

# Gerenciamento de resíduos do laboratório de Físico-química da CHESF

Antônio Carlos Duarte-Coêlho<sup>1</sup>, Eleonora Maria Pereira de Luna Freire<sup>1</sup>, Andréa Selene Embirassú Xavier Stragevitch<sup>1</sup>, Djalma Gomes da Silva Júnior<sup>2</sup>, Fábio Silva Ramos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Química-UFPE

<sup>2</sup> Companhia Hidroelétrica do São Francisco-CHESF

e-mail: [acduartecoelho@hotmail.com](mailto:acduartecoelho@hotmail.com)

*Submetido em 13/10/2011; versão revisada recebida em 12/01/2012; aceito em 20/02/2012.*

## Resumo

Devido à grande quantidade de resíduos que eram descartados pelo Laboratório de Físico-química da CHESF (Companhia Hidroelétrica do São Francisco), os processos de Produção Mais Limpa foram implantados. Em consequência, além de reduzir os custos, os resíduos e os fatores de risco, a CHESF promoveu uma melhora do ambiente de trabalho, do processo e da qualidade de vida das pessoas. A legislação ambiental também foi obedecida.

**Palavras-chave:** produção mais limpa; gerenciamento de resíduos; impacto ambiental.

## Abstract

Due to the great amount of waste that were disposed by the Laboratory of Physical Chemistry of CHESF (Hydroelectric Company of San Francisco), the Cleaner Production processes were implemented. Therefore, besides reducing costs, waste and risk factors, CHESF promoted an improvement of working environment, process and quality of people's life. Environmental legislation has also been obeyed.

**Keywords:** cleaner production; waste management; environmental impact.

## Introdução

A utilização de materiais e produtos químicos em quantidade e diversidade impõe manejos exigentes nos aspectos ambientais e de segurança, que possibilitem a minimização dos riscos para saúde e meio ambiente.

O Laboratório de Físico-química da CHESF, localizado em Recife-PE manuseia 7.000 (sete mil) amostras por ano de óleo isolante que representam um volume de aproximadamente 2.500 (dois mil e quinhentos) litros de óleo, além de uma gama variada de solventes para realização dos ensaios.

Estes produtos apresentam graus variados de risco de contaminação, entre os quais destacamos: óleo mineral isolante; tolueno ( $C_6H_5CH_3$ ); nafta; e metil etil cetona ( $C_4H_5O$ ).

O Laboratório de Físico-química como unidade corporativa necessita cumprir as diretrizes ambientais de responsabilidade social da empresa como colocadas em seu site (CHESF, 2011): **”Consciente da sua responsabilidade social, a Chesf busca o fortalecimento da cidadania, através de ações nas áreas de pesquisa científica e tecnológica, educação, saúde e meio ambiente, bem como a promoção do desenvolvimento sustentável do Nordeste”**. A empresa tem por missão produzir, transmitir e comercializar energia elétrica com qualidade, de forma rentável e sustentável.

Esta consciência impregna todas as áreas da empresa e tende a colocá-la na vanguarda na sua interação com a sociedade e o meio ambiente.

Com este propósito, o Laboratório de Físico-química foi estruturado para que as suas ações não contaminem o ser humano nem o meio ambiente. Para conseguir esta estruturação foram realizadas ações de treinamento e conscientização sobre a necessidade de mudanças de atitude com relação à geração e manejo de resíduos, utilização, manutenção e guarda de Equipamentos de Proteção Individual e utilização de Equipamentos de Proteção Coletiva (Barbosa Filho, 2001).

Ficou constatado que os processos do Laboratório de Físico-química necessitavam ser revistos e estruturados para definição dos riscos de utilização de produtos químicos, com relação à contaminação dos funcionários e do meio ambiente.

