



INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

"KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE"

A Produção Mais Limpa aplicada em uma pequena indústria do setor moveleiro: eficiência ambiental e econômica

M. Oliveira ^a, F. A. Araújo ^b

a. Universidade Federal de Juiz de Fora, marcioli@engenharia.ufjf.br

b. Universidade Federal de Juiz de Fora, araujof@powerline.com.br

Abstract

Applying the methodology of Cleaner Production promotes observation and assessment processes under the focus of the economy in the use of resources and minimizing waste generation. Thus, it is possible to reconcile the productive and economic efficiency with environmental performance. With the data collected in the furniture sector industry that have successfully implemented the practice of Cleaner Production, this article will present a case study on the approach discussing the results achieved by the company in relation to water consumption, consumption of electric energy, generation of waste from steel plate, generation of waste polymer and final destination of the waste industry. The aim is to demonstrate how Cleaner Production contributes to the sustainability of production processes, especially in small and medium enterprises.

Keywords: Cleaner Production, efficiency, small and medium enterprises.

1 Introdução

Para a implantação da Gestão Ambiental nas empresas, existem diversos modelos os quais Barbieri (2007) aponta como construções conceituais que orientam as atividades administrativas e operacionais para alcançar objetivos definidos. Dentre eles, por sua simplicidade e aplicabilidade, a Produção Mais Limpa (PML) vem sendo implantada com sucesso por pequenos e médios empreendimentos, e na maioria dos casos sem a necessidade de grandes investimentos em estruturas, equipamentos e consultorias. Entre os resultados alcançados, além da contribuição para a melhoria do meio ambiente, está a redução de perdas de matéria-prima e insumos, a eficiência energética e no consumo de água, e a melhoria na qualidade dos produtos. Também é possível que sejam verificadas mudanças no clima organizacional devido às melhores condições de trabalho, proporcionando assim um maior envolvimento dos colaboradores com o processo produtivo e com os objetivos da organização.

Nestes termos, o objetivo do presente artigo é apresentar um estudo de caso de aplicação da metodologia da Produção Mais Limpa em uma pequena indústria, demonstrando os resultados alcançados, e comentando-os de acordo com os

KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE

São Paulo - Brazil - May 20th-22nd - 2009

possíveis benefícios da aplicação da PML indicados pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente em seu documento "*Producción más limpia: Un paquete de recursos de capacitación*" (PNUMA, 1999).

2 Metodologia

Com a abordagem de Prevenção da Poluição, o modelo de gestão ambiental denominado Produção Mais Limpa é uma ferramenta eficaz para cumprir as necessidades ambientais e promover o desenvolvimento sustentável. Proposta em 1989 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente - PNUMA, Produção Mais Limpa é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada e preventiva a processos, produtos e serviços, com a finalidade de aumentar a eficiência e reduzir os riscos aos seres humanos e ao meio ambiente. Para tal objetivo, a PML envolve não apenas a aplicação de tecnologias para melhorias em produtos e processos, mas também a mudança de atitude, ou ainda, as "boas práticas" de produção (PNUMA, 1999). A Produção Mais Limpa mostrou-se importante ferramenta para o desenvolvimento sustentável, melhorando tanto a eficiência dos processos produtivos e as condições de segurança para os trabalhadores, quanto a qualidade dos produtos. Isso devido ao seu enfoque da avaliação do ciclo de vida aplicada à produção considerando o projeto do produto e as tecnologias que produzam menos resíduos, o uso eficiente de energia e matéria-prima, a otimização das tecnologias existentes e o alto nível de segurança das operações, conforme enumerado pelo PNUMA (1999).

Seiffert (2007) discute sobre a relação entre o controle operacional e a eficiência produtiva e econômica da organização, evidenciando que com a adoção de práticas ambientais mais adequadas e com o controle sobre os processos e seus aspectos ambientais, numa abordagem de prevenção à poluição, pode-se alcançar, além do atendimento aos requisitos legais, a redução de perdas. Com esse enfoque proativo, mais do que o aprimoramento do desempenho ambiental e das condições de trabalho, a PML visa melhorar a eficiência, a lucratividade e a competitividade das organizações (Almeida, Giannetti, 2006). Juntamente com outros instrumentos de gestão ambiental, a adoção deste modelo pode ser uma boa oportunidade para as pequenas empresas reverem suas estratégias (Donaire, 1995; Barbieri, 2007) e principalmente seus processos.

