



## Reúso de água na indústria: solução ambiental e econômica em empresas de fabricação de peças em gesso e vidraçarias

**Daiana Maffessoni<sup>1</sup>, Tatiane Benvenuti<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS (mafadaia@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul- UFRGS (benvenuti.tatiane@gmail.com)

### Resumo

Com o objetivo de gerenciar adequadamente o uso da água e o descarte de efluentes, buscando reduzir o impacto ambiental de processos de fabricação de forros, divisórias e acabamentos em gesso e também de lapidação e polimento de vidros, foi proposta uma metodologia de tratamento de águas de processo que possibilitasse o reúso, a fim de constituir processos em ciclo fechado, eliminando o descarte de efluentes no ambiente. Três empresas de pequeno porte, que buscavam regularização da situação junto aos órgãos ambientais, implantaram, entre os anos de 2011 e 2012, o sistema de tratamento de efluentes para reúso. O processo físico-químico possibilitou o reúso de um volume médio total de 20m<sup>3</sup>/ano nas empresas avaliadas. Embora o volume consumido pelos processos industriais estudados seja baixo, mais que o benefício econômico obtido com o reúso da água, estas empresas reduzem seu potencial poluidor e, ao eliminar o descarte de efluentes, minimizam também o custo ambiental fixo, associado aos laudos de qualidade de água para descarte, exigidos pelos órgãos ambientais, e custos futuros, caso seja verificada a contaminação ambiental em decorrência do descarte dos efluentes, principalmente no momento em que a legislação elenca o efeito ecotóxico dos efluentes entre os fatores limitantes para o descarte.

Palavras-chave: Água. Tratamento de efluentes. Reúso

Área Temática: Tema 2- Águas Residuárias

## Water reuse in industry: economic and environmental solution for factories of gypsum artifacts and glazing

### Abstract

*This paper presents initiatives to properly manage water use and wastewater discharge, seeking to reduce the environmental impact of manufacturing processes ceilings, partitions and plaster finishes and also cutting and polishing of glass. A water treatment process that allows water reuse in order to provide closed-loop process, eliminating the disposal of effluents into the environment was proposed. Three small businesses, aiming regularizes their situation in environmental agencies implemented, between the years 2011 and 2012, the treatment effluent system for reuse. The physic-chemical process enabled the reuse of a total average volume of 20m<sup>3</sup> per year in these companies. Although the consumed volume by industrial processes studied is low, more than the economic benefit obtained with water reuse, these companies reduce their pollution potential and eliminate the discharge of effluents, also minimize the environmental fixed cost, combined with reports of quality water disposal, demanded by environmental agencies, and future costs, if identified environmental contamination due to disposal of effluent , particularly when the legislation lists the ecotoxic effect of effluent among the limiting factors for disposal.*

*Key words:* Water. Wastewater treatment. Reuse.

*Theme Area:* Theme 2 – Wastewater



## 1 Introdução

A necessidade de reduzir os custos de produção minimizando os desperdícios e o consumo de água na indústria, aliado as pressões da sociedade e a leis como a 9.433 de 9 de janeiro de 1997 que institui a cobrança pela captação de água e o lançamento de efluentes, vem forçando os empreendedores a mudar costumes e processos relacionados ao consumo de água abrindo, assim, caminho ao uso de efluente e de águas de qualidade inferior em suas instalações.

Grande parte do consumo total de água doce, é direcionada às indústrias que, em função de diferentes tecnologias e atividades desenvolvidas, possuem uma ampla aplicação, como por exemplo, matéria-prima, reagente, solvente, lavagens de gases, veículo, transmissão de calor, agente de resfriamento, fonte de energia, entre outros (TELLES et al., 2010).

A poluição ambiental acontece por perdas de energia, matérias-primas e, muitas vezes, por ineficiência dos processos industriais. A poluição pelos efluentes industriais pode ser controlada utilizando processos mais modernos e otimizados, reduzindo o consumo na fonte, reutilizando e evitando o lançamento de efluentes sem tratamento nas redes coletores ou diretamente no ambiente (GIORDANO, 2011).

Segundo a CETESB (2013), a reutilização - ou o reúso de água ou o uso de águas resíduárias - não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo há muitos anos. Existem relatos de sua prática na Grécia Antiga, com a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação. No entanto, a demanda crescente por água tem feito do reúso planejado da água um tema atual e de grande importância.