Adotamos os fundamentos de "Produção mais Limpa" (P+L) que consistem na aplicação de métodos integrados para reduzir os riscos à saúde humana e ao meio ambiente, visando a qualidade de um processo produtivo. Sendo aplicada tanto em processos, como em produtos e serviços, a Produção Mais Limpa é utilizada em qualquer atividade humana, onde exista uso de produtos ou em qualquer interação entre serviços. A Produção Mais Limpa nos processos produtivos é aplicada na conservação do produto inicial, por exemplo, água, sílica (SiO<sub>2</sub>) ou petróleo, que são matérias-primas das indústrias de bebidas, vidro e petrolífera, respectivamente; diminuição de resíduos gerados ao longo da cadeia produtiva ou até mesmo reutilização de um resíduo, como por exemplo, o vinhoto, resíduo líquido da indústria açucareira, que vem sendo utilizado como adubo na plantação de cana; e redução ou até eliminação de emissões de poluentes.

Para produtos, a Produção Mais Limpa infere não só uma redução a agressão ao meio ambiente, como também a diminuição dos riscos a saúde. Isso tudo sendo observado ao longo da existência do produto, desde o início da fabricação até o descarte final do produto pelo usuário. Como toda a política da Produção Mais Limpa se foca, principalmente, em

reduzir impactos ambientais, na administração de serviços ela não seria diferente. Portanto, isto também é visado pela Produção Mais Limpa na realização de serviços (CETESB, 2011).

Em cada processo serão colocadas alternativas de Produção mais Limpa que visam minimizar ou eliminar os fatores de risco e serão definidos os equipamentos de proteção individual e de proteção coletiva utilizados. Deste modo alcançaremos melhoria na qualidade de vida das pessoas envolvidas nos processos e a legislação ambiental será atendida de modo proativo (OHSA, 2011).

O aspecto mais importante da Produção Mais Limpa é que a mesma requer não somente a melhoria tecnológica, mas a aplicação de mudança de atitudes. Esses fatores reunidos é que fazem o diferencial em relação às outras técnicas ligadas a processos de produção que visam apenas tratar o resíduo, no que chamamos "tratamento fim de tubo".

Como se sabe poluição é desperdício que levou a redução de resíduos a consolidar-se como alternativa que beneficia o meio ambiente e promove retorno financeiro (Gusmão, 2009 e Martini Jr., 2009; Martini Jr. et al, 2009).

Além disso, não devemos esquecer que a sociedade industrial multiplicou a quantidade de resíduos. Estima-se que os recursos naturais consumidos direta ou indiretamente por cada ser humano está em torno de 10 toneladas por ano. Para agravar, a população foi multiplicada por 3 em apenas 250 anos e foram desenvolvidos produtos com obsolescência programada (Ribeiro e Morelli, 2009).

## **Material e Métodos**

Um gerenciamento de resíduos começa com um levantamento de todas entradas e saídas do processo industrial (Mello, 2002; Silva et al., 2002).

O gerenciamento de resíduos do laboratório de físico-química da CHESF utilizando o conceito de produção mais limpa requereu como mudança de

atitude, o exercício de gerenciamento ambiental responsável e a avaliação de opções tecnológicas. Estes se traduziram por agregar cada vez maior valor aos produtos e serviços, consumindo menos materiais e gerando cada vez menos contaminação (Nascimento e Mothé, 2007; Silva Jr., 2006). Os processos foram reavaliados com a visão da Produção mais Limpa com as seguintes etapas:

- Pré-avaliação do fluxograma dos processos laboratoriais;
- Sensibilização e capacitação dos profissionais da empresa;
- Elaboração de balanços ambiental, econômico e tecnológico do processo;
- Priorização das oportunidades identificadas na avaliação;
- Elaboração do estudo de viabilidade econômica das prioridades;
- Implantação das oportunidades de Produção mais Limpa priorizadas;
- Verificação dos resíduos não eliminados e destinação conforme a legislação em vigor;
- Balanços ambiental, econômico e tecnológico dos processos em que foi implantado a Produção mais Limpa.