A escolha de uma pequena indústria para o estudo aqui apresentado foi motivada pelo desafio de contrapor as barreiras que esses empreendedores acreditam existir. Maimon (1999) enumera algumas barreiras observadas na implantação de sistemas de gestão ambiental em pequenas e médias empresas, passando por questões organizacionais, sistêmicas, comportamentais, técnicas, econômicas e governamentais. Com maior destaque, PNUMA (1999) aponta que muitos empresários e gestores pensam que investir numa produção limpa custará mais caro por desconhecerem que mais de 50% dos resíduos podem ser evitados com simples medidas e pequenas mudanças nos processos, e ainda, que mais de 65% das barreiras para a implantação da Produção Mais Limpa estão relacionadas com a motivação e as atitudes das pessoas. Assim, demonstrar a aplicabilidade da PML numa pequena empresa, evidenciando sua simplicidade e eficácia, reforça a importância desse modelo bem como a possibilidade desses empreendimentos desenvolverem práticas ambientais sustentáveis.

O Pólo Moveleiro de Ubá iniciou suas atividades em 1962, contando atualmente com mais de 300 indústrias de móveis, empresas fornecedoras de insumos e lojas especializadas. Segundo informações do Sindicato Intermunicipal das Indústrias de Marcenaria de Ubá (Intersind, 2005), 95% dos empreendimentos que integram o

pólo são classificados como micro ou pequenas empresas. Entre as entidades parceiras do pólo, a Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (Fiemg) tem importante papel na promoção da integração e desenvolvimento do Arranjo Produtivo Local. E foi em parceria com a Fiemg, juntamente com o Instituto Euvaldo Lodi (IEL Minas), que nos anos de 2005 e 2006 foi desenvolvido o programa de Produção Mais Limpa com algumas das empresas integradas ao Intersind.

A empresa escolhida para o estudo de caso é uma indústria que fabrica peças e acessórios para móveis. O empreendimento conta com aproximadamente oitenta funcionários empenhados na produção de peças em polímeros injetados e estampadas em aço. Ao decidir participar do programa, a Direção da empresa encaminhou funcionários para participarem das etapas de formação e treinamentos oferecidos pela Fiemg/IEL. Enquanto esses parceiros se empenhavam com a consultoria para a aplicação da metodologia da PML, a Direção da empresa se comprometeu em fornecer os recursos necessários para o sucesso do programa, envolvendo pessoal, materiais, equipamentos, e, principalmente, a disposição para reconstruir a cultura organizacional.

Seguindo a metodologia básica de implantação da Produção Mais Limpa, que pode ser resumida nas etapas de diagnóstico, balanço de material e energia, síntese e implantação, a equipe da referida indústria atuou em algumas linhas de frente alcançando resultados significativos, como será demonstrado mais à frente, envolvendo principalmente consumo de água, consumo de energia elétrica, geração de resíduo de chapa de aço, geração de resíduo de polímeros e destinação dos resíduos da fábrica.

2.1 Consumo de água

A empresa é abastecida por um poço localizado no empreendimento. Nos períodos de estiagem o nível de água subterrânea baixava e a bomba então aspirava uma maior quantidade de sedimentos, o que causava problemas mecânicos nos equipamentos e deficiências no abastecimento. A maior parte da água consumida é utilizada na refrigeração das máquinas injetoras de polímeros. Sem que o sistema de refrigeração estivesse funcionando adequadamente, as máquinas não podiam ser ligadas e a produção parava.

