

EM BUSCA DO EFLUENTE ZERO NA DETEN

Erisvaldo Cunha
Carlos L. P. Pessoa
Cláudio L. V. Costa
Robério A. Siqueira
Ricardo de Araújo Kalid

Publicação: CUNHA, Erisvaldo; PESSOA, Carlos Luis Pellegrini; COSTA, Cláudio Luis Vieira; SIQUEIRA, Robério. Em busca do efluente zero na Deten Química S.A. In: Kiperstok, Asher (Org.). **Prata da Casa: construindo produção limpa na Bahia.** Rede de Tecnologias Limpas da Bahia - TECLIM/Universidade Federal da Bahia, 2008 446p.

Artigo

RESUMO

Este artigo apresenta o Programa Efluente Zero – PEZ da Deten Química S.A, empresa instalada no Pólo Industrial de Camaçari-Ba. Este Programa, implementado em 2003, , consiste no gerenciamento de Fontes de Perdas Líquidas – FPL do processo, fundamentado nos Princípios da Prevenção da Poluição(PP)e Produção Mais Limpa (PML). Foi concebido de forma participativa sobre três pilares que lhe dão sustentabilidade: Educação Ambiental, Sistema de Informação e Incentivos as Idéias Inovadoras. O PEZ utiliza-se de técnicas de redução de efluente líquido de forma hierarquizada, partindo da Redução na Fonte até Reuso e Reciclagem, priorizando as Boas Práticas Operacionais. O Programa tem contribuído para uma mudança na cultura organizacional da empresa.. Após três anos de implementação do PEZ houve uma redução de 48% na média anual das vazões de efluente da empresa. A metodologia adotada no programa tem potencial de reprodutibilidade em outras empresas dos setores químicos, petroquímicos e refinarias, especialmente, naquelas que operam com transferência de fluidos líquidos.

PALAVRAS – CHAVES: Programa Efluente Zero – PEZ; Redução na Fonte; Boas Práticas Operacionais; Produção Mais Limpa – PML; Prevenção da Poluição - PP; Efluente Líquido; Plantas Petroquímicas.

INTRODUÇÃO

As plantas petroquímicas instaladas no Pólo Industrial de Camaçari e refinarias foram concebidas com características próprias, na década de 70, para tratamento de efluente e resíduos no fim de linha, operando em ciclos abertos e sem a preocupação de minimizar o consumo de recursos naturais (MARINHO, 2001 *apud* KIPERSTOK et al., 2003). Sob a planta industrial, uma rede subterrânea de drenagem coleta os efluentes líquidos gerados no processo e direciona para um sistema de pré-tratamento que inclui um Separador Água e Óleo (SAO) e deste a uma estação de tratamento, a Empresa de Proteção Ambiental – CETREL, que dispõe no final os efluentes para o oceano.

Esta concepção, de certo modo, influenciou na postura *end of pipe* adotada pelas empresas. Este conceito de tratamento geralmente implica em maior custo de produção e danos ambientais por não agir diretamente na fonte de poluição. Por outro lado, respondendo às novas

demandas da sociedade, que conta, cada vez mais, com a atuação dos agentes disseminadores das técnicas de PML, com destaque, aqui, na Bahia, a Rede de Tecnologias Limpas e Minimização de Resíduos (TECLIM), coordenada pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), as empresas vêm, gradativamente, mudando tal postura. Hoje, tem se experimentado a aplicação dos conceitos de PP e PML em unidades do Pólo Industrial de Camaçari (Caraíbas Metais, Deten Química, Monsanto, Griffin, BahiaPet, Politeño, Braskem e Lyondell).

A nova postura é adotar modelos de gestão que identifiquem as causas dos problemas ambientais tomando medidas de caráter preventivo, de modo a reduzir os impactos provocados no meio ambiente e os custos econômicos associados aos tratamentos e disposição de resíduos. Segundo Kiperstok et al (2002), trata-se de transferir o centro da discussão dos limites da fábrica para o interior do processo produtivo. A geração de resíduos implica custos adicionais, tais como perdas de matéria-prima, energia, custos para tratamento e disposição final.

Constituindo em uma nova filosofia de se evitar os danos ambientais decorrentes dos processos produtivos, a PML consiste basicamente em uma série de medidas que podem ser introduzidas na empresa, compreendendo desde uma simples mudança de procedimento operacional até uma mudança de processo ou tecnologia, não se baseando apenas em tecnologias, mas também na gestão das empresas (KIPERSTOK et al., 2002).

Para Peneda (1996), trata-se de uma estratégia de abordagem de gestão ambiental das empresas, posto que recorrer a PML é encarar a unidade de produção em novos termos: tecnologia + organização (técnica e social) da produção + cultura empresarial (e não apenas como tecnologia). Convém ressaltar que a UNEP, a partir de estudos de casos realizados em diferentes países, considera que mais de 50% das emissões e resíduos resultantes de processos industriais podem ser prevenidos ou minimizados na origem, com base na implementação da PML, das Boas Práticas e de pequenas alterações do processo sem ter de recorrer necessariamente à nova tecnologia.

Adotando esta estratégia de abordagem preventiva e considerando que cada organização é única e possui características próprias, foi desenvolvida, na DETEN, uma metodologia para redução de efluente líquido industrial na fonte (CUNHA, 2006a), com base nos conceitos de PP e PML, cuja aplicação resultou no **Programa Efluente Zero – PEZ**, em operacionalização desde 2003.

Este artigo relata o PEZ, abordando em quatro seções principais. A primeira apresenta a DETEN, empresa cujo Programa fora implantado, bem como a justificativa do trabalho. Na segunda seção, são descritos os três pilares de sustentação do PEZ, compreendendo todas as etapas do Programa. A terceira seção mostra os resultados alcançados. A conclusão é então apresentada na quarta seção.

DETEN QUÍMICA S.A.

Tendo como principais acionistas a PETRESA - Petroquímica Española S.A. que detêm

72% das ações da empresa e a PETROQUISA - Petrobrás Química S.A. com 27%, a Missão da DETEN é fabricar, desenvolver e comercializar produtos químicos, especialmente tensoativos, satisfazendo aos clientes e demais partes interessadas, em conformidade com os princípios da gestão sustentável do meio ambiente.

A DETEN que possui uma capacidade instalada de 220.000t/ano de Linear Alquilbenzeno (LAB), 80.000t/ano de Linear Alquilbenzeno Sulfonado (LAS) tornando uma das maiores produtoras mundiais de tensoativos, utilizado em todo o mundo para a produção de detergentes biodegradáveis líquidos e em pó, traz os efluentes como aspectos significativos e prioritários na sua política ambiental, e nesse sentido, favoreceu para que a metodologia para redução de efluente líquido na fonte fosse implementada de forma participativa e, resultasse no Programa Efluente Zero - PEZ.

Segundo Cunha (2006a), a idealização deste trabalho, bem como seu desenvolvimento e aplicação se deram devido a uma inquietação gerada ao longo do convívio com as questões ambientais, no sentido de tornar realidade à busca do menor limite possível de efluente líquido. Outra razão se dá ao reconhecimento da importância de não apenas implantar uma metodologia, mas também de criar mecanismos capazes para a sua continuidade na empresa em estudo. O objetivo principal é a aplicação de uma metodologia para redução de efluente líquido na fonte em busca do Efluente Zero. Nesse sentido o presente trabalho procurou responder as seguintes questões: Por que são gerados os efluentes? Como reduzir na fonte, ou até mesmo eliminar, o efluente líquido gerado no processo produtivo?