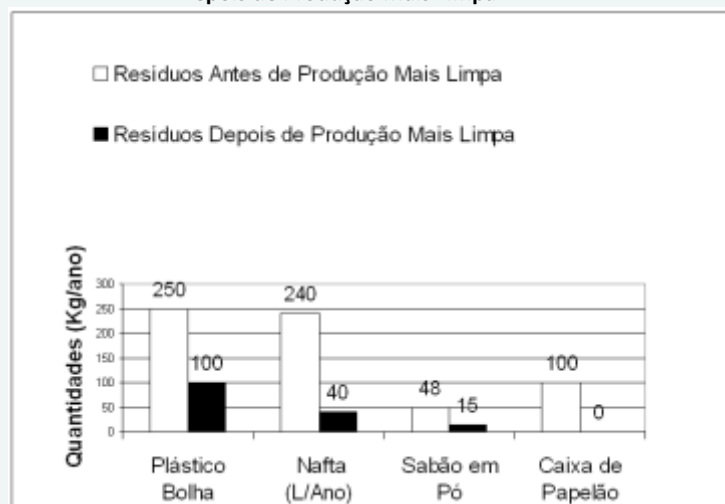
## Resultados e Discussão

As oito etapas de produção mais limpa acima foram realizadas nos processos de análise físico-química de óleo isolante, óleo lubrificante, análise cromatográfica de óleo isolante e limpeza e fornecimento de recipientes para a coleta de amostras (Niosh, 2011). Estas amostras são as mais significativas do Laboratório de Físico-química, por isto concentramos esforços nos mais representativos do ponto de vista ambiental, segurança, econômico e tecnológico (Cornell, 2011). Como demonstra a FIGURA 1, foram reduzidos com os procedimentos Produção Mais Limpa os itens descritos:

- a) Processo de análise físico-química do óleo isolante → nafta e sabão em pó.

- b) Processo de análise dos gases dissolvidos em óleo isolante → plástico-bolha sujo com óleo, nafta, sabão em pó, caixas de papelão de embalagens de seringas sujas de óleo.
- c) Processo de análise físico-química de óleo lubrificante → nafta e sabão em pó.

**FIGURA 1**  
Resíduos Antes de Produção Mais Limpa X Resíduos Depois de Produção Mais Limpa



A redução do uso do sabão em pó dos processos significa uma melhoria para o efluente do Laboratório. Isto se deve a fato de que o sabão contém tripolifosfato de sódio ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) que apresenta problemas ambientais significativos, principalmente em relação a eutrofização dos corpos d'água. Esta eliminação foi possível em razão da utilização da máquina de lavagem de vidraria Belimed Inova L1, que mantém a temperatura da água de lavagem em 95°C retirando todo o óleo remanescente da maioria dos ensaios realizados no Laboratório (JTBaker, 2011). O efluente do laboratório apresenta uma quantidade de óleo em torno de 13 ppm, o que atende a resolução CONAMA 357 de 17.03.2005, que determina que a quantidade máxima de óleo mineral no efluente deve ser de 20 ppm. A utilização da máquina também propiciou a eliminação de 75% da nafta anteriormente utilizada, representando uma melhoria na qualidade do ar no Laboratório e conseqüentemente das condições de trabalho (Maes, 1990). A utilização de uma nova embalagem plástica de PVC  $[(\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl})_n]$  reciclado, de

maior durabilidade para as seringas, propiciou as eliminações do plástico-bolha e das caixas de papelão do processo de análise cromatográfica, reduzindo os resíduos gerados e utilizando uma menor quantidade de materiais (Greenpeace, 1997; Piva et al., 1999).

No manejo e descarte, os efluentes e resíduos foram segregados de acordo com suas naturezas químicas, etiquetados, colocados em tambores e estocados em uma área destinada para este fim. Quando atingem o volume de 75% de ocupação da

área, é iniciado o processo de contratação de empresa terceirizada e especializada neste tipo de ação: descarte.