Observou-se que diariamente uma grande quantidade de água era desperdiçada ao final do último turno. Isto acontecia porque, ao se desligar as máquinas, a água do sistema de refrigeração retornava para a torre de resfriamento e para o reservatório. Como este estava instalado em nível abaixo do piso da fábrica, recebia todo o volume de água das tubulações e equipamentos refrigeradores que descia por gravidade. Porém, a capacidade da caixa era inferior ao volume retornado e, por isso, transbordava para o sistema de captação de águas pluviais todas as noites. Por consequência, na manhã seguinte era necessário ligar novamente a bomba para retirar água do poço resultando em maior consumo de água e também de energia elétrica. Outra perda se devia ao tempo dedicado a tal operação, considerando ainda ajustes devido à entrada de ar no sistema e outros problemas operacionais. Como proposta de solução foi apresentada a sugestão de elevar o nível da torre de resfriamento e de seu reservatório.

2.2 Consumo de energia elétrica

O consumo médio de energia elétrica na indústria antes do programa de PML se aproximava dos 19.000 KWh/mês. A eletricidade é utilizada no processo para

iluminação, sistema de refrigeração, máquinas e motores em geral. As máquinas injetoras de polímeros são as maiores consumidoras, pois a matéria-prima é fundida com a energia térmica produzida nas resistências elétricas daqueles equipamentos.

Algumas medidas simples, "soluções caseiras" (*housekeeping*), foram adotadas, das quais são citadas: desligamento da chave geral da subestação ao final do último turno, monitoramento das medições da subestação a cada turno, maior aproveitamento da iluminação natural e conscientização dos operários. Outras medidas técnicas foram necessárias, como a substituição dos capacitores para correção do fator de potência das máquinas e circuitos, substituição dos motores elétricos por outros mais eficientes e também a modificação em alguns equipamentos, e ainda a instalação de sistemas de acionamento de motores (termostatos, temporizadores) a fim de se evitar o funcionamento contínuo e desnecessário. A alteração e elevação do sistema de resfriamento de água também influenciou no resultado, pois a bomba do poço passou a ser ligada com menor frequência e por períodos mais curtos.

2.3 Geração de resíduos de chapa de aço

O aço é matéria-prima utilizada na fabricação de uma determinada peça, estampada em uma fita. Os resíduos desta fita representavam grande perda para a empresa, pois aproximadamente 31% da matéria-prima eram descartados como sucata. A cada dois meses era recolhida uma quantidade aproximada de 4,5 toneladas de sucata de aço, somando 27 toneladas por ano. Tal descarte era devido ao formato da peça, a largura da fita e ao molde da prensa.

Para resolver este problema foi decidido que se deveria modificar o desenho e corte da chapa. Esta decisão representou a mudança mais radical de toda a implantação da PML na empresa, pois foi necessário negociar com o fornecedor e conseguir que o mesmo desenvolvesse uma fita com maior largura, a qual até então não existia no mercado. Então, foi necessário também adquirir outra prensa mais potente e um outro molde que aproveitaria melhor a área da nova chapa. Com uma fita mais larga, a bobina passou a ter um maior peso e assim foi necessário desenvolver um alimentador, tarefa essa facilmente cumprida pela equipe de manutenção da própria empresa.

2.4 Geração de resíduos de polímeros

As operações de injeção de plástico resultam em resíduos como peças defeituosas, galhos formados pelo material que se solidifica nos canais do molde e ainda as borras provenientes da limpeza do canhão injetor. Os resíduos gerados nas injetoras alcançavam 0,4 toneladas mensais, somando ao final de um ano o total de 4,8 toneladas.

Para reduzir a geração destes resíduos, os operadores receberam orientações, foram estabelecidos novos procedimentos operacionais e um controle mais rigoroso sobre o processo foi adotado. As borras provenientes da limpeza do canhão são geradas a cada troca de matéria-prima. É preciso injetar o novo polímero até remover do sistema todo o material que estava sendo processado anteriormente, para não haver contaminação do produto. Duas medidas foram adotadas a fim de reduzir esta perda. Uma delas se deu no planejamento da produção, adequando a programação das máquinas de maneira que o número de trocas de material fosse reduzido ao menor possível. Com trocas de matéria-prima menos frequentes, a quantidade de borra gerada é menor. Outra medida simples reduziu em muito os

resíduos e também o custo da operação: para fazer a limpeza do canhão, os operários passaram a utilizar as peças rejeitadas em processos anteriores e do mesmo material a ser processado. Tais peças são trituradas na própria empresa, separadamente por cada tipo de polímero. Quando da limpeza do canhão, este material triturado alimenta a injetora e passa pela máquina, limpando o sistema. Com esse procedimento, a borra gerada é composta de material que já estava descartado, economizando matéria-prima virgem e reduzindo a quantidade de resíduos gerados.

