentam uma grande variabilidade em sua composição, devido à variedade de produtos fabricados e a sazonalidade de sua produção. O efluente apresenta como principal característica a alta toxicidade, representado pela concentração de efeito a 50% dos organismos em teste - CE₅₀, geralmente com CE₅₀ < 25%, e alto teor de matéria orgânica não biodegradável, indicado por valores elevados de Demanda Química de Oxigênio (DQO), que consequentemente podem afetar diretamente o tratamento biológico.

Os efluentes gerados na fabricação de polímeros apresentam alta concentração para valores de DQO e de cloretos, eventual toxicidade (BREIA, 2006).

O incinerador de resíduos sólidos gera efluentes com valores de concentração de DQO inferiores a 4.000 mg/L e sem toxicidade a bactérias.

O efluente gerado na unidade industrial, apresenta grandes quantidades de materiais orgânicos solúveis recalcitrantes, grande variabilidade na sua composição, alta salinidade, temperatura elevada e toxicidade (BREIA, 2006). Esta complexidade do efluente é causada

pelos inúmeros produtos químicos, operações e transformações químicas decorrentes da fabricação dos produtos finais (COSTA *et al*, 2003a). Além da variabilidade dos efluentes, pois algumas fábricas operam em regime contínuo e outras em regime de batelada, as quais funcionam segundo uma sazonalidade de demanda por determinados produtos, como os defensivos agrícolas, provocando variações na vazão e na composição.

3.5 Atendimento à legislação

Segundo a Diretriz nº 205 do INEA, na redução de matéria orgânica biodegradável, as indústrias poluidoras, devem utilizar tecnologias de tratamento que sejam aprovadas e disponíveis, enfocando o controle através de níveis mínimos de remoção da carga orgânica. Sua redução é exigida em termos de percentual de remoção de DBO, sendo estabelecido para processos biológicos convencionais de lodo ativado a eficiência de remoção de DBO mínima de 90%.

Na redução de matéria orgânica não biodegradável e de compostos que interferem na biota aquática e no sistema de tratamento biológico, as indústrias poluidoras devem implantar tecnologias menos poluentes e/ou sistemas de pré-tratamento para o controle da matéria orgânica não biodegradável e dos poluentes. Sua redução é exigida em termos de redução da DQO e/ou de redução da relação DQO/DBO. Quando os efluentes, gerados em cada fábrica ou unidade de produção, são encaminhados para um tratamento biológico, a DQO deve ser menor ou igual a 4.000 mg/L. Em nenhuma hipótese será permitida a diluição dos efluentes líquidos com o objetivo de atender aos limites de lançamento, direto ou indiretamente, nos corpos d'água, sendo limitado valores de concentração de DQO inferiores a 250 mg/L para as indústrias químicas.

A Norma Técnica nº 202 do INEA, é aplicada aos lançamentos realizados direto ou indiretamente em corpos hídricos, fixando os padrões para o lançamento de efluentes, não podendo conferir ao corpo receptor características diferente da qualidade original, assim como não será permitido a diluição de efluentes industriais para o enquadramento aos padrões estabelecidos. Os padrões para lançamento em corpo receptor: pH entre 5,0 e 9,0, temperatura inferior a 40°C, materiais sedimentáveis até 1,0 mL/L, materiais flutuantes virtualmente ausentes, cor virtualmente ausente, óleos e graxas (óleos minerais até 20 mg/L e óleos vegetais e gorduras animais até 30 mg/L), além das concentrações máximas das substâncias.

De acordo com a Norma Técnica nº 213 do INEA, para os lançamentos direto ou indiretos em corpos hídricos, estabelece a utilização de organismos aquáticos vivos para testes de toxicidade, com o objetivo de proteger os corpos hídricos de toxicidade aguda ou crônica. Para o lançamento fica estabelecido um número de unidades de toxicidade igual ou menor que 8 (oito), obtido em testes de toxicidade aguda realizados com peixes *Danio rerio*. Os efluentes de indústrias químicas poderão ainda ser estabelecidas exigências adicionais para cada caso específico, em termos de toxicidade crônica.

3.6 Reciclagem de água

Na fábrica de defensivos agrícolas, os efluentes são gerados pela utilização da água nos processos produtivos, lavagem de equipamentos, peças e acessórios, restos de amostras e análises, e solventes (BREIA, 2006). A água utilizada para drenar equipamentos, linhas, lavagem de acessórios e pisos é depositada em contêineres de 1 m³, e armazenados no depósito para posterior reutilização na primeira partida da próxima produção do mesmo produto. Estas águas residuárias são armazenadas por um período máximo de 3 meses, sendo adicionado apenas biocida para sua conservação. Caso não haja produção do produto que

gerou o efluente, é então encaminhado para o pré-tratamento. Para reduzir o consumo de água é feito um planejamento de produção evitando e minimizando as drenagens e lavagens de equipamentos.

As águas residuárias que não podem ser reutilizadas, são depositadas em contêineres de 1 m^3 , e encaminhadas para a estação de pré-tratamento de efluentes, e posteriormente, em isocontêineres de 20 m^3 para a ETDI.

Na fábrica de polímeros, a primeira lavagem dos equipamentos ocorre com uma pequena quantidade de água, gerando um efluente concentrado em carga orgânica que é coletado em contêineres de 1 m^3 . Os efluentes líquidos com alta carga orgânica são concentrados por destilação nos reatores de produção. O efluente de topo da coluna tem sua concentração de DQO e toxicidade, analisados e direcionados para a ETDI. O resíduo de fundo é utilizado na fabricação de um produto de segunda linha, chamado Poliol L2. A segunda lavagem é realizada com quantidade maior de água, gerando efluente de baixa carga orgânica e sem toxicidade que é encaminhado para o tratamento biológico da ETDI.

3.7 Pré-tratamento dos efluentes

O pré-tratamento na fábrica de defensivos agrícolas, com capacidade de tratar 200 a $250 \text{ m}^3/\text{mês}$, opera em sistema de batelada, de 4 a 5 por mês, e todo efluente gerado é tratado no próprio mês corrente. Segundo Breia (2006), a pior condição de geração de efluentes mensais equivale a 300 m^3 . A cada operação é diluído carvão ativado em pó na água, cerca de 300 Kg/batelada .