PROGRAMA EFLUENTE ZERO – PEZ

Estruturado na metodologia para redução de efluente líquido industrial na fonte, com fundamento no princípio de PP e PML, implanta-se, em 2003, na DETEN, o PEZ, concebido de forma participativa sobre três pilares: Educação Ambiental, Sistema de Informação e Incentivos as Idéias Inovadoras (Figura 01).

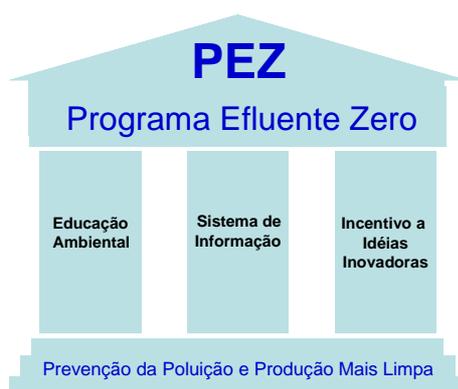


Figura 01: Pilares de sustentação do PEZ
Fonte: Pessoa et al., 2005a,b

Educação Ambiental

O pilar da Educação Ambiental - EA consiste em desenvolver e aprimorar as habilidades,

atitudes e competências dos membros da empresa numa nova maneira de encarar suas rotinas de trabalho no sentido de prevenir os problemas ambientais, principalmente, através de Boas Práticas Operacionais.

Nesta perspectiva, a EA constitui em essencial instrumento de percepção e mudança de comportamento humano, ajudando a descobrir os sintomas e as causas reais dos problemas ambientais da empresa. A capacitação desenvolvida pelo PEZ tem como conteúdo programático conhecimentos não-técnicos direcionado para todos os empregados, e conhecimentos técnicos voltados exclusivamente para aqueles que operam diretamente a planta industrial. Abrangem tanto os operadores de processo, técnicos de manutenção e analistas químicos como os supervisores de linha da produção e engenheiros. Além disso, também é importante a capacitação de seus novos empregados, em razão do PEZ não se constituir num programa fim.

As atividades de EA desenvolvidas na empresa envolvem conceitos de PP e de PML, desenvolvimento sustentável, tecnologias limpas, fator 10, ecoeficiência, ecodesign, operação do PEZ e de outras estratégias de gerenciamentos de perdas líquidas. A inserção da EA na DETEN tem proporcionado uma nova postura estratégica e proativa. Desde a certificação obtida pela norma ISO 14001, configuram-se práticas de EA na empresa. Com o PEZ, estas atividades passaram a conferir maior importância ao seu público interno. A empresa vem realizando a capacitação de seus empregados anualmente. Nesse contexto, a presença de profissionais da Rede TECLIM/UFBA na empresa possibilitou ainda mais o envolvimento com o PEZ, no qual empregados desenvolvendo projetos no Mestrado de Gerenciamento Ambiental e Tecnologias Limpas, atuaram como facilitadores. Esta capacitação tem estimulado, também, diversas sugestões como mecanismo de internalizar melhor os conceitos de PP, caracterizando-se pela participação e interação de todos. Vale ressaltar que a necessidade de uma crescente internalização dos conceitos de PP e a meta pela busca do Efluente Zero demandam da empresa um esforço maior. Além disso, possibilita que, através deste instrumento de sustentação do PEZ, estimule na identificação de oportunidades de técnicas de redução, favorecendo uma mudança cultural na organização.

Sistema de Informação

O segundo pilar, Sistema de Informação, é essencial ao gerenciamento de Fontes de Perdas Líquidas - FPL, criando condições de registrar melhor as causas dos problemas operacionais, avaliando e acompanhando estas fontes, através de indicadores ambientais. Consideram-se FPL produto, matéria-prima, insumo, subproduto ou qualquer efluente em fase líquida, originada de determinado equipamento ou sistema do processo produtivo, por exemplo, dreno de fundo vaso, dreno de descarga de bombas e dreno de fundo de tanques aéreo. Desta forma, as FPL são os pontos de origem da geração de efluente líquido numa indústria petroquímica.

No processo de rastreamento da origem da fonte potencial de contaminação (Figura 2), visando seu controle, as indústrias, quando muito, tem se preocupado na identificação das fontes

primárias¹ buscando geralmente a manutenção destas para evitar o aparecimento de fontes secundárias². Dificilmente, existem empresas com sistema de gerenciamento de fontes de perdas líquidas na origem. Além disso, não existe no ordenamento jurídico brasileiro uma legislação clara que obrigue as indústrias a implantar programa de redução na fonte. A mudança do controle de fontes primárias para FPL representa um novo patamar de gerenciamento que chega mais perto da origem do problema (CUNHA, 2006a).

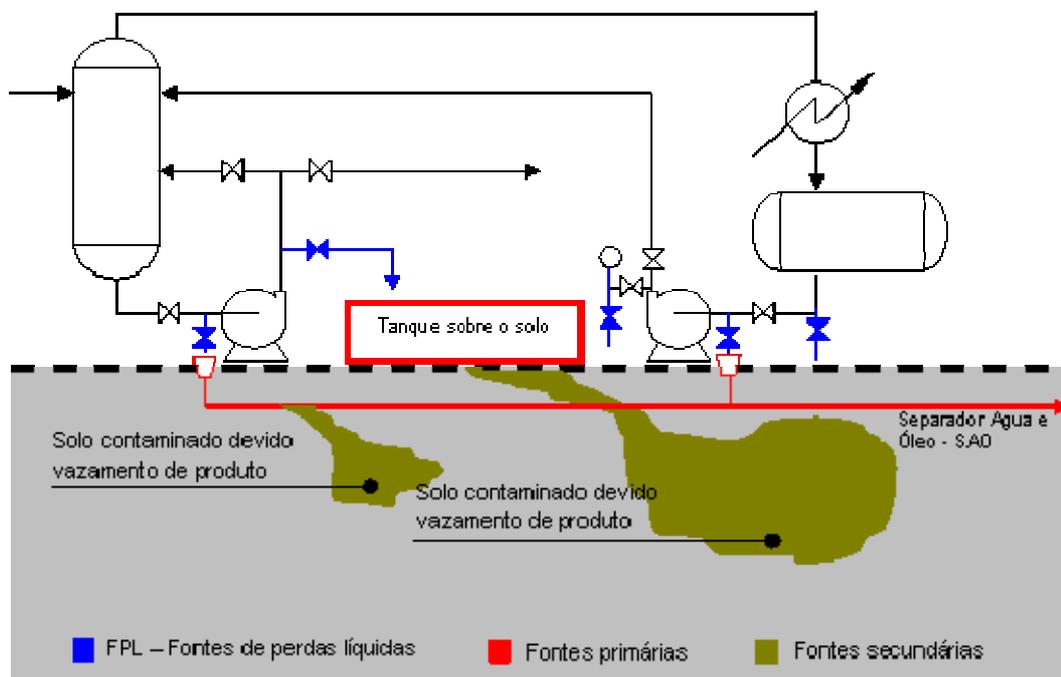


Figura 02 – Evolução das fontes de contaminação quanto a sua origem
Fonte: Cunha, 2006a,b

Um dos objetivos deste pilar é categorizar fontes de geração de efluente líquido, aspectos ambientais, falhas de equipamento e causas correspondentes, bem como associar informações específicas operacionais com dados de engenharia e manutenção. O mais importante é que este novo Sistema de Informação forneça uma plataforma de dados para prever as tendências dos projetos de melhoria: se mais voltados para PP ou tendendo para tecnologia “fim de tubo”. Além disso, deve permitir que informações operacionais sejam mais facilmente coletadas, minimizando o tempo de análise de quem consulta, reduzindo o tempo de reprodutividade na organização e que sejam adequadas para tomadas de decisões.