2.5 Destinação final dos resíduos industriais

No processo produtivo da indústria estudada também são gerados outros resíduos, perigosos e não perigosos, e todos devem ser adequadamente dispostos e destinados. Além de aço e polímeros, o processo produtivo também resulta em resíduos de verniz, tinta, vasilhames, sacos plásticos e de papelão. Todo esse material era recolhido pelo serviço público de limpeza urbana e então destinado juntamente com o resíduo residencial do município.

Os funcionários foram sensibilizados e treinados para segregar os resíduos e depositá-los de forma organizada. Um fato que se destaca refere-se ao procedimento para abertura da embalagem dos polímeros granulados, a matéria-prima do processo de injeção. Os operários passaram a abrir o saco pela costura do mesmo, permitindo assim a venda da referida embalagem para reuso em uma empresa que ensaca e vende serragem de madeira. Antes de se adotar tal procedimento, muitos sacos para serem abertos eram rasgados ou perfurados de forma displicente, inutilizando a embalagem. Os demais resíduos recicláveis foram destinados para tal, e os resíduos perigosos passaram a ser dispostos conforme a legislação pertinente.

3 Resultados Alcançados

Em cada oportunidade de melhoria identificada uma mudança comportamental foi implantada e o desperdício, que antes era visto como uma perda inevitável, passou a ser identificado e mensurado para posteriormente ser combatido. Com a aplicação da Produção Mais Limpa a indústria alcançou resultados significativos, conforme será apresentado a seguir, e comprovou a simplicidade e a eficácia do método com ganhos ambientais e melhoria na qualidade dos produtos e na eficiência dos processos.

3.1 Consumo de água

Com a elevação da torre e do reservatório o transbordamento foi solucionado. Ao se desligar o sistema, parte da água permanece nas tubulações e equipamentos, o volume que retorna é menor e compatível com a capacidade do reservatório. Com a mudança, o consumo diário passou para aproximadamente 0,08 metro cúbico de água, quantidade essa bem inferior aos 1,8 metros cúbicos consumidos antes da mudança, como se pode conferir no gráfico da **Fig. 1**.

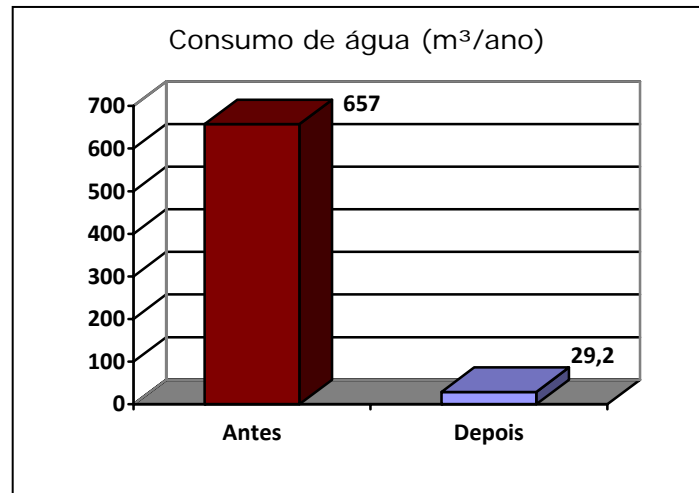


Fig. 1. Consumo de água anual da indústria antes e depois da PML

3.2 Consumo de energia elétrica

Com os procedimentos e modificações adotados, envolvendo tanto a manutenção e substituição de equipamentos como a conscientização dos trabalhadores para o uso racional de energia, o consumo mensal foi reduzido para aproximadamente 9.000 KWh/mês. Um resultado bastante significativo, principalmente ao se considerar o alto custo deste insumo. A **Fig. 2** apresenta o consumo médio de energia elétrica na referida indústria antes e depois da implantação do programa de Produção Mais Limpa.