O efluente nos contêineres de 1 m^3 é bombeado para os dois tanques de fibra de vidro de 60 m^3 , utilizando a capacidade de apenas 40 m^3 , podendo usar ambos ao mesmo tempo ou apenas um. Nestes tanques ocorre a mistura do carvão ativado com o efluente por 24 horas

com a injeção de ar comprimido, para que ocorra a adsorção das partículas no carvão ativado.

Em seguida, o efluente passa por um processo de filtração através de um filtro prensa, para separação sólido/líquido, onde são coletadas amostras para análise de DQO, toxicidade e pH. Após as análises, se o efluente não se enquadrar dentro dos padrões estabelecidos (DQO inferior a 4.000 mg/L, CE₅₀ superior a 25%), o mesmo retorna para o tanque, o qual será misturado mais carvão ativado. Todos os resíduos sólidos gerados na filtração do efluente são encaminhados para tratamento final por incineração, não havendo a regeneração do carvão ativado.

No terceiro tanque de 60 m³ fica armazenado o efluente após pré-tratamento, o qual é encaminhado para a ETDI por meio de isocontêineres de 20 m³. O objetivo do pré-tratamento está na redução de DQO e da toxicidade antes de enviar o efluente para o tratamento biológico, pois a variação e sazonalidade na produção geram efluentes com uma grande variabilidade, o qual interfere diretamente na atividade microbiológica do tratamento biológico por lodos ativados.

Os valores de DQO desta unidade chegava a 8.000 mg/L, o dobro do limite estabelecido pela Diretriz nº 205 do INEA, além da toxicidade elevada (CE₅₀ entre 12,5% e 25%) devido aos princípios ativos utilizados na formulação dos produtos, e vazão média 1,67 m³/h (MERÇON & BREIA, 2007). Por isso, foi de fundamental importância a implantação de um pré-tratamento para reduzir a carga orgânica (atualmente abaixo de 3.000 mg/L, segundo Merçon & Breia, 2007) e baixar a toxicidade (CE₅₀ superior a 25%), para não afetar a eficiência do tratamento biológico, tornando o efluente mais homogêneo e menos impactante para a microbiota do lodo ativado.

A adsorção em carvão ativado possibilita a remoção de matéria orgânica não biodegradável, podendo ser empregado no pré-tratamento de efluentes tóxicos, adequando o efluente ao tratamento biológico pela redução dos impactos causados pelas cargas tóxicas que chegam à estação de tratamento biológico de efluentes (COSTA *et al*, 2003b).

3.8 Tratamento na estação de efluentes industriais

A indústria química tem como característica a geração de efluentes com uma composição complexa e de complicada tratabilidade, variando conforme o tipo de indústria, o período, o regime de operação, a matéria-prima utilizada e a política de reúso da água. Por isso, o tratamento dos efluentes necessita de eficiência, não comprometendo a fauna e flora, e atendendo aos padrões para lançamento no corpo d'água receptor, sendo comumente utilizado o tratamento biológico por conta de sua eficiência e menor custo econômico (BREIA, 2006).

A ETDI desta indústria química, por vezes, teve sua eficiência reduzida em função da grande instabilidades das correntes que são direcionadas para o tratamento, ocasionando em alguns momentos, um desempenho abaixo do esperado pelo sistema de tratamento biológico, devido as cargas tóxicas e as cargas orgânicas variáveis (BONGIOVANI, 2010).

As águas residuárias dos processos produtivos e do esgoto sanitário, e do percolado do aterro sanitário desta indústria química são direcionadas para a estação de tratamento de despejos industriais (ETDI), Figura 9, com capacidade de tratamento de 150 m³/h, operando atualmente com a capacidade de 80 m³/h em regime contínuo, realizando o tratamento primário por processos físico-químicos (equalização, neutralização e decantação) e secundário (biológico por lodos ativados).



Figura 9. Estação de tratamento de despejos industriais - ETDI (BREIA, 2006).

Os efluentes das 11 unidades fabris desta indústria química são encaminhados por tubulação aérea para uma caixa de captação de 60 m^3 , enterrada no solo e revestida em aço inox, com um coletor de amostras, que são realizadas 3 vezes por dia e encaminhadas para o laboratório da própria indústria para análise da demanda bioquímica de oxigênio (DQO). Anexo há um medidor de COT automático (carbono orgânico total), exigência da licença de operação. Os efluentes da fábrica de defensivos agrícolas passam por um pré-tratamento e são encaminhados através de isocontaineres de 20 m^3 para a ETDI.

Da caixa de captação, os efluentes são bombeados por uma tubulação, através de 2 bombas de $150 \text{ m}^3/\text{h}$ cada, para os 2 tanques de equalização de 3.200 m^3 cada, revestido em aço carbônico e emborrachado internamente. Os tanques de equalização recebem os efluentes por baixo quando vazio até completar 20% da sua capacidade, e depois por cima, possuindo controle automático de sua vazão. Realiza-se nestes tanques a estabilização do fluxo de entrada através de injeção de ar, proporcionando uma característica homogênea de todo o efluente.

Dos tanques de equalização, os efluentes vão por gravidade através de uma tubulação de 400 m para os 2 tanques de neutralização de 40 m³ cada, onde é adicionado ácido sulfúrico a 96% ou hidróxido de sódio a 50% de concentração para o ajuste do pH, que chegam aos tanques de neutralização na faixa de 10 a 11. Há 2 tanques de 50 m³ cada, um armazena o ácido sulfúrico e o outro o hidróxido de sódio.

Após neutralização os efluentes passam para os 2 decantadores primários de 300 m³ cada, com raspador de fundo para a realização do tratamento físico-químico, separando os sólidos em um funil no fundo do tanque e bombeado para o adensador de 50 m³. Do adensador passa para os 2 reatores com misturadores, onde é adicionado cal hidratada como auxiliar de filtração, sendo em seguida bombeado para o filtro prensa. O filtrado vai para o tanque de decantação e os sólidos para caçambas e, posteriormente, para o aterro industrial de classe I.