Note-se que os efluentes líquidos podem ser gerados em diversas situações: desde rotinas pré-estabelecidas, que solicitam a necessidade de drenagem, após execução de determinada

¹ Fontes primárias - fonte de poluição visível ou processo inicial de poluição oriundo de vazamentos, transbordamentos ou disposição inadequada de resíduos em áreas onde o solo não se encontra protegido. A contaminação ocorre, dessa forma, ao nível do solo com potencial de poluição para as águas subterrâneas (Portaria CRA nº 5210/05).

² Fontes secundárias – fonte de poluição, não visível, oriunda de uma fonte primária, onde os poluentes se encontram na fase residual do solo e/ou nas águas subterrâneas (Portaria CRA nº 5210/05).

tarefa, passando por anormalidades na planta em função do descontrole de variáveis de processo, até vazamentos acidentais. A metodologia visa atender apenas a redução das perdas líquidas provenientes de operações normais e anormais não contemplando situações acidentais e de parada para manutenção da unidade operacional. Com base no conhecimento do processo produtivo da DETEN e extrapolando o conceito para qualquer processo produtivo caracterizado pela circulação de fluido em fase líquida, foram identificadas três tipos de fontes: fontes em contínua drenagem, fontes em drenagem intermitente e fontes ocultas que se referem à que não podem ser facilmente localizadas no processo por não terem uma fonte fixa de geração de efluente. Geralmente são fontes relacionadas às operações complementares ao processo produtivo como uso de água adicional para resfriamento externo de um trocador de calor que se encontra com baixa eficiência de troca térmica.

O Sistema de Informação de FPL foi elaborado a partir do Portal Segurança, Saúde, Higiene e Meio Ambiente (SSHMA) em ambiente *Lotus Notes*, que tem como relevância a troca de informações entre os usuários (PESSOA et al., 2005a,b). Este sistema foi estruturado compreendendo as seguintes etapas: **Identificação de FPL, Avaliação de FPL, Implementação de Técnicas de Redução de Efluente Líquido e Auditorias**, descritas a seguir.

No primeiro momento, identificam-se as FPL com base num modelo desenvolvido na metodologia - **Modelo de Identificação das FPL** (Figura 03). Em seguida estas fontes são avaliadas de acordo com uma Matriz de Avaliação das FPL para identificar as fontes de maior potencial de perda líquida. A partir das fontes significativas são aplicadas Técnicas de Redução de Efluente. Em caso das medidas implementadas não serem efetivas, novas medidas devem ser estabelecidas. Sendo efetivas, resta acompanhar todo o processo de gerenciamento das FPL, através de indicadores de desempenho ambiental (CUNHA, 2006a).

O Modelo de Identificação das FPL (Figura 03) foi construído tendo em vista uma identidade para as fontes de forma que não houvesse possibilidade de confundir uma fonte com outra, obtendo assim facilidade de identificação na unidade de processo. As fontes foram nomeadas combinando-se três variáveis: Equipamento – geralmente um equipamento na unidade de processo tem um número para identificação (TAG); Fonte do Equipamento – as fontes de efluentes do equipamento são os drenos de maior potencial de perda líquida para sistema aberto; Aspecto Ambiental – é o elemento da atividade que possa interagir com o meio ambiente (NBR ISO 14001), ou seja, interagir com sistema aberto para atmosfera.

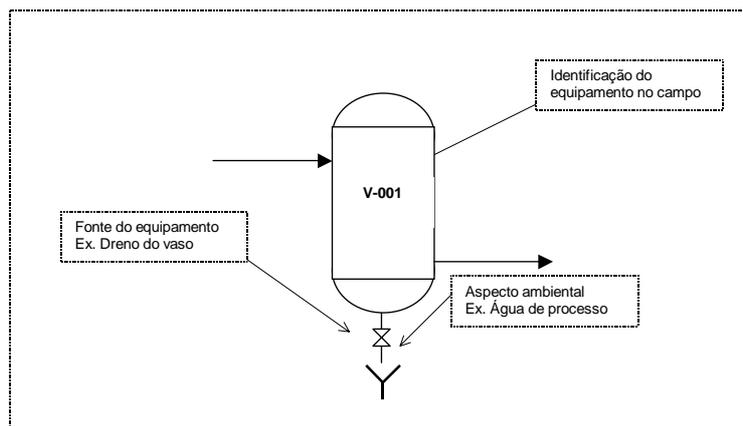


Figura 03 – Modelo de Identificação das FPL
 Fonte: Cunha, 2006a

Para ter uma visão geral do processo, fez-se necessário percorrer os locais na planta com auxílio do fluxograma do processo produtivo, detectando pontos de drenagem de efluente.

Associado ao conhecimento do processo e ao Modelo de Identificação de FPL, os operadores, conjuntamente com representantes da área de SMA, fizeram um levantamento preliminar das potenciais perdas líquidas por subsistema do processo de produção. No segundo momento, durante a capacitação, foi consolidado a relação de FPL e incluídas novas fontes. Com este levantamento preliminar, as FPL foram cadastradas no Sistema de Informação, ficando disponibilizada a informação para todo o corpo técnico da empresa. É importante salientar que nem todas as fontes precisam ser identificadas, apenas aquelas com maior potencial de perda líquida devem ser monitoradas, isto porque, ficaria inviável o acompanhamento de todas as FPL, pois a depender do processo chega-se à ordem de milhares.

No levantamento das FPL quanto ao seu tipo, deu-se prioridade a identificação das Fontes Contínuas, que geralmente são potencialmente mais significativas, além de ser em menor número em relação às fontes intermitentes, e mais visíveis, portanto podendo ser também identificadas com facilidade no campo.

Para cada etapa do fluxograma foram desenvolvidas telas em ambiente *Lotus Notes* que inclui identificação das FPL (Figura 04) onde são cadastradas à medida que vão sendo identificadas pelos operadores no campo.

SSHMA - PEZ\Estadística por Área - Lotus Notes			
Identificação da Fonte			
Área Responsável:	SMMA	Equipe:	
Cor:			
Área da Fonte:		Data:	06/01/2006 16
Equipamento:			
Fonte do Equipamento:			
Comentário da Fonte:			
Aspecto Ambiental:			

Figura 04 - Tela do PEZ – Identificação de FPL
 Fonte: Portal SSHMA DETEN - Programa Efluente Zero, 2006

Em 2004 foram registradas no Sistema de Informação 331 FPL e em 2005 inseridas 50 novas FPL. Segundo Cunha (2006a,b) este Sistema constitui numa verdadeira radiografia das FPL

em uma planta de produção petroquímica, permitindo, assim, uma nova maneira de enxergar as fontes causadoras dos problemas ambientais. Antes as FPL nem ao menos eram identificadas, no máximo, feito o inventário de fontes primárias de poluição.