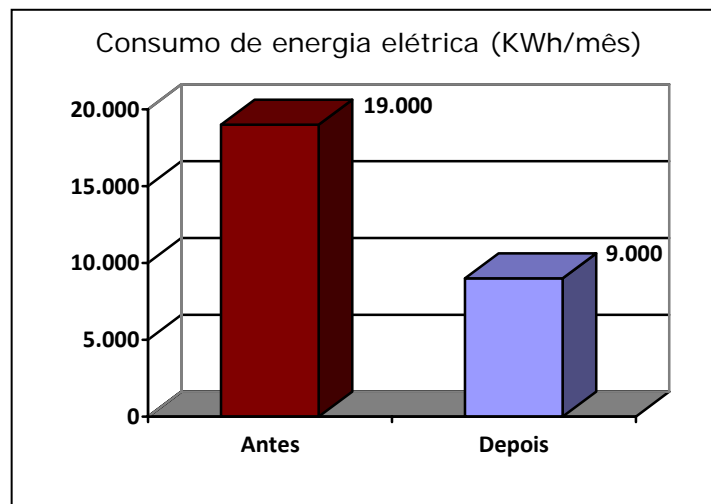


Fig. 2. Consumo médio anual de energia elétrica da indústria antes e depois da PML

3.3 Geração de resíduos de chapa de aço

Com a mudança na largura da fita e no molde de corte da peça metálica, houve uma redução na geração dos resíduos de aço. Das 27 toneladas anuais de sucata gerada antes da implantação da PML, a empresa passou a rejeitar 1,2 toneladas anuais incluindo limalhas, cavacos e demais resíduos da oficina de manutenção e da ferramentaria. As perdas que chegavam a 31% da matéria-prima foram reduzidas para 4%, índice este aceitável ao se considerar as furações e demais características do desenho da peça. Esta redução teve grande impacto econômico,

pois a matéria-prima tem alto custo e os resíduos eram vendidos a preço de sucata. A diferença pode ser observada no gráfico da **Fig. 3**. O investimento realizado em pesquisa e equipamentos foi recuperado em menos de três meses de operação nas novas condições.

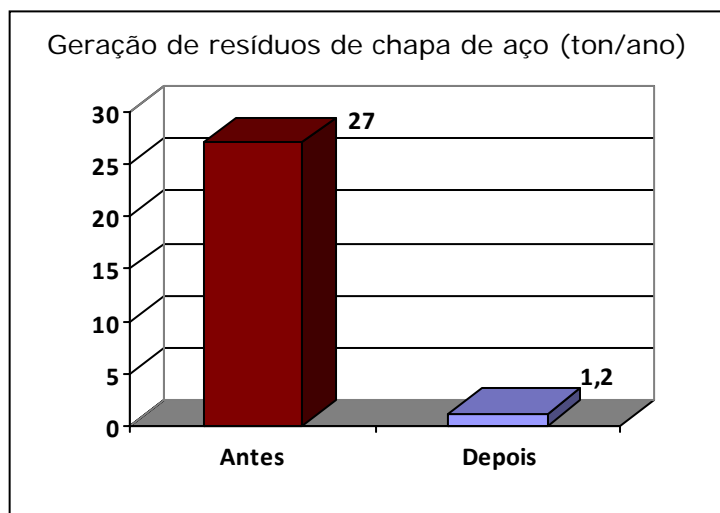


Fig. 3. Geração anual de resíduos de aço da indústria antes e depois da PML

3.4 Geração de resíduos de polímeros

Com a implantação de um maior empenho no planejamento e controle da produção, bem como o treinamento dos funcionários e os novos procedimentos para limpeza do canhão das máquinas injetoras, a geração de resíduo de polímeros caiu de 4,8 toneladas por ano para 0,72 toneladas. Com as medidas de orientação dos trabalhadores, melhor planejamento e controle da produção, também houve o ganho na qualidade dos produtos e redução no número de peças defeituosas.