No final dos decantadores primários são realizadas medição de pH e coleta de amostras para análise de DQO e toxicidade, onde dependendo destes resultados decide-se a vazão no tanque biológico. O clarificado vai para os 2 tanques biológicos de 1.500 m³ cada, onde os efluentes entram juntamente com o ar por uma tubulação no fundo do tanque, proporcionando a agitação necessária para a ação dos microorganismos, e com medição da concentração do oxigênio dissolvido. Estes tanques têm níveis de saída de 6; 6,5; 7; 7,5 e 8 m, em que a vazão define o tempo de retenção.

Em seguida, os efluentes vão para os 2 decantadores secundários de 300 m³ cada, com efeito hidrociclone dos efluentes na entrada. O lodo decantado é bombeado para os tanques biológicos para a reposição dos microorganismos. Após esta decantação, o clarificado é lançado no rio Sarapuí, sendo medido diariamente a temperatura, vazão, e coletado amostras simples para DQO, e semanalmente coletado amostras compostas de 24 horas para análise

completa dos efluentes tratados que estão sendo lançados no rio. O fluxograma do tratamento de efluentes industriais está representado abaixo pela Figura 10.

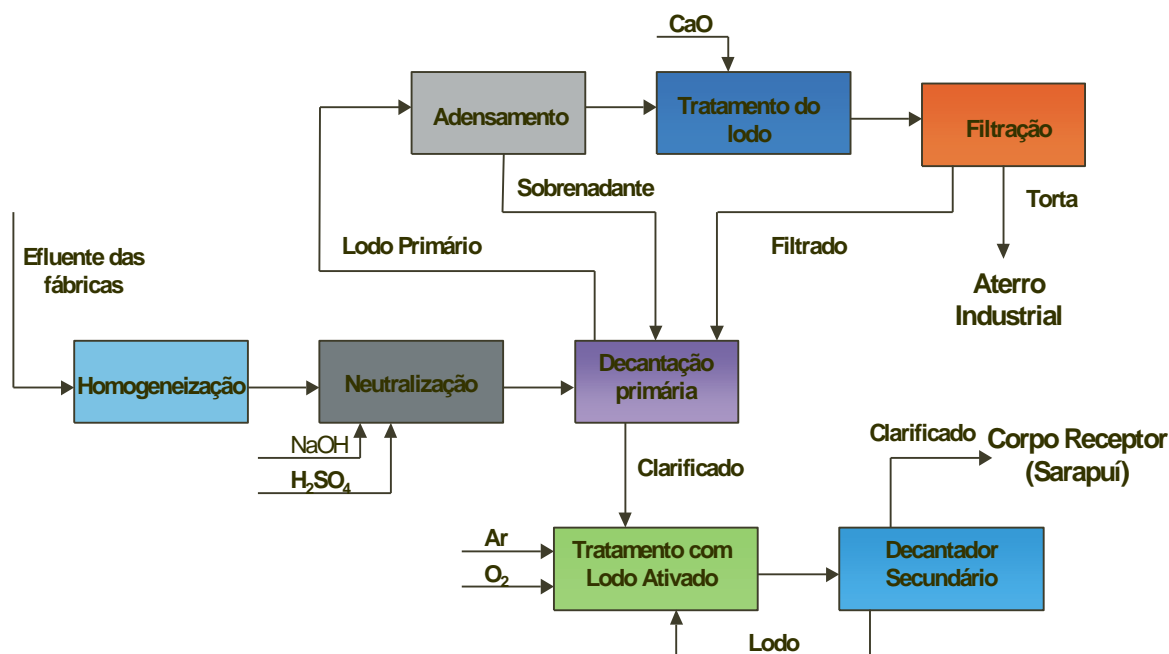


Figura 10. Fluxograma do sistema de tratamento dos efluentes líquidos (SILVA, 2002).

Os efluentes oriundos do incinerador de resíduos sólidos passam por 3 tanques, chegando no primeiro com um pH de 6,5, onde é adicionado ao efluente leite de cal; no segundo tanque é adicionado o coagulante e ajustado o pH para a faixa de 9,5 a 10,5; no terceiro tanque é adicionado o polímero. Uma bomba puxa do fundo do terceiro tanque os efluentes e encaminha para um decantador de 100 m³ que funciona por batelada. Em seguida para o adensador, e depois para o tanque de neutralização, seguindo os processos da ETDI.

O rio Sarapuí, classificado pela INEA para os usos: estético, flora e fauna naturais, abastecimento industrial e diluição de despejos. Tem cerca de 20 km de comprimento, com muitas retificações ao longo, largura média de 10 m, apresentando a partir do seu curso

mediano ausência de peixes e algas e grande presença de esgoto (SIXEL, 2009). Este rio que deságua na Baía de Guanabara, apresenta atualmente um nível de oxigênio dissolvido próximo a zero (COSTA, 2003a).

3.9 Reutilização de efluentes tratados

O efluente tratado na ETDI é misturado ao efluente final do incinerador de resíduos sólidos na proporção de 4:1, passando pelos processos de equalização, floculação, decantação, filtração convencional e osmose inversa, sendo reutilizado no incinerador de resíduos, conforme Figura 11.

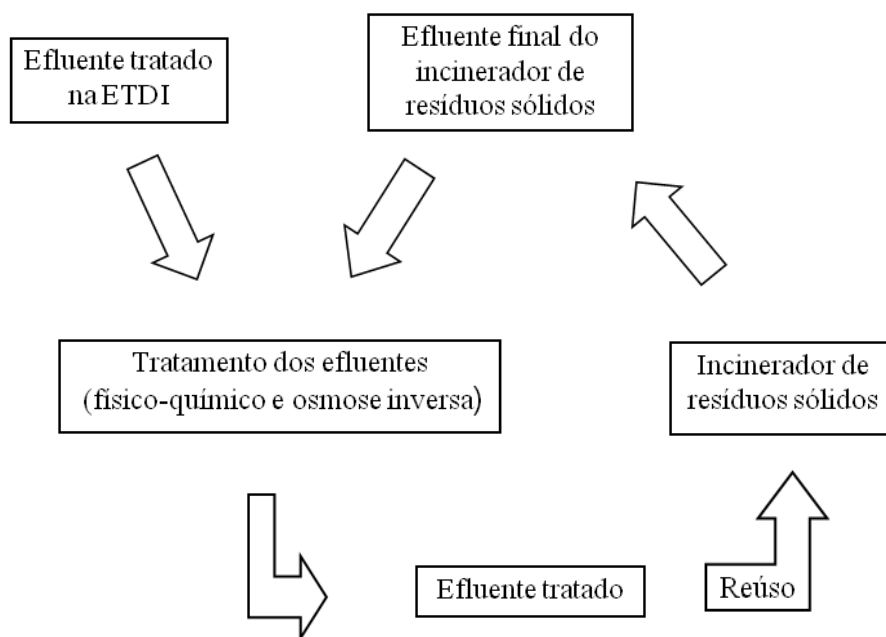


Figura 11. Fluxograma do sistema de reúso de efluentes tratados no incinerador de resíduos sólidos.

