



1st
INTERNATIONAL WORKSHOP
ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

IV SEMANA PAULISTA DE P+L
CONFERÊNCIA PAULISTA DE P+L

Estudo sobre a Implantação da Produção Mais Limpa em uma Empresa do Setor de Plástico Reforçado com Fibra de Vidro

Gabriel Sperandio Milan ^a, Deise Borges Grazziotin ^b and Marcos
Ricardo Pretto ^c

a. Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul (RS), gsmilan@ucs.br

b. Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul (RS), deisegra@terra.com.br

c. Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul (RS), mrppretto@terra.com.br

Resumo

A demanda por maior responsabilidade social e ecológica, a pressão do mercado internacional e os custos de produção têm levado as empresas a adotarem estratégias ambientais preventivas que possam gerar um diferencial competitivo. Neste contexto, pretende-se contribuir para o debate a respeito do surgimento de um novo modelo de produção que parece responder às atuais necessidades das empresas em busca de um melhor desempenho ambiental, o modelo de Produção mais Limpa. O trabalho tem por objetivo avaliar a utilização das técnicas de Produção mais Limpa em uma empresa que atua no setor de fabricação de peças e moldes em PRFV – Plástico Reforçado com Fibra de Vidro, por meio da adoção de um sistema de gestão ambiental que procura agregar valor aos produtos fabricados, minimizando o desperdício durante o processo fabril. O resíduo do processo de moldagem manual de fibra de vidro na empresa em estudo é de 19,5%. Como proposta de redução deste indicador para 4%, foi avaliada a troca do processo de moldagem atual pelo RTM Light – *Resin Transfer Moulding*.

Palavras-chave: produção mais limpa, resíduos, minimização de resíduos, redução de desperdícios.

1 Introdução

A produtividade tem sido tradicionalmente definida como a taxa produtiva resultante da divisão das saídas (*outputs*) pelas entradas (*inputs*) de um sistema produtivo qualquer (CHAN, 2004). De acordo com o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL), a poluição pode ser definida como sendo uma demonstração da ineficiência dos processos produtivos, ou seja, o resíduo (*output*) é matéria-prima (*input*) não aproveitada que as empresas estão desperdiçando e, portanto, comprometendo a sua produtividade e competitividade no mercado (CNTL, 2006).

Consoante isso, a *United National Industrial Development Organization* (UNIDO) defende a Produção mais Limpa como sendo uma estratégia preventiva e integrada

que pode ser utilizada em todas as fases do processo produtivo para aumentar a produtividade pelo uso mais eficiente dos materiais, energia e água, promover a melhora do desempenho ambiental pela redução de resíduos e emissões de gases e outros elementos e reduzir o impacto ambiental dos produtos em todo seu ciclo de vida a partir de um projeto ecológico e economicamente eficiente (KAZMIERCZYK, 2002; CNTL, 2006).

A mudança do foco de tratamento dos efeitos para a prevenção contribui para a implementação e o desenvolvimento de um novo modelo de produção, a Produção mais Limpa. Esse modelo foi proposto em 1989 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Seu principal objetivo é integrar interesses ambientais e econômicos e aumentar a eficiência a partir da redução do volume e toxicidade dos resíduos (PNUMA, 2006). A Produção mais Limpa é um método que integra uma estratégia econômica, tecnológica e ambiental aos processos e produtos, com a finalidade de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas e insumos, pela redução dos desperdícios, não-geração, minimização ou reciclagem dos resíduos gerados, proporcionando benefícios econômicos e ambientais. Trata-se da aplicação de ações que permitem qualificar a empresa quanto ao emprego eficiente de matérias-primas no processo produtivo (CNTL, 2006).

A implementação da Produção mais Limpa exige que todo o processo produtivo seja avaliado, verificando sua real eficiência quanto ao emprego de recursos e energia. Essa avaliação se baseia na realização de um balanço de massa e energia e identificação das medidas que sejam as mais apropriadas. Segundo Hunt e Auster (1990), as oportunidades para redução do desperdício e prevenção da poluição podem ser identificadas na gestão de materiais e estoques, manutenção (*housekeeping*), separação do resíduo tóxico do não-tóxico, mudança para materiais menos tóxicos, modernização dos equipamentos, reciclagem interna e externa, modificação do processo e/ou produto e adoção de uma nova tecnologia.