A Organização Mundial da Saúde (1973) trouxe um dos conceitos mais antigos sobre reúso de água sendo definido reúso direto, indireto e reciclagem, destacando que a reciclagem é o reúso da água internamente às instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

Deve-se considerar o reúso de água como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de efluentes e do consumo de água (CETESB, 2013).

Para implantar o reúso se faz necessário seguir critérios e diretrizes que podem ser encontrados em publicações de órgãos governamentais como a EPA americana e a OMS ou em bibliografia especializada (OENNING & AWLOWSKY; 2013).

Após a geração do efluente no processo industrial, há a possibilidade de recuperação e reutilização das águas através de diversas formas de tratamento (HESPAÑOL, 2003). A obtenção de água em um bom grau de qualidade, só é possível com a aplicação de técnicas de tratamento específicas que, para melhor efeito, podem ser combinadas entre si. Para desenvolver um sistema de tratamento que atenda as necessidades de cada processo, é importante conhecer as capacidades e limitações de cada técnica e, a escolha da tecnologia mais adequada para o tratamento de água ou de um determinado efluente, depende muito das características dos contaminantes que deverão ser eliminados ou minimizados (MIERZWA et al., 2005).

No processo de fabricação de gesso são gerados efluentes da mistura água/gesso, pois as propriedades mecânicas da pasta de gesso dependem dessa relação (ROSSLER & OLDER, 1989). O gesso é um dos materiais de construção mais antigos de que se tem notícia por apresentar vantagens, como boas propriedades termo-acústicas, além de possuir boa resistência ao fogo (OLIVEIRA, 2012). O Brasil possui as maiores reservas de gipsita do mundo, segundo o Sumário Mineral de 2008 da U.S Geological Survey, porém a produção e o consumo ainda são comparados aos de vários países. Os Estados Unidos é o maior produtor



## 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 23 a 25 de Abril de 2014

mundial, seguido da Espanha e do Irã, cujos dados mostram que ainda existe um potencial latente para o uso do gesso a ser explorado no Brasil.

Segundo a Engessul – Indústria e Comércio (2013), os problemas causados pelos resíduos de gesso ao meio ambiente estão relacionados com a geração de gás sulfídrico ( $H_2S$ ), substância que, em baixas concentrações, apresenta odor característico, semelhante ao de ovo podre. Os efeitos da intoxicação por gás sulfídrico são graves, similares aos do monóxido de carbono, porém mais intensos. O gás paralisa o sistema nervoso que controla a respiração, provocando asfixia. Além de inflamável, em concentrações acima de 8 ppm, o gás sulfídrico, provoca irritação nos olhos, sendo letal em concentrações da ordem de 500 ppm.

No processo de lapidação de vidro, também são gerados efluentes. Segundo a Associação Nacional de Vidraçarias (ANAVIDRO, 2013), a lapidação é um processo utilizado para modelagem do vidro utilizando água, no acabamento das bordas das placas para que o corte seja retirado e a resistência aumentada. A técnica é amplamente aplicada na produção de tampos de mesas de vidro e espelhos. O efluente do processo de lapidação consiste numa mistura de água e pó de vidro em diferentes granulometrias. Os sólidos mais grosseiros depositam-se no fundo do reservatório do equipamento de lapidação, enquanto os finos permanecem suspensos na água e conferem cor. Quando saturada, esta água precisa ser substituída.

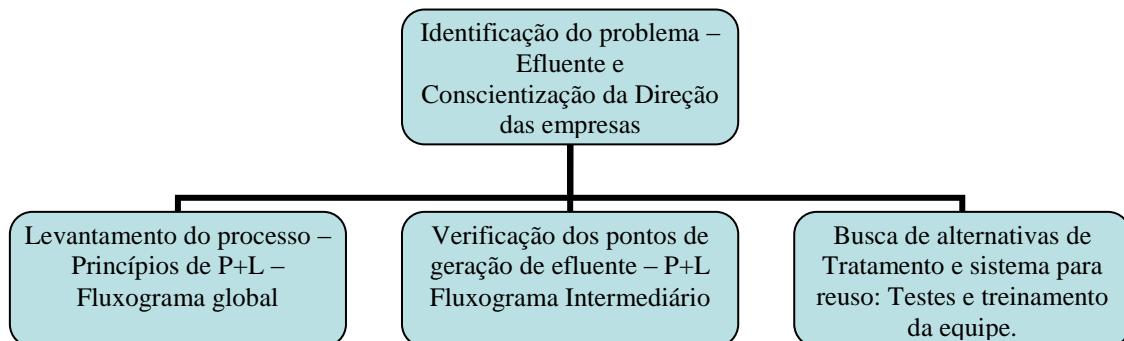
O potencial de reúso industrial de água foi estudado por Mohsen & Jaber (2002) onde foram avaliados os tipos de poluentes, bem como as tecnologias para tratamento de trinta indústrias. Nesse trabalho foi apontado que os seguintes itens contribuem, em partes, para redução do consumo de água: a substituição de matéria-prima e insumos, a economia de água e de energia, a recirculação de água, a recuperação de produtos químicos, a melhoria no controle de processos e a minimização dos efluentes.