Na Figura 05 são demonstrados os números de FPL identificadas por sistema do processo produtivo da DETEN. O sistema de Alquilação da Unidade I e II representa 46% do total das FPL, sinalizando ser uma das áreas prioritárias para implantação de medidas de redução na fonte.

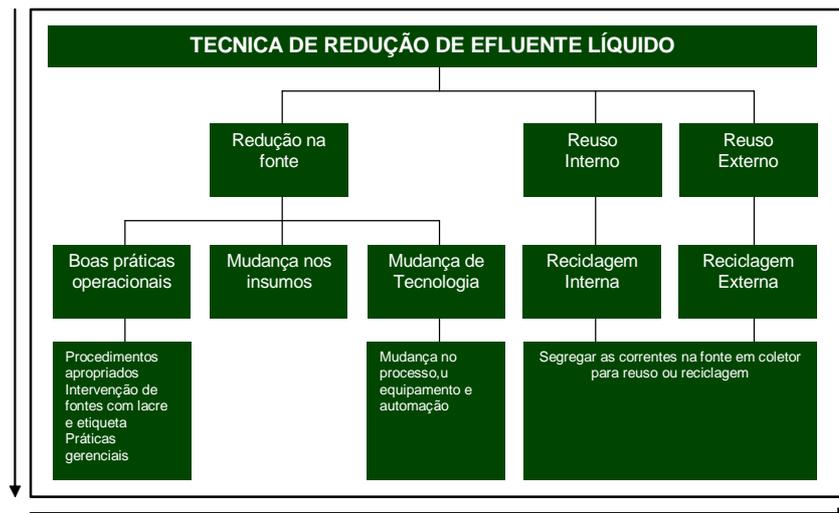
Área	Classificacao	Ano	Número	Litros/Hora	Nº de Fontes	%
▶ Alquilação I				2515	91	23,88%
▶ Alquilação II				2482	88	23,10%
▶ OSBL I				0	2	0,52%
▶ OSBL II				0	12	3,15%
▶ Pacol I				1952	63	16,54%
▶ Pacol II				3391	57	14,96%
▶ Sulfonação				0	36	9,45%
▶ Tancagem				0	31	8,14%
▶ Terminal Ferroviário				0	1	0,26%
				10340	381	100,00%

Figura 05: Tela do PEZ – Número de FPL por sistema
Fonte: Portal SSHMA DETEN - Programa Efluente Zero, 2006

Para **Avaliação das FPL**, visando definir as prioritárias, foi elaborada uma Matriz de Avaliação em função da gravidade do impacto ambiental e da freqüência ou da vazão de drenagem. Para a variável gravidade do impacto levou-se em consideração o grau de toxicidade do efluente, o valor econômico e a capacidade de reversibilidade do efluente. Este último parâmetro é entendido como a possibilidade/facilidade de eliminar, reduzir, reutilizar o efluente. Quanto maior for a toxicidade, o valor econômico e a capacidade de reversibilidade, maior será a gravidade da FPL. Para a variável freqüência ou vazão levou-se em consideração, além do número de vezes que a fonte é drenada, a quantidade de efluente líquido perdida, da qual é a mais representativa. Esta variável classifica-se em remota, ocasional, moderada ou freqüente. Ao cruzar a gravidade com a freqüência ou vazão tem-se a classificação final das FPL em baixa, moderada e alta significância. Esta matriz foi elaborada de acordo com os parâmetros do processo produtivo da empresa estudada, podendo ser reelaborada para atender outros processos. Das 381 FPL registradas até dezembro de 2005, aproximadamente 40% foram avaliadas como Impacto Máximo ou de Alta Significância sendo estas prioritárias para implementação de técnicas de redução de efluente na fonte.

De acordo com a Matriz, as fontes avaliadas como Alta Significância (Máximo) são geralmente fontes com vazão acima de 300 litros/h ou com freqüência de drenagem maior que três vezes ao dia, de características tóxicas e de alto valor agregado. A partir do acompanhamento das FPL através de auditoria hídrica e de lacre e do monitoramento da qualidade do efluente esta avaliação qualitativa se torna mais confiável.

Uma vez identificadas as FPL de maiores relevâncias implementam-se Técnicas de Redução de FPL que segue a hierarquização do Organograma de Redução de Efluente Líquido (Figura 06) de grande importância para a análise e hierarquização das medidas preventivas que tomou como base o organograma mestre de LaGrega e o de PML (CUNHA, 2006a).



Ordem de implantação das medidas

Figura 06 – Organograma de redução de efluente líquido na fonte
Fonte: Cunha, 2006a

A Figura 06 apresenta medidas que deverão ser implementadas seguindo uma ordem de priorização de cima para baixo e da esquerda para direita. Inicialmente, aplicam-se as **Boas Práticas Operacionais** seguindo de **Mudança de Insumo** e **Mudança de Tecnologia**. Por fim, aplicam-se medidas de **Reuso e Reciclagem** priorizando aplicação destas técnicas internamente. Estas medidas implementadas nesta ordem geralmente são menos onerosas para a empresa reduzindo custos de produção, materiais, água, energia e também em custos diretos em gestão de resíduos. Note-se que é mais factível a implementação do bloco de Boas Práticas Operacionais antes de se pensar em Mudança nos Insumos e Tecnologia, diferente do organograma de LaGrega que considerou em Controle na Fonte primeiramente Mudança de Insumo. As Boas Práticas Operacionais, além de serem estabelecidas em curto prazo, servem de exemplo para mudança de atitudes e comportamento das pessoas. Para aplicação das Técnicas de Redução de Efluente, primeiramente foi feito um diagnóstico da situação das FPL. Verificou-se, deste modo, quais fontes estavam sendo controladas por Boas Práticas Operacionais, quais poderiam ou estariam sendo modificadas por insumos e tecnologia de redução na fonte e quais seriam necessárias reuso e reciclagem. Foram analisados mais de 200 processos que inclui procedimentos operacionais e projetos de modificações de processo que se encontravam em andamento. Desses, foram correlacionados aqueles que eram de redução na fonte e aqueles que eram para coletar, reusar ou reciclar.