Hoje, o processo disponível no mercado é a incineração do material à alta temperatura sem emissão de substâncias tóxicas para o meio ambiente. É exigido o licenciamento da empresa nos órgãos ambientais e que seu processo de descarte seja aprovado pelos mesmos (Silva et al., 2002; Sawyer et al., 1994). Apresentamos nas Tabelas 1, 2 e 3, a análise econômica envolvendo os processos.

**Tabela 1. Investimentos**

<b>DADOS</b>	<b>R\$</b>
Aquisição de recipientes e etiquetas	3.000,00
Investimento 2 = Caixa de PVC reciclado (1000 unidades)	2.650,00
<b>Total</b>	<b>5.650,00</b>

**Tabela 2. Consumos e Custos Antes de Produção Mais Limpa**

Matéria-prima 1 = Nafta	240	L / ano
Custo unitário da matéria-prima 1	12,00	R\$ / L
Custo total da matéria-prima 1	<b>2.880,00</b>	<b>R\$ / ano</b>
Matéria-prima 2 = Plástico bolha, etiquetas,	500	Kg / ano
Custo unitário da matéria-prima 2	6,60	R\$ / kg
Custo total da matéria-prima 2	<b>3.300,00</b>	<b>R\$ / ano</b>
Matéria-prima 3 = Sabão em pó	48	Kg / ano
Custo unitário da matéria-prima 3	17,00	R\$ / Kg
Custo total da matéria-prima 3	<b>816,00</b>	<b>R\$ / ano</b>
Geração de resíduo 1 = Nafta	210	L / ano
Custo unitário disposição resíduo 1	2,65	R\$ / L
Custo total disposição resíduo 1	<b>556,50</b>	<b>R\$ / ano</b>
Geração de resíduo 2 = Plástico bolha,	500	Kg / ano
Custo unitário disposição resíduo 2	2,00	R\$ / kg
Custo total disposição resíduo 2	<b>1.000,00</b>	<b>R\$ / ano</b>
Consumo de energia	30.000	kWh / ano
Custo unitário energia	0,47	R\$ / kWh
Custo total energia	<b>14.100,00</b>	<b>R\$ / ano</b>
Consumo de água	220	m <sup>3</sup> / ano
Custo unitário da água	10	R\$ / m <sup>3</sup>
Custo total de água	<b>2.200,00</b>	<b>R\$ / ano</b>
Geração de efluente	220	m <sup>3</sup> / ano
Custo unitário de tratamento do efluente	10	R\$ / m <sup>3</sup>
Custo total de tratamento do efluente	<b>2.200,00</b>	<b>R\$ / ano</b>
Gastos com manutenção	<b>500</b>	<b>R\$ / ano</b>
Gastos com mão-de-obra	<b>6.000,00</b>	<b>R\$ / ano</b>
Gastos com outros insumos = máscaras,	<b>1.500,00</b>	<b>R\$ / ano</b>
<b>Total</b>	<b>35.052,50</b>	<b>R\$ / ano</b>