O objetivo deste artigo é apresentar *cases* bem sucedidos de implantação de tratamento de efluentes para reúso em empresas de pequeno porte do município, que consomem baixos volumes de água e que obtiveram, além do benefício econômico do reúso, a redução de seu impacto ambiental, ao tratar e reutilizar o efluente, eliminando o descarte do mesmo na rede pública.

## 2 Metodologia

Embora os processos das empresas estudadas sejam diferentes, a metodologia empregada seguiu o fluxograma apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Metodologia adotada para a implementação do sistema de reúso de água nas empresas A (vidraçaria), B e C (fabricantes de acabamentos e placas de gesso).



Os princípios de Produção mais Limpa (P+L) (SENAI RS, 2003) permitem apresentar,



de forma clara e objetiva, à direção das empresas, as implicações associadas à questão de geração de efluentes, tanto financeiras quanto ambientais, e as opções disponíveis, buscando a não geração, o reúso interno, ou a reciclagem externa, como opção ao descarte, e, neste caso em particular, o reúso/reciclo total dos efluentes era o mais indicado.

Os efluentes foram encaminhados a análises em laboratórios credenciados na Fepam – Fundação Estadual de Proteção Ambiental e, em função de suas características físico-químicas, confirmou-se a necessidade de tratamento para descarte dos mesmos. Como objetivo era o de reúso, o principal contaminante a ser eliminado é a presença de sólidos suspensos e sedimentáveis, e testes em laboratório e *in loco* permitiram a escolha do método de tratamento e dos reagentes adequados para tal.

### 3 Resultados e Discussão

Uma breve caracterização das empresas foi baseada nos dados da licença de operação das mesmas, expedida pelo órgão ambiental municipal, e é apresentada no Quadro 1. Como as operações das empresas são diferenciadas, não é possível comparar sua capacidade produtiva, como se verifica a seguir.

Quadro 1 – Caracterização das empresas avaliadas.

Empresa	Produção mensal	Processo avaliado	Volume máximo mensal de efluentes (índio do estudo)
A (Vidraçaria)	160 peças	Lapidação	2,0 m <sup>3</sup>
B (Artefatos em gesso)	6.000 metros de moldes	Lavagem de ferramentas – moldagem manual	4,0 m <sup>3</sup>
C (Artefatos em gesso)	500 peças de moldes	Lavagem de ferramentas – moldagem manual	2,0 m <sup>3</sup>

Como o tratamento de efluentes era necessário, testes em laboratório foram realizados para um tratamento primário, baseado em coagulação e floculação, com o objetivo principal de remover sólidos suspensos e sedimentáveis.

Verificou-se que o efluente da empresa A tem pH neutro, contaminado com pó de sílica e nas empresas B e C é ácido, em função da composição do gesso: principalmente sulfato de cálcio hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) e hemidrato obtido pela calcinação deste ( $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ), com formação de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  em água, além de partículas de gesso em suspensão.

Em função do pH, diferentes condições e reagentes para foram testados para o tratamento dos efluentes. Resultados satisfatórios foram obtidos com a adição de polissulfato de alumínio para a empresa A, e de hidróxido de sódio e sulfato de alumínio para os efluentes das empresas B e C.

Embora os processos físico-químicos convencionalmente empregados sejam caracterizados por elevada eficiência, ocorre a geração de um lodo contendo os contaminantes e os reagentes adicionados. No caso das empresas A, B e C, este lodo não caracteriza um problema, pois todas já possuem resíduos sólidos de composição similar no processo produtivo, com destinação adequada, e o lodo do tratamento, em volume muito inferior aos demais resíduos sólidos, é incorporado a estes para destinação adequada: reciclagem (empresas A e B) ou disposição (C).