Boas Práticas Operacionais

O grande diferencial do PEZ consiste na priorização desta medida. Diversas são as Boas Práticas Operacionais desenvolvidas no Programa, com destaque para o uso do lacre e etiqueta. Uma vez identificadas as FPL, com exceção das FPL contínuas e de vazamentos, estas podem ser submetidas à instalação de lacre e etiqueta nas válvulas de dreno. Para Cunha (2006a), esta técnica foi idealizada com o objetivo de despertar a criatividade do operador em ampliar o uso dessa prática de redução, no sentido de trazer a discussão do final para a origem do processo produtivo, através da identificação das causas, funcionando da seguinte forma: o operador ao interagir com o processo pode necessitar de executar determinada manobra que precise abrir o dreno de um determinado equipamento que contém produto. Em sendo necessário, o lacre é rompido e neste momento o

operador preenche na etiqueta a data, a causa da drenagem e a quantidade estimada que levou a abertura da válvula. Essas informações são então catalogadas para avaliação das causas que podem contribuir com novas formas de operar a planta ou novas alternativas de melhorias do processo. Vale ressaltar, que antes mesmo da necessidade de romper o lacre (medida facultativa para o operador), este questione a real necessidade de abrir o dreno, o que leva a adoção de mudança operacional de redução na fonte. Além disso, considerando a forma como foram concebidas as indústrias químicas, petroquímicas e a refinaria no Brasil, a adoção deste tipo de técnica possibilita aos operadores do processo produtivo uma nova forma de enxergar e gerir o problema, posto que quando dos questionamentos na ruptura do lacre levam se perguntarem se não poderia ter evitado, reduzindo na fonte, e conseqüentemente gerar menos efluente para a estação de tratamento. Na aplicação desta medida, contou-se bastante com a colaboração dos operadores de processo, haja vista que esta técnica foi aplicada de forma participativa. Foi ressaltado o preenchimento de todos os campos da etiqueta (Figura 07), reforçando principalmente a descrição da causa, pois muitas vezes esta informação é descrita de forma insuficiente para determinar o que realmente leva a ruptura do lacre. De qualquer forma, ainda que insuficiente quanto a sua descrição, pode-se questionar o problema diretamente com o operador em função de sua identificação, podendo chegar a uma melhor descrição da causa.



Figura 07 – FPL com Lacre e Etiqueta na DETEN
Fonte: Deten Química, 2004

A partir de fontes lacradas, observou-se que os operadores passaram a buscar alternativas no sentido de minimizar as perdas líquidas, reduzindo sua freqüência de drenagem ou deixando de ser pontos de drenagem, constituindo, portanto, em uma das vantagens notáveis na utilização desta medida. Outros benefícios resultantes dessa prática compreendem a ênfase que é dada na responsabilidade individual, a revelação de causas antes não identificadas, a indução dos operadores na identificação das melhorias no interior do processo produtivo, a interatividade entre diversos setores, favorecendo, deste modo, a uma mudança da cultura organizacional. Nesse sentido, esta mudança de cultura pode ser percebida no questionamento das tarefas dos operadores, a ponto de se discutir o motivo de rompimento de lacres nos bate papos do dia-a-dia e até mesmo no refeitório. A elevação desta consciência tem impulsionado a busca de soluções de problemas na fonte de geração de efluente. Várias causas imediatas passaram a ser registrada no Sistema de

Informação, com o uso de lacre e etiqueta, em que é descrito o motivo de ruptura da FPL. Dentre estas, vale destacar as principais que corresponderam a 80% dos motivos de geração de efluente líquido na fonte: limpeza de equipamento, cavitação de bombas, vazamento pelo selo mecânico, amostragem de produto e obstrução de tubulações. Diante dessas causas percebem-se grandes oportunidades de melhorias, principalmente para aquelas que já demonstram a origem do problema. Outras necessitam ainda ser mais bem avaliadas, uma vez que a determinação da causa raiz, é fundamental para definir a implantação de medidas de redução na fonte de forma eficaz. Apesar das dificuldades mencionadas quanto à forma de descrever a causa, percebe-se uma melhora significativa ao longo do processo de internalização do PEZ.

Mudança de Insumo e de Tecnologia

Estas medidas só devem ser implementadas após terem sido experimentadas as medidas de Boas Práticas Operacionais. Uma vez que os novos procedimentos operacionais estejam sendo atendidos e ainda assim houver geração de efluente, implementa-se substituição do insumo ou em seguida a mudança de tecnologia no processo produtivo. Em reuniões periódicas multidisciplinares são selecionados os projetos para implementação e incluídos novos que podem surgir em função de problemas operacionais. Além dos focados no aumento de produtividade, outros projetos de segurança industrial concorrem com os de cunho ambiental. Diante de tantos projetos, observa-se que aqueles, atrelados à produtividade e ao atendimento a legislação, são os prioritários. Inicialmente, buscando modificar esta forma de priorização e consoante com a meta de redução de efluente, foi dado prioridade para aqueles de aumento de produtividade que levem também a redução de perdas líquidas (PESSOA et al., 2005a,b).

Com a consolidação do PEZ, durante a definição do plano de metas de longo prazo, a Área de SMA propôs mudança na construção do Planejamento Estratégico Ambiental (PEA) da empresa. Até então, os objetivos ambientais eram definidos com base na identificação e avaliação de aspectos ambientais, tendo como pressuposto a ISO 14001. Apesar de ser um avanço na gestão ambiental da empresa, a definição de metas no PEA com base apenas nesse modelo tornava as discussões fragmentadas, geralmente desconectada dos objetivos a serem definidos por outras áreas e em especial a Área de Engenharia que gerencia os projetos de modificação no processo. Outro ponto verificado, nesse sentido, foi que as metas na sua grande maioria eram de curto prazo (anual) e demandava maior disponibilidade de recursos humanos, o que favorecia a proposição de projetos fim de linha. Diante desses obstáculos supramencionados, a Área de SMA passou a rever nova forma de definir as metas. Foram levantados, por sua vez, todos os projetos e estudos e analisados quanto seu potencial de redução de efluente, principalmente daqueles projetos proposto inicialmente para aumento da produtividade. A reanálise de projeto em conjunto, associado aos problemas identificados pelo PEZ, respondeu diversos questionamentos como: a abrangência de determinado projeto que foram inicialmente desenvolvidos para resolver um problema específico; o cancelamento definitivo de projetos de abordagem meramente curativa; o desenvolvimento conjunto de dois ou mais projetos semelhante, simplificando e economizando na sua implantação; o reuso e reciclagem de produtos

como as últimas alternativas para novas melhorias no processo; a reavaliação de projetos implantados de difícil operacionalização e soluções focadas em conjunto de pequenos projetos implantados por etapas em vez de um projeto que requer grandes investimentos.

A nova forma do PEA agora perpassa por um diagnóstico dos projetos em andamento, questionando quanto a internalização ou não dos conceitos de PP na Engenharia. Faz parte, deste modo, do PEA as discussões das melhores técnicas de redução de efluente e viabilidade/necessidade ou não de se implementar tecnologias “fim de tubo”.

Na operacionalização do PEZ, práticas gerenciais como a reavaliação de soluções que já haviam sido implantadas, como as instalações de válvula em pontos de amostragem com dispositivo de redução de perdas, foram dados a abrangência devida. Esta tecnologia passou a contemplar todos os pontos de coletas de amostra. Além de soluções conhecidas, como substituição de selo mecânico simples por selo duplo, que contribui para eliminação da água de resfriamento em bombas, que operam com fluido quente, o PEZ contribui para aplicação de mudança de insumo e tecnologia de forma inovadora como a substituição do fluido de resfriamento de selo de bombas por fluido de processo e adequação do bico de carregamento rodoviário.