Na Tabela 3 está representada a caracterização da água de alimentação que chega ao sistema de tratamento físico-químico e a água produzida após passar pela osmose inversa.

Tabela 3. Água de alimentação do sistema de tratamento e água produzida após osmose inversa. (Projeto de redução de consumo de água potável desta indústria química, 2011).

Parâmetro	Água de alimentação	Água produzida	Unidade
pH	6,7	6,0	
Temperatura	35	32	°C
DQO	28	<10	mg/L
Cloretos	8.350	149	mg/L
TDS	20.460	395	mg/L
Alcalinidade total	250	30	mg/L CaCO ₃
Dureza total	70	8	mg/L CaCO ₃
Sílica	10	<1	mg/L
Sulfatos	4.000	37	mg/L

O líquido permeado é reutilizado como água de processo no incinerador de resíduos sólidos, a uma vazão de cerca de 25 m³/h, dentro dos limites estabelecidos pela legislação (Norma Técnica nº 202 e Diretriz nº 205). O restante do líquido concentrado em sais é direcionado para a rede de drenagem pluvial para ser descartado a montante do ponto de captação da água bruta, a uma vazão cerca de 25 m³/h. Esta prática possibilitou uma redução de cerca de 50% o lançamento de efluentes tratados no rio Sarapuí.

4. METODOLOGIA

Este estudo foi realizado em uma indústria química do estado do Rio de Janeiro, com levantamento bibliográfico dos processos de tratamento de água e de efluentes e das práticas de reciclagem e reúso de água.

As visitas realizadas à unidade industrial, acompanhado pelo colaborador responsável, teve como objetivo conhecer e melhor descrever o tratamento de água realizado na ETA e o tratamento de efluentes na ETDI, além dos processos de fabricação de defensivos agrícolas e polímeros, do pré-tratamento dos efluentes e das atividades desenvolvidas no incinerador de resíduos sólidos.

Com os resultados da caracterização das amostras de água do rio Sarapuí, realizada pela própria indústria em 2005, comparou-se com os padrões de qualidade da água estabelecidos na Resolução nº 357/2005 e 274/2000 do CONAMA. Também foi comparada a qualidade da água bruta do rio e da água tratada na ETA com o padrão exigido pela indústria.

Os impactos socioambientais da captação de água do rio e do tratamento na ETA foram relatados, e descrito as práticas de reciclagem de água nas fábricas de defensivos agrícolas e de polímeros e de reúso de efluentes tratados no incinerador de resíduos sólidos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram caracterizadas amostras da água do rio Sarapuí durante o mês de fevereiro de 2005 em período de maré de sizígia, fornecendo os valores médios para os parâmetros da água captada deste rio conforme Tabela 4 (SIXEL, 2009).

Tabela 4. Resultados dos parâmetros analisados da água do rio Sarapuí (adaptado de Sixel, 2009).

Parâmetro	Valores médios	Parâmetro	Valores Médios
Alcalinidade total (mg CaCO ₃ /L)	124	Bário total (mg/L)	0,11
Alumínio total (mg/L)	0,88	Sílica reativa (mg/L)	20
Amônia (mg NH ₃ /L)	15	Sólidos totais dissolvidos (mg/L)	395
Cálcio total (mg/L)	20	Sólidos suspensos totais (mg/L)	49
Cloretos (mg/L)	157	Coliformes fecais (UFC/100 mL)	3,1 x 10 ⁶
Condutividade (µS/cm)	894	Coliformes totais (UFC/100 mL)	2,3 x 10 ⁷
Cor (uH)	30	Dureza (mg/L CaCO ₃)	61,2
Ferro solúvel (mg/L)	1,2	Surfactantes aniônicos (MBAS) (mg/L)	2,0
Manganês total (mg/L)	0,32	Nitrito (mg/L)	0,1
Magnésio (mg/L)	2,86	Sólidos sedimentáveis (mL/L)	0,7
pH	7,68	Temperatura (°C)	26,0
Sulfatos (mg/L)	110	Nitrogênio Kjeldahl total (mg N/L)	21,0
Turbidez (UNT)	33	Zinco total (mg/L)	0,03
Fosfato total (mg/L)	2,2	Sódio Total (mg/L)	160
Nitrato (mg/L)	< 2	Potássio Total (mg/L)	17
DQO (mg O ₂ /L)	91		

Comparando estes resultados com os padrões de qualidade da água estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 do CONAMA para águas doces classe I, o rio Sarapuí apresenta valores elevados de alumínio (0,88 mg/L), ferro solúvel (1,2 mg/L), e manganês total (0,32 mg/L). Esta resolução estabelece para estes elementos inorgânicos os valores de 0,1 mg/L, 0,3 mg/L e 0,1 mg/L, respectivamente.

Para coliformes fecais, os valores são elevados ($3,1 \times 10^6$ UFC/100 mL) comparativamente ao estabelecido na Resolução nº 274/2000 do CONAMA, que considera imprópria as águas para recreação e contato direto quando estas apresentam valores superiores a 2.500 UFC/100 mL de amostra. Segundo Sixel (2009), isso representa a situação degradante do rio Sarapuí por conta dos despejos de esgoto sanitário ao longo do seu percurso.

Esta indústria química apresenta um padrão de qualidade da água para sua unidade, apresentando os valores máximos, conforme Tabela 5 abaixo.

Tabela 5. Padrão de qualidade da água definida por esta indústria química (adaptado de Sixel, 2009).