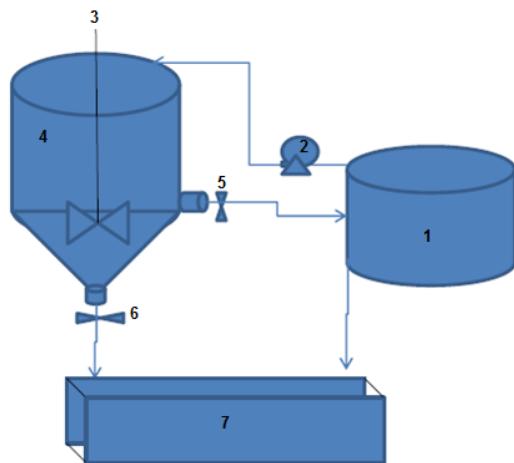
Após os testes em laboratório, testes realizados em escala piloto, *in loco*, permitiram às próprias empresas verificar, visualmente, que seu efluente tratado tinha condições de reúso. E foi o aspecto visual, obtido com o tratamento primário – adição de produtos químicos em processos de coagulação e floculação – a condição chave para a aceitação, sem ressalvas, da implantação de um sistema de tanques de tratamento, decantadores e bombas a fim de efetivar



o reciclo total de efluentes no processo produtivo.

Para as 3 empresas avaliadas, os sistemas de tratamento foram construídos em área interna, ou em área externa, coberta e podem ser representados pela Figura 2, a seguir. A maior resistência das empresas para a implantação de um sistema de tratamento de efluentes é o custo relacionado aos equipamentos e obra civil, porém, nos três casos, a partir da motivação legal, para a renovação de licenças de operação, e a consequente necessidade de controle analítico das condições físicas, químicas e ecotoxicológicas dos efluentes gerados para descarte, o sistema de reúso foi um redutor de custos a longo prazo, tanto pela economia de água, como pelos custos de monitoramento do efluente para descarte.

Figura 2 – Esquema simplificado de tratamento adotado pelas empresas estudadas. Onde: (1) Tanque no processo - geração do efluente, (2) bomba para envio do efluente ao tanque de tratamento, (3) agitador (mecânico ou a ar para a mistura dos reagentes), (4) tanque de fundo côncico onde ocorre o tratamento e sedimentação, (5) válvula de envio do efluente tratado para reúso, (6) válvula para descarte de lodo, (7) leito de secagem.



Os funcionários das empresas estudadas acompanharam os testes *in loco* para a realização do tratamento de efluentes e foram devidamente instruídos quanto à necessidade de EPIs e à dosagem correta de reagentes, determinadas em testes de laboratório. Fitas de pH foram empregadas para facilitar o controle do processo de tratamento. O tratamento dos efluentes ocorre mensalmente, às sextas-feiras, ao final do expediente, para que a água possa ser reutilizada no início da semana e o lodo, totalmente decantado, seja destinado à secagem.

O volume de água perdido no lodo ou por evaporação é reposto, quando necessário, com água de abastecimento, o que permite a renovação periódica desta água de processo, sem que ocorra o descarte.

Os resultados obtidos até o momento são favoráveis nas três empresas avaliadas. O volume de efluente recuperado está indicado no quadro 2, e, até o momento, não foram necessários descartes do efluente na rede pública.

Quadro 2 – Volume de efluentes tratados e reutilizados nas empresas avaliadas.

Empresa	A	B	C
Capacidade do Sistema de Tratamento (m <sup>3</sup> )	0,5	0,5	2,0
Frequência de Tratamento	Mensal	Mensal	Mensal
Volume Tratado (m <sup>3</sup> )	0,35	0,5	2,0
Volume Reutilizado (m <sup>3</sup> )	0,3	0,45	1,9
Lodo Gerado (kg) (aproximadamente)	25	50	100
Tempo desde a implementação do reúso (meses)	23	14	18
Volume total reutilizado (m <sup>3</sup> )	7,05	6,3	19

Fonte: Dados coletados nas empresas, apresentados nos Relatórios encaminhados à SMMAM-BG.



Embora seja necessária a adição de produtos químicos, a dosagem de reagentes é baixa, pois a maior parte dos sólidos presentes no efluente já tem tendência a sedimentar naturalmente em períodos de tempo mais longos. A clarificação do efluente é acelerada e melhorada pela adição destes produtos, e representa um custo anual inferior a R\$100,00 para cada empresa, com a compra dos mesmos.

Como o fluxo produtivo varia com a situação econômica, após a implantação do sistema de tratamento para reúso, verificou-se que o volume de efluentes gerados é inferior ao informado quando do licenciamento. Acredita-se que, com o tratamento do efluente para reúso, é possível que a frequência de substituição da água do processo também foi reduzida, pela simples verificação de que a água ainda tem condições de uso antes de ser encaminhada ao tratamento.