Reuso e Reciclagem Interna e Externa

Durante o processo de análise das técnicas, esta é a última medida a ser implementada. Apesar de parecer uma solução simples e tecnicamente fácil de ser aplicada em qualquer situação de perda de produto, não é a mais adequada, visto que pode levar ao que se denomina “efeito rebote” (significa utilizar uma medida para solucionar um determinado problema e este reaparece em grau mais elevado, ou seja, a medida cumpre seu objetivo, inicialmente, eliminando o problema, e depois de um certo tempo faz efeito contrário). Mesmo mantendo a produção, a quantidade de efluente enviada para reuso e reciclagem ao invés de reduzir, tende a aumentar, pois o operador entende que todo o efluente será novamente recuperado de alguma forma. Em alguns projetos de reuso e reciclagem é requerida um vaso acumulador atmosférico que recebe as drenagens de equipamentos. Este vaso acaba sendo usado para outros fins, geralmente em manobras operacionais que exige menor esforço operacional. O aumento de efluente para o vaso, que na maioria das vezes encontra-se instalado sobre ou submerso ao solo, traz como consequência a ampliação do potencial de contaminação ambiental por transbordamento do vaso, além disso, obriga a empresa a investir mais em equipamentos para fazer face à necessária capacidade do vaso e, também, na aquisição de bombas mais potentes.

Esta medida de reuso e reciclagem por constituir maior investimento, merece e deve ser repensada de modo a procurar caminhos com resultados mais compensadores. Vale ressaltar, porém, que o vaso coletor pode ser indispensável na recuperação de produtos originados de drenagem de equipamento em parada geral de manutenção.

A aplicação dessas medidas seguiu a mesma sistemática de acompanhamento e implantação da medida anterior. Desse modo, alguns estudos, como pequenos projetos de instalação de vaso coletor para reprocesso de produto foram inicialmente suspensos até que se concluísse pela inviabilidade de redução na fonte.

Ainda referente ao segundo Pilar, após implementação das Técnicas de Redução de FPL são realizadas Auditoria das FPL, quais sejam: Auditoria de Lacre e Etiqueta e Auditoria Hídrica.

Auditoria de Lacre e Etiqueta

Consiste em acompanhar as FPL submetidas a fechamento com lacres e etiquetas. Estas são realizadas semanalmente podendo ser feita pelos próprios operadores ou pelo pessoal da Área de SMA. A partir de uma lista gerada pelo Sistema de Informação, o auditor percorre as áreas onde estão instalados os lacres e etiquetas e caso os lacres estejam rompidos, detectam-se as etiquetas no local apropriado para guarda e neste momento reinstalam novos lacres e etiquetas nas FPL. O conteúdo da etiqueta preenchida pelos operadores é cadastrado no Sistema. As FPL que manteve o lacre e etiqueta no local sem romper por mais de seis meses e que não haja suspeita de que sua retirada possa levar a perda significativa, passam a ser considerada Fonte Zero automaticamente no Sistema de Informação e a partir deste *status* o lacre é retirado. Com isto outras FPL podem ser submetidas a fechamento com lacres. Caso as FPL retornem a ter alto potencial de perda, as FPL perdem o *status* de Fonte Zero podendo ser novamente submetida a fechamento com lacre.

Auditoria Hídrica

É realizada para monitoramento da qualidade e quantidade das perdas líquidas. Esta consta de no mínimo três medições de vazão por FPL, através da cubagem em função do tempo (uso de recipiente graduado e cronômetro). Geralmente são medidas as fontes contínuas ou aquelas de drenagem temporárias. Após medição de campo que pode incluir análise física e química do efluente, as informações são cadastradas no Sistema de Informação. Por exigir maior tempo na execução, esta auditoria tem sido realizada sem uma frequência definida, ocorrendo duas ou três vezes ao ano, porém é importante relatar as condições da planta no momento da realização da auditoria e efetuar nova auditoria toda vez que ocorrer mudanças significativas no processo que podem influenciar a quantidade ou qualidade de efluente.

Incentivos as Idéias Inovadoras

O terceiro pilar de sustentação do PEZ, Incentivos as Idéias Inovadoras, constitui numa das ferramentas que proporciona o aumento da motivação e criatividade dos empregados, visando trazer idéias sobre redução na fonte, em busca incessante do Efluente Zero. É estabelecido um sistema de avaliação, onde anualmente uma das equipes é premiada juntamente com o empregado de melhor desempenho. Apesar da divulgação constante do PEZ na organização ter motivado as

pessoas a tomar ações dentro de sua rotina de atividade, que vem a contribuir para redução de efluente, estas iniciativas não foram suficientes e neste ponto verificou-se a necessidade de estabelecer um sistema de recompensa (prêmio em espécie, brindes, jantar especial etc) para aqueles diretamente envolvidos no objetivo do PEZ.

Neste sentido, foi estabelecido um sistema de avaliação das equipes de turno, principais envolvidos no Programa, onde anualmente são premiados a equipe e o empregado de melhor desempenho. Esta premiação ancorou-se no sistema de sugestões “Oficina de Idéias”, que é um canal simples e ágil de encaminhamento de proposições para a solução de problemas que não estejam sendo tratados pela Empresa. Isto tem levado os operadores a sugerirem idéias, desde pequenos desvios de tubulações para recuperação de efluente, até medidas mais complexa como reuso de água de lavagem do reator da unidade de fabricação de LAS utilizada como água de hidrólise na Unidade de Sulfonação (PESSOA et al., 2005a,b).

RESULTADOS DO PEZ

Percebe-se uma queda significativa na média anual das vazões de efluente, a partir da consolidação do PEZ. Até 2002, gerou-se uma média 15 m³/h de efluente. Com o início dos trabalhos de redução de efluente, a partir do segundo semestre de 2003, que resultou no PEZ, este valor foi reduzido em 48%, atingindo uma vazão média de 7,8 m³/h em 2005 (Figura 08).

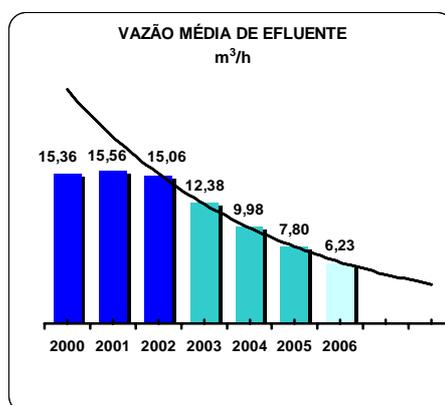


Figura 08 – Geração média anual de efluente orgânico entre 2000 a 2005 e estimativa de geração para 2006
Fonte: Cunha, 2006^a.

Observa-se na Figura 09 que houve uma redução da geração de efluente também em função da quantidade de LAB produzida. A média era 0,90m³/t até 2002, reduzindo para 0,41m³/t em 2005, isto é, uma redução de 46% na geração de efluentes por tonelada de produto.

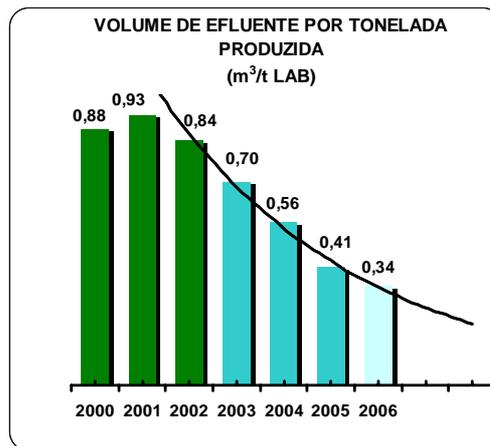


Figura 09 – Média anual de efluente orgânico por tonelada de LAB e estimativa para 2006
Fonte: Cunha, 2006a

Muito comum na indústria petroquímica e refinaria de petróleo, as perdas líquidas de produtos químicos são tão importantes quanto a água. Na DETEN estas perdas são geradas principalmente em função de manobras operacionais, como limpeza de equipamento, coleta de amostra, liberação de equipamento para manutenção. Os produtos são recuperados no SAO na forma de uma mistura oleosa.