**Tabela 3. Consumos e Custos Depois de Produção Mais Limpa**

Matéria-prima 1 = Nafta	60	L / ano
Custo unitário da matéria-prima 1	12,00	R\$ / L
Custo total da matéria-prima 1	<b>720,00</b>	<b>R\$ / ano</b>
Matéria-prima 2 = Plástico bolha, etiquetas, papel	200	Kg / ano
Custo unitário da matéria-prima 2	6,60	R\$ / kg
Custo total da matéria-prima 2	<b>1.320,00</b>	<b>R\$ / ano</b>
Matéria-prima 3 = Sabão em pó	12	Kg / ano
Custo unitário da matéria-prima 3	17,00	R\$ / kg
Custo total da matéria-prima 3	<b>204,00</b>	<b>R\$ / ano</b>
Matéria-prima 4 = Caixas de PVC	100	unidades
Custo unitário da matéria-prima 4	2,65	R\$ / unidade
Custo total da matéria-prima 4	<b>265,00</b>	<b>R\$ / ano</b>
Geração de resíduo 1 = Nafta	50	L / ano
Custo unitário disposição resíduo 1	2,65	R\$ / L
Custo total disposição resíduo 1	<b>132,50</b>	<b>R\$ / ano</b>
Geração de resíduo 2 = Plástico bolha, etiquetas, papel	200	Kg / ano
Custo unitário disposição resíduo 2	2,00	R\$ / kg
Custo total disposição resíduo 2	<b>400</b>	<b>R\$ / ano</b>
Geração de resíduo 4 = Caixa de PVC	100	unidade / ano
Custo unitário disposição resíduo 4	2,00	R\$ / kg
Custo total disposição resíduo 4	<b>20,00</b>	<b>R\$ / ano</b>
Valor de venda resíduo 4	0	R\$ / kg
Receita total venda resíduo 4	<b>0</b>	<b>R\$ / ano</b>
Consumo de energia	24.000	kWh / ano
Custo unitário energia	0,47	R\$ / kWh
Custo total energia	<b>11.280,00</b>	<b>R\$ / ano</b>
Consumo de água	210	m <sup>3</sup> / ano
Custo unitário da água	10	R\$ / m <sup>3</sup>
Custo total de água	<b>2.100,00</b>	<b>R\$ / ano</b>
Geração de efluente = Água + Sabão em pó	210	m <sup>3</sup> / ano
Custo unitário de tratamento do efluente	10	R\$ / m <sup>3</sup>
Custo total de tratamento do efluente	<b>2.100,00</b>	<b>R\$ / ano</b>
Gastos com manutenção	<b>500</b>	<b>R\$ / ano</b>
Gastos com mão-de-obra	<b>6.000</b>	<b>R\$ / ano</b>
Gastos com outros insumos = máscaras, luvas,	<b>1.300,00</b>	<b>R\$ / ano</b>
<b>TOTAL</b>	<b>26.341,50</b>	<b>R\$ / ano</b>

**Economia esperada** = 35.052,50 – 26.341,50 = R\$ 8.711,00 / ano.

## Conclusões

A utilização do processo de Produção mais Limpa permitiu otimizar recursos e minimizar o impacto ambiental produzido pelas ações do laboratório de Físico-química da CHESF – Recife - PE. O ambiente de trabalho tornou-se, em consequência, mais seguro e saudável para os funcionários, mostrando comprometimento da empresa com a responsabilidade social, meio ambiente e atualização tecnológica. A qualidade do ar no laboratório melhorou com a redução das emissões de nafta e conseqüentemente melhoria na qualidade de vida dos funcionários, além da redução de resíduos que seriam eliminados por queima, contribuindo para redução de emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e, por conseguinte do aquecimento global. A aplicação da Produção mais Limpa nos processos reduziu os resíduos sólidos e favoreceu sua destinação adequada com a legislação ambiental, possibilitando a mudança de paradigma com relação à utilização de materiais e geração de resíduos.

A priorização no uso de materiais recicláveis e de maior vida útil, como a substituição da caixa de papelão por caixa de PVC [(C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>Cl)<sub>n</sub>] reciclado, reduziu a quantidade de resíduos e os custos no médio prazo conforme demonstrado nas planilhas. A aquisição da máquina de lavagem possibilitou as reduções significativas do uso do sabão em pó e da nafta do processo de lavagem de vidrarias com óleo, demonstrando que alguns processos podem ser revistos e melhorados com baixo investimento, servindo de modelo que pode ser seguido pelos laboratórios que utilizam o mesmo procedimento.