Apenas para a empresa A, em que o efluente é gerado na operação de uma máquina e a presença de sólidos é um fator mais crítico, a frequência de tratamento se manteve. Neste caso, o controle do pH do efluente no tratamento é necessário, para que o reúso não cause problemas operacionais ao equipamento em que esta água de reúso é utilizada.

Para a moldagem manual de gesso, a água precisa ser límpida, e o pH, o mais próximo à neutralidade, em função do contato do operador. Neste processo a água, de reúso não causou efeitos sobre a qualidade da peça final.

#### 4 Conclusões

Várias tecnologias podem ser utilizadas no tratamento de efluentes, sua escolha depende de qual é o objetivo da empresa. A implantação de sistemas de tratamento de efluentes eficientes possibilita o reúso dos mesmos no processo produtivo. O reúso dos efluentes é uma alternativa viável, pois reduz o consumo de água, os custos da empresa, elimina o lançamento de efluentes no meio ambiente, além disso, facilita o atendimento das exigências dos órgãos ambientais competentes.

Os reúso de aproximadamente 90% do efluente gerado em cada uma das empresas estudadas contribui, de forma integrada, para melhoria da qualidade ambiental.

#### 5 Referências

ANAVIDRO – Associação Nacional de Vidraçarias – SP, 2013. Disponível em: <<http://www.anavidro.com.br/a-lapidacao-do-vidro/>>. Acesso em 19 set. 2013.

CETESB, 2013. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/39-Reuso-de-%C3%81gua>>. Acesso em 13 set. 2013.

ENGESSUL – Indústria e Comércio Ltda, 2013. Disponível em: <[http://www.engessul.com.br/downloads/o\\_gesso\\_e\\_o\\_meio\\_ambiente.pps](http://www.engessul.com.br/downloads/o_gesso_e_o_meio_ambiente.pps)>. Acesso: 13 out. 2013.

GIORDANO, G. **Tratamento e Controle de Efluentes Industriais.** Apostila. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente – UERJ, 2011. Disponível em:<[http://www.cepuerj.uerj.br/insc\\_online/itaguai\\_2011/edital/superior/biologo/Apostila%20-%20Tratamento%20de%20efluentes%20industriais.pdf](http://www.cepuerj.uerj.br/insc_online/itaguai_2011/edital/superior/biologo/Apostila%20-%20Tratamento%20de%20efluentes%20industriais.pdf)>. Acesso em 24 nov 2011.



## 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 23 a 25 de Abril de 2014

HESPAÑOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. vol. 13. n. Especial. Bahia Análise & Dados. Salvador, Ba. p. 411-437, 2003. Disponível em: <[http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/ChuvaNet/ChuvaTrabalhosPublicados/Potencialdereúsosegua\\_noBrasilagriculturaindstriamunicpiosrecargadeaqferos.pdf](http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/ChuvaNet/ChuvaTrabalhosPublicados/Potencialdereúsosegua_noBrasilagriculturaindstriamunicpiosrecargadeaqferos.pdf)>. Acesso em 27 jul 2011.

MIERZWA, J. C.; HESPAÑOL, I. **Água na Indústria: Uso Racional e Reúso**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2005.

OENNING JR, A.; PAWLOWSKY, U. Avaliação de Tecnologias Avançadas para o Reúso de Água em Indústria Metal-Mecânica. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Vol 12. nº 3, julho/setembro de 2007, p. 305-316. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v12n3/a08v12n3.pdf>>. Acesso em 23 jul 2013.

OLIVEIRA, M. P. de et al. Compósitos à base de gesso com resíduos de EVA e vermiculita. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 6, June 2012 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662012000600014&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662012000600014&lng=en&nrm=iso)>. Acesso: 01 Set. 2013.

ROSSLER, M.; OLDER, I. **Relationships between pore structure and strength of set gypsum pastes** Part I: Influence of water/gypsum ratio and temperature, Zement-Kalks-Gips, v.2, p.96-100, 1989.

SENAI -RS. Implementação de Programas de Produção mais Limpa. Porto Alegre, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/ UNIDO/INEP, 2003. 42 p. il. (CD).

Sindicato das Indústrias de Olaria e de Cerâmica para Construção no Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.sindicerrs.org.br/>>. Acesso: 15 jul. 2013.

TELLES, D. D.; COSTA, R. H. P. G et al. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. 2.ed. São Paulo: Blucher, 2010.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards**. Technical Report Series, Genebra: n. 517, 1973.