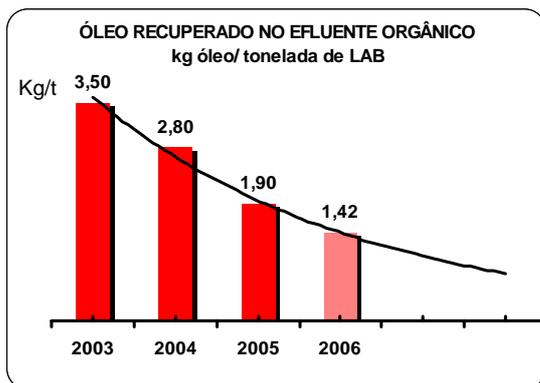


Figura 10 – Recuperação média anual de óleo no efluente orgânico entre 2003 a 2005 e estimativa de recuperação para 2006
Fonte: Cunha, 2006a

Em função desta mistura, o produto tem baixo valor agregado sendo a melhor alternativa sua redução na fonte de geração. Em 2003, quando foi implantado este indicador (Figura 10) a empresa gerava 3,5kg de óleo por tonelada de LAB produzida, representando 542 toneladas. Em 2005, as perdas foram reduzidas para 1,9kg por tonelada de LAB produzida.

Outro indicador refere-se ao Percentual de FPL com Técnica de Redução de Efluente (Figura 11). Este demonstra a postura da empresa em relação à implementação de medidas com foco na prevenção. Os resultados parciais mostram que 33% das FPL estão relacionadas às Boas Práticas Operacionais incluindo o uso de lacre e procedimento operacionais específicos, no caso da DETEN. A mudança de insumo representa 2% das FPL. As controladas por mudança de tecnologia, basicamente modificação no processo, representam 28%. Como prática de reuso, o percentual é de 7% tendo como principal projeto o uso de vaso coletor para reprocesso de produtos e finalmente a reciclagem com apenas 1% que está relacionada à comercialização de produto não especificado.

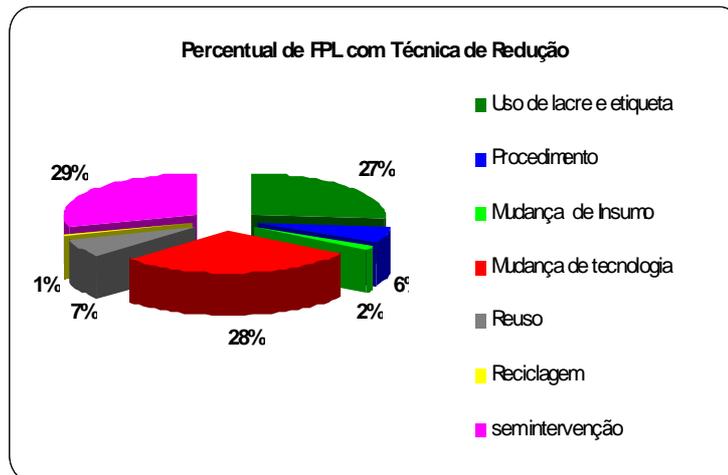


Figura 11- Percentual de FPL com Técnica de Redução de Efluente
 Fonte: Cunha, 2006a

Um dos principais Indicadores do PEZ e da meta mais desejável é o Percentual de Fonte Zero (Figura 12). Representa o percentual de Fonte Zero em relação ao número total de fontes cadastradas no Sistema de Informação do PEZ.

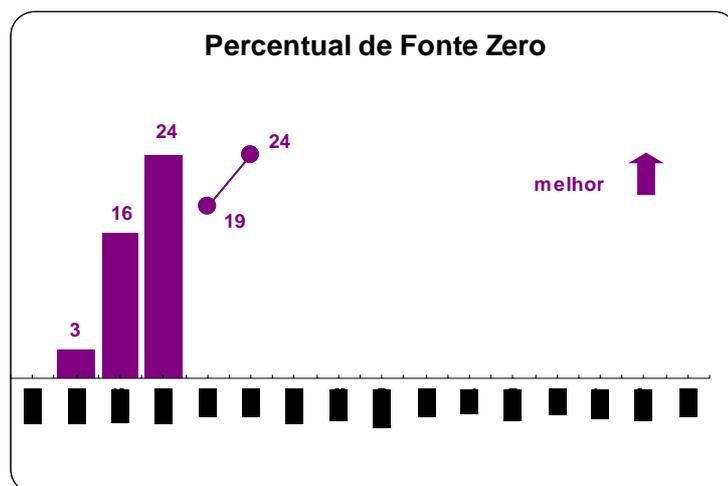


Figura 12 – Percentual de Fonte Zero
 Fonte: Cunha, 2006a

As FPL são classificadas como Fonte Zero se atender aos critérios do Programa: permanecendo seis meses consecutivos sem romper ou ter sido eliminada em função de boas práticas operacionais e tecnologias implantadas.

Verifica-se um aumento do percentual de fontes zero atingindo 24% em fevereiro de 2006. Este aumento se deve principalmente a implantação de selos duplos em bombas, redução da prática de escorva de bombas, eliminação do uso do trocador de calor de bombas em ciclo aberto e modificações de manobras operacionais quando da liberação de equipamento para manutenção.

Operacionalizando com a utilização de diversas ferramentas internas (MPP, Planejamento Estratégico e Sistema SSHMA), a composição dos ganhos relacionados

especificamente com o PEZ, torna-se de difícil contabilização. Apesar disso, pôde ser contabilizados os ganhos relacionados diretamente com a redução das perdas de produtos para o SAO. Pelo fato dessas perdas serem recuperadas no final do processo misturado ao efluente, sem especificação, este produto é comercializado com baixo valor agregado, porém os resultados analíticos comprovam que este óleo contém produtos de alto valor agregado. Com a redução na fonte e recuperação separada para reprocesso, o ganho acumulado até dezembro de 2005 atingiu cerca de US\$ 200 mil (Figura 13).

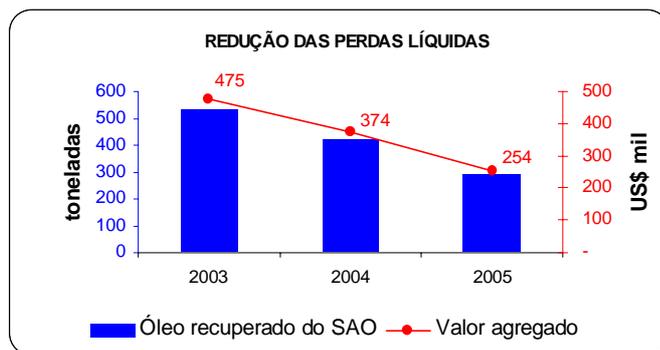


Figura 13 – Ganhos contabilizados em função da redução das perdas líquidas
Fonte: Cunha, 2006a

Além disso, foram economizados nos últimos três anos mais US\$ 40 mil referentes ao tratamento de efluente na CETREL em função da redução de DBO e material em suspensão. No que se refere ao investimento financeiro realizado na implantação do PEZ, este foi da ordem de US\$ 15 mil (incentivos e desenvolvimento do sistema informatizado) e tendo seu retorno integral dentro do primeiro ano após a concepção do PEZ.