Parâmetro	Unidade	Valores máximos
Alcalinidade total	mg/L	100
Alumínio total	mg/L	0,06
Amônia	mg/L	0,5
Cálcio total	mg/L	40
Cloreto	mg/L	200
Coliformes fecais	UFC/100 mL	ausência
Condutividade	μ S/cm	300
Cor	mg/L Pt.Co.	5
Ferro solúvel	mg/L	0,05
Fosfato total	mg/L	6
Manganês total	mg/L	0,05
Magnésio	mg/L	2
Nitrato	mg/L	50
pH		6.5 – 8.5
Sulfato	mg/L	150
Turbidez	UNT	1

Comparando com os resultados da água bruta captada do rio, somente os parâmetros cálcio, cloretos, fosfato total, pH, e sulfato estão dentro do padrão de qualidade de água. Todos os demais precisam ser removidos durante o tratamento da água na ETA.

O processo de tratamento na ETA é eficiente, com capacidade de remover os contaminantes presentes na água captada, fornecendo um água de alta qualidade para a indústria química, conforme as exigências para a sua utilização nos processos industriais, de acordo com a Tabela 6, que contém os resultados comparativos da caracterização da água bruta captada no rio Sarapuí e o valor médio obtido no monitoramento dos últimos 12 meses fornecido pela indústria.

Tabela 6. Qualidade da água do rio Sarapuí antes e depois do tratamento e a percentagem de remoção dos parâmetros analisados. (Tratamento de efluentes nesta indústria química, 2010; adaptado de SIXEL, 2009).

Parâmetros	Unidade	Faixa padrão de qualidade da água	Água bruta do rio Sarapuí	Água tratada (últimos 12 meses)	% removido pela ETA
Alcalinidade total	mg/L CaCO ₃	100	124	10,28	91,7
Alumínio	mg/L	0,06	0,88	0,02	97,7
Amônia	mg/L	0,5	15	0,22	98,6
Cálcio	mg/L	40	20	1,3	93,4
Cloreto	mg/L	200	157	9,8	93,8
Coliformes fecais	UFC/100ml	0	3,1E+06	0	100,0
Coliformes totais	UFC/100ml	0	2,3E+07	0	100,0
Condutividade	µS/cm	300	894	54	94,0
Dureza	mg/L CaCO ₃	50	68,9	3	95,6
Magnésio	mg/L	2	2,86	0,05	98,3
Ferro solúvel	mg/L	0,05	1,2	0,02	98,4
Manganês total	mg/L	0,05	0,32	0,02	93,7
Sílica	mg/L	2	20	0,85	95,8
Sulfato	mg/L	150	110	1,1	99,0

A eficiência da ETA é comprovada pela remoção de 91,7 a 100% dos contaminantes, conforme Figura 12, demonstrando a possibilidade de utilização de uma água bastante poluída para o atendimento de um uso extremamente exigente em relação aos parâmetros necessários à fabricação de seus produtos (defensivos agrícolas e polímeros). Para isso faz-se necessário o

emprego de tecnologias avançadas de tratamento de água, como a osmose inversa, e o acompanhamento diário para a manutenção da qualidade da água, que é fornecida a indústria química para seus processos produtivos.

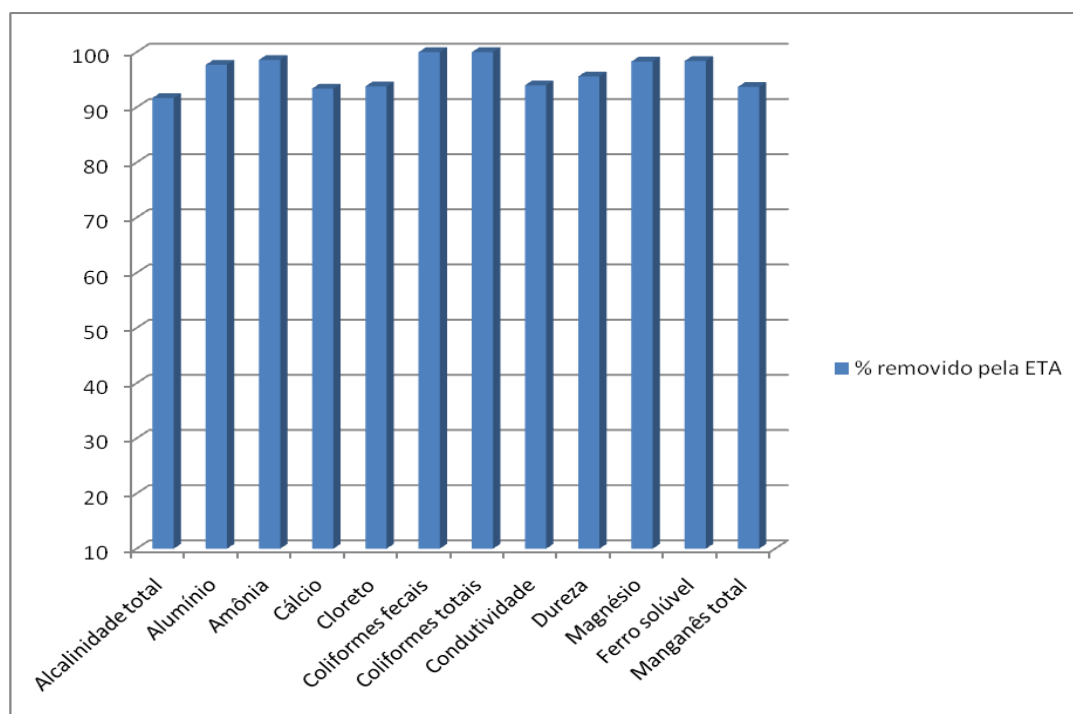


Figura 12. Percentagem de remoção dos contaminantes da água bruta do rio Sarapuí.

O único parâmetro de qualidade que apresenta uma dificuldade na remoção é a amônia, segundo informação da ETA, pois varia em períodos de seca do rio Sarapuí. Na tabela acima podemos observar que este parâmetro apresenta uma remoção de 98,6 % nos últimos 12 meses, ou seja, um valor médio de 15 mg/L na água bruta e de 0,22 mg/L na água tratada, demonstrando uma remoção eficiente de amônia e dentro do padrão estabelecido pela indústria que é de 0,5 mg/L.