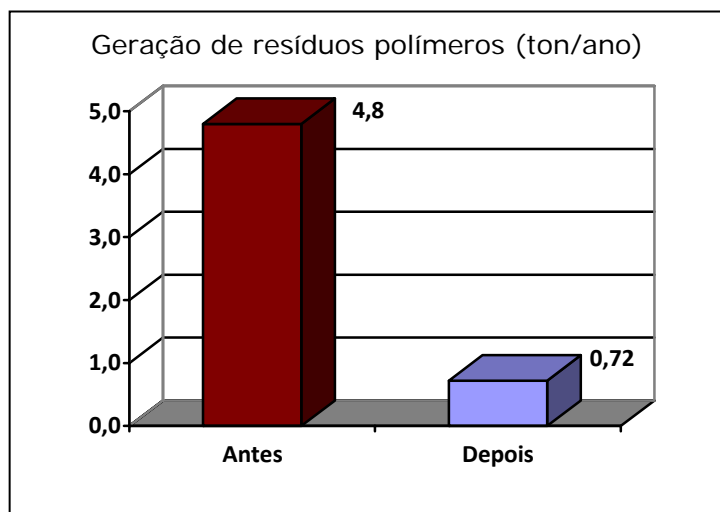


Fig. 4. Geração anual de resíduos de polímeros da indústria antes e depois da PML

3.5 Destinação final dos resíduos industriais

Os resíduos que antes da implantação da Produção Mais Limpa eram armazenados sem o devido controle, propiciando a contaminação, e recebiam destino

inadequado, passaram a ser segregados, organizados e acondicionados corretamente. Além da redução na geração de resíduos, esses também receberam a destinação de acordo com a legislação pertinente. A venda dos resíduos recicláveis e reutilizáveis, como os sacos de embalagem dos polímeros que antes eram rasgados e descartados, passou a resultar em receita para a empresa. A Direção da indústria decidiu converter esses recursos arrecadados com a venda de resíduos em prêmios para os funcionários. Deste modo foi promovido o encontro dos objetivos ambiental e social. O operário percebe os resultados de seu esforço e dedicação, o que traz um maior comprometimento para com a causa.

Para facilitar a visualização e compreensão, a **Tabela 1** apresenta os dados quantitativos disponíveis. As unidades de medida foram convertidas e padronizadas de modo a se considerar um cenário anual, conforme orientação da Rede Brasileira de Produção Mais Limpa (2003).

Tabela 1. Resultados quantitativos da implantação da Produção Mais Limpa

OPORTUNIDADE DE MELHORIA	ANTES	DEPOIS	REDUÇÃO
Consumo de água (m ³ /ano)	657	29,2	95,55%
Consumo de energia elétrica – média anual (KWh/mês)	19.000	9.000	52,63%
Geração de resíduo de chapa de aço (ton/ano)	27	1,2	95,55%
Geração de resíduo de polímeros (ton/ano)	4,8	0,72	85%

4 Conclusões

Segundo o PNUMA (1999), a Produção Mais Limpa favorece o surgimento de uma sequência de melhoria contínua, pois: melhora a qualidade, promove a excelência dos serviços, aumenta a disponibilidade e a competitividade, reduz custos, promove inovações e melhora a produtividade.

Nos resultados apresentados no presente estudo de caso é possível observar essas dimensões de melhoria contínua apontadas pelo PNUMA (1999).

- *Melhora da qualidade.* Ao agir para reduzir a geração de resíduos nas máquinas injetoras, os operadores receberam orientações e foi implantado um maior controle sobre essas operações. E desta maneira foi alcançada a redução na geração de peças defeituosas, o que significa um menor número de peças fora da especificação, caracterizando assim um ganho na qualidade dos produtos da indústria.

- *Promoção da excelência dos serviços.* Alguns dos serviços internos foram otimizados, como por exemplo, o planejamento de produção e as tarefas de manutenção das máquinas elétricas. Também os serviços internos de conservação e limpeza passaram por um processo de melhoria ao segregar e acondicionar corretamente os resíduos industriais. A implantação da Produção Mais Limpa é um oportunidade de promover nas pessoas o comprometimento com os resultados de seu trabalho.