Com filosofia de trabalho, doravante, pretendemos verificar as melhores condições para substituição do PVC, das etiquetas e do plástico-bolha. Caso não seja possível, utilizar preferencialmente PVC reciclado, substituir as embalagens de madeira para os frascos, por embalagens que não necessitem utilizar plástico bolha para evitar a quebra dos mesmos. Manter os

estudos dos processos utilizando a filosofia de Produção mais Limpa, para otimização ambiental dos mesmos. Promover treinamento de Educação Ambiental para todos os membros da equipe, para elevação da consciência ambiental e do conhecimento ambiental no Laboratório.

Os procedimentos de Produção Mais Limpa devem ser economicamente positivos, como demonstra a economia esperada. Algumas empresas destinam parte dos valores economizados à melhoria do ambiente de trabalho, estimulando a busca contínua de procedimentos menos impactantes à natureza.

## Referências

- > BARBOSA FILHO, Antonio Nunes. **Segurança do Trabalho & Gestão Ambiental**, Editora Atlas, Recife. (2001).
- > Greenpeace Report. **O Greenpeace nas Olimpíadas e a tentativa de eliminação do PVC**, (2000).
- > Greenpeace Report. **O que é Produção Mais Limpa?** (97).
- > GUSMÃO, Antônio Carlos de; MARTINI JR, Luiz Carlos de. **Gestão Ambiental na Indústria**, 2ª Edição Editora Aquarius. São Paulo (2009).
- > MAES, Michel. **La Maîtrise des Déchets Industriels**, Pierre Johanet S.A., Paris. (1990).
- > MARTINI JR, Luiz Carlos de; FIGUEREDO, Marco Antônio Gusmão de; GUSMÃO, Antônio Carlos de; **Redução de Resíduos Industriais**. Como Produzir Mais com Menos. Editora Aquarius. São Paulo, (2009).
- > MELLO, Maria Celina Abreu de. **Produção Mais Limpa. Um Estudo de Caso na AGCO do Brasil**. Tese de Mestrado. Programa de PG em Administração da UFRGS (2002).
- > NASCIMENTO, Tereza Cristina F. do; MOTHÉ, Cheila Gonçalves. "Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais" **Revista Analytica**. Nº27, pág 36-45, RJ, (2007).
- > PIVA, Ana M., BAHIANSE NETO, Miguel, WIEBECK, Hélio. **A Reciclagem de PVC no Brasil**, USP, São Paulo. (1999).
- > RIBEIRO, Daniel Veras; MORELLI, Márcio Raymundo. **Resíduos Sólidos. Problema ou Oportunidade?**. Editora Interciência. Rio de Janeiro (2009).
- > SAWYER, Clair N., McMARTY, Perry L., PARKIN, Gene F. **Chemistry for Environmental Engineering**, McGraw-Hill International Editions, 4ª Edition, New York. (1994).
- > SILVA, Izabel R., ALMEIDA, Cecília M.V.B., GIANNETTI, Biagio F.. **Gerenciamento Ambiental na Indústria – Uma Ferramenta da Ecologia Ambiental**, Universidade Paulista – Laboratório de Físico-química Teórica e Aplicada, SP. (2002).
- > SILVA JÚNIOR, Djalma G. **Gerenciamento de Resíduos do Laboratório de Físico-química da CHESF**, Dissertação de Pós-Graduação em Sistemas de Gerenciamento Ambiental, UFPE, Recife. (2006)
- > [www.cdc.gov/niosh/homepage](http://www.cdc.gov/niosh/homepage) (consultado em 10/04/11).
- > [www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao\\_limpa/o\\_que\\_e](http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/o_que_e) (consultado em 10/04/11).
- > [www.chesf.gov.br/](http://www.chesf.gov.br/) (consultado em 10/04/2011).
- > [www.jtbaker.com](http://www.jtbaker.com) (consultado em 15/05/2011).
- > [msds.ehs.cornell.edu/msdsresults](http://msds.ehs.cornell.edu/msdsresults) (cons em 17/06/11).