“A sustentabilidade não renuncia ao paradigma moderno de crescimento ilimitado, mas leva em conta o argumento ecológico” (WIEMES, 1999, p. 21). A busca das empresas por diferenciais que lhes tragam uma vantagem competitiva tem sido uma constante. Uma nova ordem mundial, nas últimas décadas, tem trazido à tona as questões ambientais, e suas conseqüências, para um mundo que já não dispõe de capacidade suficiente de absorção desta carga poluidora. As empresas, então, deparam-se diante de uma escolha. A procura de resultados organizacionais, ecologicamente corretos, torna-se uma oportunidade ou uma ameaça, cabendo aos gestores a competência necessária para agir estrategicamente. Portanto, a proteção ambiental, aliada ao desenvolvimento econômico, é uma iniciativa que além de aumentar a produtividade e competitividade das empresas, vem sendo reconhecida pela certificação ambiental de sistemas e produtos, e possibilita às empresas ocuparem uma situação privilegiada perante os seus concorrentes, posicionando-se como uma organização ambiental e socialmente segura.

2 Metodologia

2.1 Caracterização do ambiente de pesquisa

A empresa se localiza em Caxias do Sul (RS) e atua no setor plástico desde 1995, prestando serviços relacionados à confecção de moldes, modelos e peças em fibra de vidro e outros polímeros. A empresa conta com 40 colaboradores. Apresenta um faturamento anual de R\$ 7.500.000,00, em três unidades de negócio: a *modelaria*, focada no desenvolvimento de protótipos e moldes utilizados internamente ou para

terceiros; a *laminação*, onde são fabricadas as peças em fibra de vidro; e a *termoformagem a vácuo*, onde são fabricadas peças plásticas em geral.

2.2 Objetivos do trabalho e metodologia empregada no estudo

O trabalho tem o objetivo de avaliar a utilização das técnicas de Produção mais Limpa em uma empresa que atua no setor de fabricação de peças e moldes em PRFV (plástico reforçado com fibra de vidro) e identificar a possibilidade de uso de outras tecnologias limpas que representem ganhos econômicos. Para tanto, o trabalho foi desenvolvido com base na metodologia sugerida pela UNIDO, por meio do CNTL-SENAI. Neste sentido, destaca-se que a implantação de tecnologias de Produção mais Limpa em um processo produtivo deve ser pautada pela consecução das seguintes etapas: planejamento e organização, pré-avaliação e diagnóstico, avaliação da Produção mais Limpa, estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental, e implementação de opções e plano de continuidade (CNTL, 2006).

3 Resultados e discussão

3.1 Planejamento e organização

Foi apresentado à direção da empresa o conceito de Produção mais Limpa e os benefícios que as técnicas oferecem em relação à minimização da geração de resíduos e ao consequente ganho de produtividade. Foi abordada a questão da relação entre as entradas de materiais (matérias-primas) e as saídas de materiais (produto e resíduos) como indicador de produtividade. A equipe de trabalho foi estabelecida com a pretensão de englobar todos os setores da empresa: direção, produção, manutenção e processo. A partir disso, foi criado um calendário de encontros com a equipe. Durante os encontros, a equipe foi designada a mapear na empresa as condições favoráveis à implantação do sistema proposto.

3.2 Pré-avaliação e diagnóstico

Foi desenvolvido o fluxograma do processo, contemplando os três processos industriais: fabricação de protótipos e moldes, produção de peças em fibra de vidro e peças plásticas. Avaliou-se todas as entradas e saídas de material, registrando todos os tipos de matérias-primas que cada processo utiliza e, separadamente, foram avaliados os resíduos sólidos gerados em cada um dos processos. Os resíduos foram classificados em três categorias: (i) retornáveis: aparas de plásticos geradas na termoformagem; (ii) recicláveis: embalagens vazias, metais, madeira, papel e plástico; e (iii) de processo: os resíduos gerados no processo de laminação (mistura de resina catalisada, fio e retalhos de manta de fibra de vidro).

3.3 Avaliação da Produção mais Limpa

Toda a matéria-prima utilizada no processo, em certa etapa da produção, deve deixar este na forma de produto, resíduo ou emissões (gases e vapores). Portanto, foi realizada a determinação do balanço de massa do processo de laminação das peças de fibra de vidro. Nesta etapa foram qualificadas e quantificadas todas as entradas e saídas do processo de laminação. Elaborou-se uma listagem de todos os insumos e resíduos gerados durante o processo de laminação, estabelecendo-se parâmetros para a coleta de dados. As medições foram implementadas durante um período de três meses, sendo que foi escolhida uma família de peças para o estudo e medição da quantidade de resíduo (em Kg), determinada a cada dois dias.