Comparando os valores médios dos últimos 12 meses, Figura 13, os parâmetros alcalinidade, cloreto e dureza são os mais elevados, com 124 mg/L CaCO₃, 157 mg/L e 68,9 mg/L CaCO₃ respectivamente. Mesmo assim, o tratamento da água foi eficiente na remoção destes contaminantes, com valores médios de 10,28 mg/L CaCO₃, 9,8 mg/L e 3 mg/L CaCO₃, valores estes bem inferiores ao exigido pela indústria química.

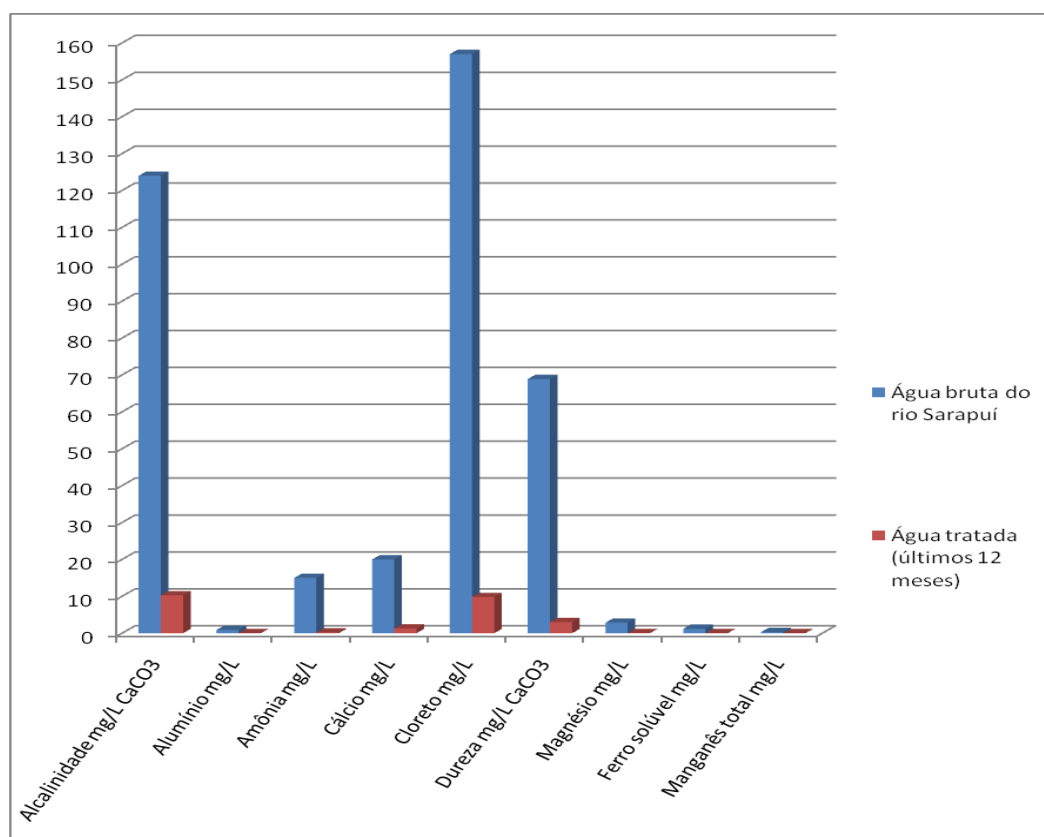


Figura 13. Valores médios da água bruta e da água tratada (últimos 12 meses).

A condutividade da água bruta teve valor médio de 894 μ S/cm nos últimos 12 meses, enquanto na água tratada o valor médio foi de 54 μ S/cm, conforme Figura 14, uma percentagem de remoção de 94%, e com um valor inferior ao estabelecido por esta indústria.

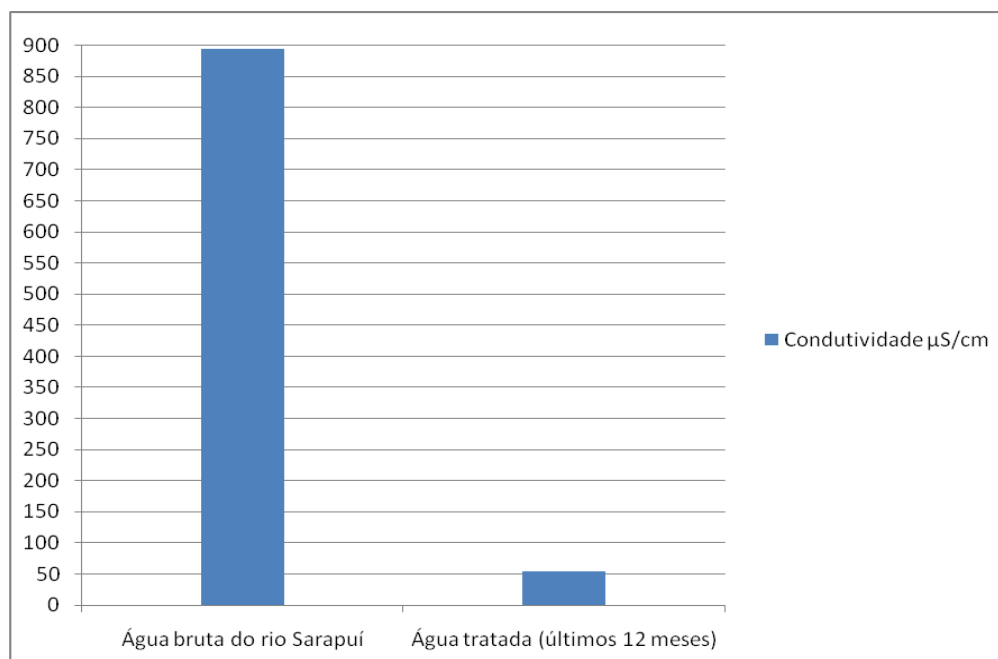


Figura 14. Condutividade da água bruta e água tratada (últimos 12 meses).

Com a captação e tratamento da água do rio Sarapuí esta indústria química garante o uso de água conforme sua demanda e o padrão de qualidade necessário para sua utilização. Com o uso da água deste rio a indústria teve uma economia de mais de 70 milhões de litros/mês de água potável e reduziu a carga orgânica do rio Sarapuí em função do volume de água captado e tratado. Isto representa uma economia financeira de 70% comparado com o fornecimento de água pela CEDAE.