- *Aumento da disponibilidade e da competitividade.* Ao investir no planejamento da produção a fim de diminuir o número de trocas de material (*setup*) na linha de injeção se desenvolveu uma nova oportunidade de pensar sobre a produção, programar de acordo com a demanda, reduzir as perdas relativas ao tempo de *setup* e, deste modo, otimizar o desempenho da linha. Assim, houve melhora tanto

na disponibilidade quanto na competitividade, ao se reduzir tempo e custos. Também a modificação no sistema de água de resfriamento aumentou a disponibilidade da linha de produção, pois os defeitos provocados pelos sedimentos provenientes do poço foram praticamente eliminados.

- *Redução de custos.* Todos os dados quantitativos apresentados no estudo de caso estão relacionados com redução de custos: consumo de água, energia elétrica, resíduos de aço e de polímeros. Apesar do insumo água não ser tarifado, outros custos indiretos estavam associados como o consumo de energia da bomba e manutenção do sistema. A energia elétrica é um dos insumos mais significativos numa planilha de custos de produção. E ao gerar menos resíduos de aço e polímeros, tem-se economia no consumo das matérias-primas correspondentes assim como dos insumos relacionados ao processo de transformação, como energia e mão-de-obra.

- *Promoção de inovação.* O caso da chapa de aço ilustra bem a inovação implementada. A indústria utilizava uma chapa de aço em dimensões que provocavam perdas significantes de material. Os colaboradores da indústria promoveram com o fornecedor uma matéria-prima até então não disponível no mercado nas dimensões necessárias. Além disso, os próprios colaboradores desenvolveram um novo alimentador para a prensa capaz de suportar a nova bobina de aço. A aplicação da metodologia da Produção Mais Limpa favoreceu a descoberta de que sempre há um melhor modo de se realizar uma tarefa, mesmo que esta esteja sendo executada da mesma maneira há anos. A PML ajuda a vencer paradigmas.

- *Melhora da produtividade.* O consenso sobre o termo produtividade está relacionado à quantidade de recursos consumidos para uma determinada produção. Os resultados quantitativos apresentados apontam para o aumento da produtividade da indústria, uma vez que esta passou a produzir mais com menos recursos: água, energia elétrica e matéria-prima.

Diante dos pontos destacados, pode-se concluir que os resultados alcançados com a implantação da Produção Mais Limpa na indústria objeto do presente estudo de caso estão alinhados com as orientações do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 1999). Além disso, o caso observado evidenciou a praticidade e eficácia da metodologia nas pequenas empresas. Com medidas simples, "soluções caseiras" idealizadas pelos operários da indústria, a empresa alcançou resultados de impacto considerável no custo econômico e principalmente no ambiental, demonstrando a simplicidade proposta pela PML: sem grandes investimentos financeiros e tecnológicos, e valorizando as medidas e procedimentos operacionais, foram alcançados resultados mais que satisfatórios.

5 Referências

Almeida, C.M.V.B., Giannetti, B.F., 2006. Ecologia Industrial: conceitos, ferramentas e aplicações. Edgard Blücher, São Paulo.

Barbieri, J.C., 2007. Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos. Saraiva, São Paulo.

Donaire, D., 1995. Gestão ambiental na empresa. Atlas, São Paulo.

Intersind, Sindicato Intermunicipal das Indústrias de Marcenaria de Ubá, 2005. Ubá: Móveis de Minas. Fórum de desenvolvimento do Pólo Moveleiro de Ubá. http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1198172957.pdf acessado em fevereiro/2009.

Maimon, D., 1999. ISO 14001 – passo a passo da implantação nas pequenas e médias empresas. Qualitymark, Rio de Janeiro.

PNUMA, 1999. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - Industria y Medio Ambiente. Producción más limpia: Un paquete de recursos de capacitación. PNUMA/ORPALC, Ciudad de México.

Rede Brasileira de Produção Mais Limpa, 2003. Guia da produção Mais Limpa – Faça você mesmo. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável, Rio de Janeiro.

Seiffert, M.E.B., 2007. ISO 14001 - Sistemas de Gestão Ambiental: implantação objetiva e econômica. Atlas, São Paulo.