A partir disso, fez-se uma avaliação referente aos principais resíduos, priorizando-se aqueles gerados em maior quantidade e que representam o maior custo de disposição e compra de materiais para a empresa. A equipe de trabalho chegou às seguintes constatações: (i) no processo de laminação se encontram as matérias-primas mais dispendiosas (resina poliéster e fibra de vidro); (ii) os resíduos de fibra de vidro representam despesa, pois são dispostos em aterro industrial; (iii) as perdas de material na forma de aparas chegam a atingir de 15% a 25%; (iv) no setor de laminação, há uma prensa que compacta os resíduos para que não haja a necessidade de utilizar muito espaço na central de resíduos. Para esta operação a empresa dispõe de uma pessoa; (v) a central de resíduos tem cerca de 70% de seu espaço reservado para armazenar os fardos de resíduo de fibra de vidro compactados; (vi) o setor de laminação apresenta alto índice de rotatividade de pessoal devido ao ambiente de trabalho insalubre e sujo; e (vii) a empresa possui um setor de acabamento com três operadores e um responsável pelo lixamento dos locais de corte de aparas e das imperfeições nas peças que o processo gera.

3.4 Estudos de Viabilidade Técnica e Ambiental

Pelo escopo do trabalho, procedeu-se, apenas, a estudos de viabilidade técnica e ambiental. O processo de laminação utilizado pela empresa é denominado de moldagem por contato manual (*hand lay-up*), e consiste na aplicação sucessiva, dentro do molde, de uma camada de resina líquida termofixa juntamente com uma camada de reforço (vidro, aramida, carbono) na forma de manta de fios picados ou de tecido *roving*. O compósito é resultante da imposição de força mecânica do operador, manualmente, auxiliado por um rolete ou pincel. Muitas vezes, combina-se o processo manual ao processo à pistola, onde a fibra de vidro, em forma de fios contínuos (*roving*) é alimentada para uma pistola com um picador, que a corta em fibras de um tamanho previamente determinado. Na seqüência, as fibras são lançadas sobre um jato de resina e a combinação de materiais é direcionada para a cavidade do molde, onde o compósito toma sua forma.

O método de moldagem por contato manual é limitado à fabricação de peças com formatos relativamente simples e que exigem somente uma face com aparência lisa, sendo que a outra face é rugosa devido ao processo de moldagem. É indicado para volumes pequenos e médios, para os quais os investimentos não são altos. Neste tipo de moldagem a geração de resíduos é elevada devido à formação de aparas laterais no molde e à perda de material no piso da fábrica devido à utilização combinada com o processo à pistola. A área de moldagem deve estar em local provido de exaustão (cabine), devido à alta taxa de emissão de compostos contendo estireno. O ambiente de trabalho é extremamente sujo devido ao acúmulo de material sobre o piso, carros de transporte e equipamentos. As peças produzidas por este método necessitam de um grau de acabamento elevado.

A moldagem em RTM *Light* consiste na injeção de resina em moldes fechados, do tipo punção-matriz, com reforços de fibra de vidro. O processo apresenta um alto ciclo de produção, uniformidade de espessura, acabamento dos dois lados da peça e perda de matéria-prima inferior ao processo de moldagem manual. É observada uma melhoria ambiental devido à baixa emissão de compostos contendo estireno. Permite o aumento da rigidez do compósito, melhoria no acabamento e pico exotérmico reduzido. A área de moldagem é limpa e as peças necessitam de reduzidos processos de acabamento. No entanto, ressalta-se que o processo apresenta como desvantagens, a movimentação complexa de moldes, modelos e moldes de construção criteriosa e de modificação inviável posteriormente. Por isto, deve haver um rígido controle físico-químico nos materiais e processos,

manutenção de equipamentos constante e o treinamento dos operadores deve ser intensivo.

3.5 Implementação de opções e plano de modificação

Com base nos estudos realizados, foi definido um cronograma de atividades para implementação do plano de modificação do processo. Com o apoio da direção, foi estabelecida a meta de produção de peças em fibra de vidro pelo processo RTM *Light*. Para a migração do processo manual de moldagem para o RTM *Light* foi necessária a aquisição de equipamentos. No cronograma de atividades, contemplou-se: pesquisa e definição de fornecedores para os equipamentos necessários; estudo, mapeamento e descrição do novo *layout* do setor de laminação; captação de recursos para aquisição ou manutenção dos equipamentos; substituição gradativa dos moldes de modelagem manual para RTM *Light*; e elaboração de um programa de capacitação e aperfeiçoamento para os operadores envolvidos no processo (produção e manutenção).