A unidade industrial já realizou redução do consumo e reaproveitamento interno de água, proporcionando uma redução significativa na geração de efluentes, impossibilitando a reduzir ainda mais a geração (BREIA, 2006). A reciclagem de água nas unidades produtivas de defensivos agrícolas e de polímeros, segundo informações da indústria, possibilitou uma redução no consumo de água de processo e redução de carga orgânica para a ETDI, diminuindo os impactos negativos sobre os ecossistemas aquáticos.

Cada litro de água recirculada corresponde a um litro de água disponível para outros usos, consistindo em estratégia para ampliar a disponibilidade, contribuindo para a preservação dos recursos hídricos, e promovendo a redução do impacto ambiental. Ou seja, uma ferramenta para a mitigação da poluição e diminuição do desperdício, fazendo-se uso consciente e eficiente da água.

Conforme Breia (2006), já foram realizados estudos para aumentar a eficiência de remoção dos contaminantes na ETDI desta indústria, em que os efluentes se caracterizam por uma elevada carga orgânica e alta toxicidade. Segundo Silva (2002), a baixa eficiência na remoção dos contaminantes era devido às correntes de afluentes instáveis e muito variáveis, afetando o tratamento biológico, onde ocorriam perdas excessivas de lodo biológico pelos decantadores.

Silva (2002) estudou a segregação das linhas de efluentes e implantação do pré-tratamento específico, com o objetivo de controlar cada uma das correntes de afluentes para assegurar resultados positivos. Houveram várias modificações nos processos produtivos, nos equipamentos e no pré-tratamento.

Conforme descrito neste estudo, a ETDI passou a descartar seus efluentes industriais em conformidade com os padrões de lançamento, comprovado pelos resultados das análises físico-químicas e ecotoxicológicas dos efluentes tratados no trabalho de Silva (2002).

A reutilização de efluentes tratados de uma indústria química não é algo simplório, demandando tecnologias avançadas e profissionais qualificados. Neste caso, os efluentes tratados na ETDI são misturados com os efluentes do incinerador de resíduos sólidos, passando por tratamento físico-químico, filtração convencional e osmose inversa para remoção de carga orgânica e sais, sendo reutilizado nos processos de lavagem de gases do

incinerador. Isto possibilitou a reutilização de 25 m³/h, reduzindo o consumo de água e diminuindo em 50% o lançamento de efluentes tratados na ETDI para o rio Sarapuí.

Neste trabalho não foi possível avaliar o efluente tratado desta indústria, o qual é reutilizado no incinerador, devido a falta de dados disponíveis na literatura.

6. CONCLUSÃO

A caracterização da água bruta do rio Sarapuí apresenta valores elevados de concentração de alumínio, ferro solúvel e manganês total conforme os padrões de qualidade para águas doces classe I, da Resolução nº 357/2005 do CONAMA, e valores elevados para coliformes fecais conforme a Resolução nº 274 /2000 do CONAMA.

A água bruta captada do rio Sarapuí apresentou os parâmetros cálcio, cloretos, fosfato total, pH, e sulfato dentro do padrão de qualidade de água para esta indústria, ficando os demais parâmetros fora do padrão de qualidade.

A estação de tratamento de água tem uma eficiência elevada na remoção dos contaminantes de 91,7 a 100%, obtendo uma água de alta qualidade exigida para a produção dos produtos desta indústria química, como a produção de defensivos agrícolas e polímeros. O único problema ocorre durante o período de estiagem do rio Sarapuí, pois a concentração de amônia é variável, mas o tratamento da água é eficiente na remoção deste parâmetro dentro do padrão de qualidade exigido por esta indústria.

Mesmo para os parâmetros com valores médios elevados como alcalinidade, cloreto, dureza e condutividade, o sistema de tratamento de água demonstrou eficiência na remoção destes de acordo com o padrão de qualidade estabelecido, alcançado até mesmo valores médios inferiores a estes.

A partir da captação e do tratamento da água proveniente do rio Sarapuí há garantias de fornecimento contínuo de água segundo sua demanda e padrão de qualidade, economizando mais de 70 milhões de litros/mês de água potável, representando uma economia financeira de 70% comparado com o fornecimento de água de abastecimento da CEDAE.

O tratamento dos efluentes possibilita a redução da carga orgânica e da toxicidade que são lançados no rio Sarapuí, em função do volume de água captado e tratado, atendendo aos padrões estabelecidos na legislação vigente para o descarte de efluentes líquidos e sólidos, contribuindo desta forma para a preservação dos recursos hídricos, da fauna e flora aquática, e promovendo a redução do impacto ambiental.

A redução no consumo e o reaproveitamento interno de água, com as práticas de reciclagem de água na produção de defensivos agrícolas e de polímeros, e da reutilização de efluentes tratados nos processos de lavagem de gases do incinerador de resíduos sólidos, proporcionou uma redução significativa na geração de efluentes.

O reúso de água no incinerador de resíduos sólidos reduziu em 50% o lançamento de efluentes tratados no rio Sarapuí devido a reutilização de 25 m³/h.

Com o tratamento eficiente dos efluentes industriais, e visando um maior aproveitamento do recurso hídrico, faz-se necessário estudos para usos mais diversificados da água de reúso, podendo ser reutilizada para outros fins, como água de reserva para o combate a incêndios, lavagem de pátios, irrigação de áreas verdes, descarga de sanitários, entre outros. Para esta diversificação será necessário avaliar a qualidade dos efluentes tratados na ETDI e definir a qualidade da água para o reúso específico, possibilitando uma utilização eficiente da água.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONGIOVANI, Milene Carvalho. **Aplicação do processo de lodos ativados com posteriores processos físico-químicos no tratamento de efluente industrial salino visando ao reúso.** Rio de Janeiro, 2010, 155 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à engenharia ambiental.** 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRAILE, Pedro Márcio; CAVALCANTI, José Eduardo W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais.** São Paulo: CETESB, 1979.

BRASIL. **Decreto Federal nº 24.643**, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acesso em: 29 de agosto de 2010.

BRASIL. **Lei nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm>. Acesso em: 30 de agosto de 2010.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**, promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília, DF: Ministério da Educação.

BRASIL. **Lei 9.433**, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, entre outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 30 de agosto de 2010.