CONCLUSÃO

A construção do PEZ de forma participativa provocou uma nova forma de enxergar melhor o processo produtivo, quebrando antigos paradigmas anteriormente existentes. Seu objetivo principal vem sendo atingido. Através da identificação das FPL de maiores relevâncias e a utilização de técnicas de redução de efluente líquido de forma hierarquizada se conseguiu reduzir a vazão e melhorar a qualidade do efluente líquido na empresa. A hierarquização destas técnicas, priorizando as boas práticas operacionais, tendo como medida fundamental o uso do lacre e etiqueta, vem modificando a postura dos envolvidos, e em maior grau dos operadores, que mais motivados e com maior vontade de cooperação buscam, agora, resolver os problemas na fonte. Deste modo, os operadores questionam sua rotina de trabalho de forma diferenciada, tornando realidade práticas inovadoras favorecendo a uma mudança de cultura organizacional.

A Educação Ambiental, o Sistema de Informação e o Incentivo as Idéias Inovadoras, construídas em consonância com as ferramentas existentes na organização, foram essenciais para sustentabilidade do PEZ. A capacitação, promovida pela UFBA por meio do TECLIM, fortaleceu os conceitos de PP e PML. O propósito maior é que se consolide a médio e longo prazo uma cultura de responsabilidade sócio-ambiental compatível com os negócios da empresa. Considerando que um

dos grandes desafios é o de coletar, organizar e utilizar o conhecimento tácito da empresa, reconhece-se que por meio do Sistema de Informação foi possível gerenciar melhor este tipo conhecimento, transformando-os em explícitos. A partir do registro de informações nas etiquetas, quando dos lacres rompidos, seguido do cadastro no sistema e avaliação das FPL, tornou melhor o acesso aos diferentes conhecimentos acumulados na organização.

Em relação ao terceiro pilar, Incentivos a Idéias Inovadoras, percebe-se um aumento da motivação dos empregados, principalmente, daqueles envolvidos no processo produtivo, evidenciadas pelas inovações implantadas na empresa. Os resultados demonstram o potencial do uso desta metodologia em outras empresas do setor petroquímico e refinarias, especialmente, naquelas que operem com transferências de fluidos líquidos, de maneira que possam reduzir ao máximo a geração de efluente. Em suma, a busca do efluente zero representa evitar toda a perda líquida na fonte, através de substituição de produto e matéria-prima, das boas práticas operacionais, da mudança de insumo e da mudança de tecnologia. Aquela perda que não puder ser evitada deve servir de matéria-prima para outras indústrias por meio de reuso e reciclagem, de forma que haja o mínimo possível de efluente final no sistema.

A proposta apresentada neste trabalho, premiada em primeiro lugar no Prêmio Desempenho Ambiental 2005 da Federação das Indústrias do Estado da Bahia - FIEB e em segundo lugar no Prêmio Bahia Ambiental 2005, instituído pelo Governo do Estado da Bahia, através da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH, é um ponto de partida para novas pesquisas. Estudos futuros, a partir deste trabalho, podem trazer grandes benefícios, recomendando-se propor mecanismos e estratégias de Educação Ambiental na organização, voltada principalmente para aquelas em que a rotina de trabalho tem o potencial de impacto ambiental evidente; bem como exercitar a utilização do Modelo de Identificação de fontes, utilizando a FPL como unidade para gerenciamento e controle de perdas líquidas, visto que o controle de prevenção do solo e da água subterrânea, utilizada pelas empresas do Pólo Industrial de Camaçari, é feito a partir das fontes primárias; desenvolver *software* genérico de gerenciamento de FPL para atender as indústrias e, aplicar esta metodologia de redução de efluente líquido na fonte as demais empresas do Pólo Industrial de Camaçari, refinarias de petróleo ou qualquer outra empresa que opere com transferência de fluido em fase líquida.

REFERÊNCIAS

BAHIA. Centro de Recursos Naturais – CRA. Portaria nº 5210, de 15 de fevereiro de 2005. Renovação de Licença de Operação do Pólo Industrial de Camaçari. Diário Oficial do Estado, Salvador, fev. 2005.

CUNHA, Erisvaldo. **Metodologia para redução de efluente líquido industrial na fonte: uma proposta a partir da experiência da Deten Química S.A.** 2006, 227 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006a.

_____.; Programa Efluente Zero - PEZ: uma metodologia para redução de efluente líquido na fonte em operacionalização na Deten Química S.A. In: I CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO HUMANO: BIODIVERSIDADE, RECURSOS HÍDRICOS E RESPONSABILIDADE SOCIAL – MADEHUMAN I, 2006, Salvador, 2006b.

DETEN QUÍMICA S.A. Disponível em: <<http://www.deten.com.br>>. Acesso em: 15 jun. 2006.

KIPERSTOK, A.; COELHO, A. *et al.* **Prevenção da Poluição.** SENAI/DN. Brasília. 2002. 290 p.

_____.; SILVA, Moisés; KALID, Ricardo de Araújo; SALES, Emerson Andrade; PACHECO FILHO, Jose Geraldo de Andrade; OLIVEIRA, Sandra Cristina de; GALVÃO, Christiane Perazzo Leite; FONTANA, Daniela. **Minimização do uso da água na indústria através da parceria entre universidade e empresas:** o Projeto Braskem – Água. Bahia – Análise&Dados, Salvador / Bahia, v. 13, p.557-565,2003.

LaGREGA, M. D.; BUCKINGHAM, P. L.; EVANS, J. C. **The environmental resources management group:** Hazardous Waste Management. Singapore: McGraw-Hill, 1994.

MARINHO, Maerbal Bittencourt. **Novas relações sistema produtivo/meio ambiente – do controle a prevenção da poluição.** 2001, 198 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2001.

PENEDA, M. Constança. **Produção Mais Limpa,** Dos Sintomas às Causas – Um Investimento Rentável. Cadernos do INETI – Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial e ITA – Instituto de Tecnologias Ambientais N° 2. Portugal. 1996.

PESSOA, Carlos Luiz Pellegrini; COSTA, Cláudio Luis Vieira; CUNHA, Erisvaldo, CAPONERO, Jefferson; SIQUEIRA, Robério. **Sexto Prêmio de Desempenho Ambiental:** Em Busca do Efluente Zero. FIEB, Bahia: 2005a.

PESSOA, Carlos Luiz Pellegrini; COSTA, Cláudio Luis Vieira; CUNHA, Erisvaldo, CAPONERO, Jefferson; SIQUEIRA, Robério. **Prêmio Bahia Ambiental:** Programa de Efluente Zero. SEMARH, Bahia: 2005b.

REDE DE TECNOLOGIAS LIMPAS E MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS – TECLIM - UFBA. Disponível em: <<http://www.teclim.ufba.br>>. Acesso em: 15 jan. 2006.