BRASIL. **Lei 9.984**, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9984.htm>. Acesso em: 30 de agosto de 2010.

BRASIL. **Resolução CNRH nº 54**, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.cnrh.gov.br/sitio/>>. Acesso em: 03 de setembro de 2010.

BREGA FILHO, Darcy; MANCUSO, Pedro Caetano Sanches. Conceito de reúso de água. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos (Editores). **Reúso de água.** Barueri, SP: Manole, 2003.

BREIA, Gabriela de Carvalho. **Aplicação dos processos de coagulação/floculação e adsorção em carvão ativo no tratamento primário dos efluentes de indústrias de defensivos agrícolas.** Rio de Janeiro, 2006, 174 p. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

CONAMA. **Resolução nº 274**, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>>. Acesso em: 30 de agosto de 2010.

CONAMA. **Resolução nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 30 de agosto de 2010.

CONAMA. **Resolução nº 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, co conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 04 de junho de 2011.

COSTA, Flávia Cavaleiro et al. **Tratamento do efluente de uma indústria química pelo processo de lodos ativados convencional e combinado com carvão ativado.** Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol. 8 - Nº 4 - out/dez, p. 274-284, 2003a.

COSTA, Flávia Cavaleiro. **Aplicação de carvão ativado em pó (CAP) ao processo biológico de tratamento de um efluente da indústria química.** Joinville: Prêmio ABES/CETREL - 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol. 9 - Nº 2 - abr/jun, p. 170-176, 2003b.

COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães. Reúso. In: TELLES, Dirceu D'Alkmin; COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães (Coord.). **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas.** 1. ed. São Paulo: Blucher, 2007.

CUTOLO, Silvana Audrá. **Reúso de águas residuárias e saúde pública.** São Paulo: Annablume/Fapesp, 2009.

DECLARAÇÃO DE PARIS. Conferência internacional sobre água e desenvolvimento sustentável. 1998. Disponível em:< <http://www.aguaweb.com.br/noticias/docs/paris.asp>>. Acesso em: 30 de agosto de 2010.

DI BERNARDO, Luiz; SABOGAL PAZ, Lyda Patrícia. **Seleção de tecnologias de tratamento de água.** vol. 1 e 2. São Carlos: LDIBE LTDA, 2008.

FEEMA. **Critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos**. NT 202 R.10. Rio de Janeiro, 1986.

FEEMA. **Diretriz de controle de carga orgânica em efluentes líquidos de origem industrial**. DZ 205 R.5. Rio de Janeiro, 1991.

FEEMA. **Critérios e padrões para controle da toxicidade em efluentes líquidos industriais**. NT 213 R.4. Rio de Janeiro, 1990.

FINK, Daniel Roberto; SANTOS, Hilton Felício dos. A legislação de reúso de água. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos (Editores). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003.

GRANZIERA, Maria Luiza Machado. **Direito de águas: disciplina jurídica das águas doces**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2006, 252 p.

HESPANHOL, Ivanildo. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos (Editores). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. **Cobrança pelo uso da água**. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/mais/financeiro.asp>>. Acesso em: 30 de agosto de 2010.

LAVRADOR FILHO, José. **Contribuição para o entendimento do reúso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. São Paulo, 1987, 198 p. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica de São Paulo.

MERÇON, Fábio; BREIA, Gabriela de Carvalho. **Tratamento primário do efluente gerado na produção de defensivos agrícolas**. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, 2007.

MIERZWA, José Carlos; HESPANHOL, Ivanildo. **Água na indústria: uso racional e reúso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005, 143 p.

MILARÉ, Edis. **Direito do Ambiente em foco: doutrina, jurisprudência, glossário**. 5 ed., ref., atual., e ampl. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Instrução Normativa nº 4**, de 21 de junho de 2000. Aprova os procedimentos administrativos para a emissão de outorga de direito de uso de recursos hídricos, em corpos d'água de domínio da União. Disponível em: <<http://www.scribd.com/doc/6481060/IN-MMA-0421062000>>. Acesso em: 11 de setembro de 2010.

NUVOLARI, Ariovaldo; COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães. Tratamento de efluentes. In: TELLES, Dirceu D'Alkmin; COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães (Coord.). **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2007.

PHILIPPI JR., Arlindo. Reúso de água: uma tendência que se firma. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos (Editores). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003.

RICHTER, Carlos A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Blucher, 2009.
RIO DE JANEIRO. **Lei 3.239**, de 02 de agosto de 1999. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta a Constituição Estadual, em seu artigo 261, parágrafo 1º, inciso VII e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/cerhi/lei3239.asp>>. Acesso em: 30 de agosto de 2010.

RIO DE JANEIRO. **Resolução CERHI-RJ, nº 09**, de 13 de novembro de 2003. Estabelece critérios gerais sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos de domínio do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/cerhi/res_09.asp>. Acesso em: 12 de setembro de 2010.

RIO DE JANEIRO. **Lei nº 4.247**, de 16 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a cobrança pela utilização dos recursos hídricos de domínio do Estado do Rio de Janeiro e dá outras providências. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/l_estadual/lei4247.asp>. Acesso em: 30 de agosto de 2010.

SANTOS, Hilton Felício dos; MANCUSO, Pedro Caetano Sanches. A escassez e o reúso de água em âmbito mundial. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos (Editores). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003.

SCHNEIDER, Ivo André H. (Coord.). **Tratamento e reciclagem de água em lavanderias industriais**. Relatório final do projeto CT-HIDRO. Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Escola de Engenharia. 2004.

SILVA, F.B. **Evolução da estação de tratamento de despejos industriais do parque industrial de Belford Roxo – Bayer S.A. – Tribel S.A.** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

SIXEL, Raphael da Rocha. **Osmose inversa aplicada no reúso da água do rio Sarapuí em processos industriais**. Rio de Janeiro, 2009, 106 p. Dissertação de Mestrado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

UNITED NATIONS. Water for industrial use. Economic and Social Council, Report E/3058/STECA/50, United Nations, Nova York, 1958.

WESTERHOFF, G.P. Un update of research needs for water reuse. In: **Water Reuse Symposium**, 3, 1984. San Diego, Califórnia, Poceedings, p. 1731-42.