3.6 Resultados

A busca pela utilização da Produção mais Limpa pela empresa iniciou com a proposta de redução de resíduos diretamente na fonte geradora (processo produtivo). Ao ser identificado o setor responsável pela maior geração de resíduo, buscou-se métodos de modificação do processo a fim de reduzir o desperdício. Estudos do grupo de trabalho conduziram à modificação da tecnologia como a solução mais adequada. Durante os estudos, levantaram-se dados atinentes à quantidade de matérias-primas adquiridas, resíduos gerados, produtos prontos, faturamento e gastos com compras e disposição de resíduos (vide Tabela 1).

Parâmetros Avaliados	Resultados Obtidos nos Meses Estudados		
	Mês 01	Mês 02	Mês 03
Quantidade mensal de matéria-prima (resina e fibra de vidro) comprada	10.550 Kg	9.950 Kg	11.150 Kg
Compra mensal de matéria-prima	R\$ 55.915,00	R\$ 52.735,00	R\$ 59.095,00
Quantidade mensal de resíduos gerados no processo de laminação	1.913 Kg	1.691 Kg	2.567 Kg
Custo mensal com a disposição dos resíduos	R\$ 2.500,00	R\$ 1.800,00	R\$ 3.000,00
Quantidade mensal de peças produzidas pelo processo de laminação	8.540 Kg	8.212 Kg	8.528 Kg
Faturamento mensal proveniente do processo de laminação	R\$ 271.187,75	R\$ 268.948,67	R\$ 277.746,43

Tab. 1. Volumes de matéria-prima, resíduos e produção

Observa-se que a relação entre a quantidade de resina e fibra de vidro utilizada e a quantidade de resíduos gerados no processo de laminação gera um percentual de 19,5% de desperdício de matéria-prima sob a forma de rebarbas nos moldes e perdas de material no piso da fábrica devido à utilização da máquina de *spray up*.

Com a modificação do processo, espera-se: (i) uma redução inicial de 80% da quantidade de resíduos gerados, fazendo com que a relação percentual entre matéria-prima e resíduos diminua de 19,5% para 4%. Desta forma, estima-se uma redução anual de R\$ 95.000,00 nas compras de resina e fibra de vidro; (ii) a quantidade média mensal de resíduos gerada, que é de 15 m³, resulta em um custo de disposição mensal de R\$ 2.500,00 ou um custo anual de R\$ 30.000,00. Estima-

se que com a utilização do processo RTM *Light* os custos anuais de disposição de resíduos não ultrapassem R\$ 6.000,00, resultando em uma redução de 80% nos gastos da empresa com aterro industrial; (iii) o setor de laminação poderá reduzir o seu quadro funcional, pois o operador que atualmente trabalha exclusivamente prensando os resíduos de aparas, não terá mais utilidade nesta função. A prensa que ocupa espaço no setor poderá ser eliminada do processo; e (iv) o setor de acabamento também terá o seu quadro funcional reduzido, pois as peças produzidas pelo sistema RTM *Light* necessitam de menores trabalhos de correção.

4 Conclusões

Kürzinger (2004) comenta que o valor da matéria-prima, energia e água, insumos utilizados no processo produtivo, e que não são transformados em produto final, varia de 10% a 30% do custo total de produção, dependendo do tipo de produto, eficiência do processo fabril e o nível de tecnologia aplicada. Resultados semelhantes puderam ser percebidos pela empresa em estudo, uma vez que os resíduos representam algo em torno de 14% em relação ao seu faturamento total.

Cada ação direcionada à redução do consumo ou desperdício de matéria-prima e energia previne ou reduz a geração de resíduos, resultando em aumento da produtividade e benefícios financeiros para a organização. Como o objetivo da Produção mais Limpa é minimizar ou eliminar a geração de poluentes na sua origem, esta prática também pode ajudar a reduzir os custos com a implantação de equipamentos para o tratamento dos poluentes no final do processo, gerando economias significativas (KAZMIERCZYK, 2002; TRIANTIS, OTIS, 2004). Além da abordagem estratégica e das técnicas de Produção mais Limpa como indicador de produtividade, o trabalho procurou introduzir idéias relacionadas à preservação do meio ambiente. A mudança de tecnologia proposta representa a minimização da geração de resíduos e a elevação do nível de qualidade das peças e do ambiente de trabalho. Assim, conclui-se que o estudo da implantação das técnicas de Produção mais Limpa na empresa em estudo trará benefícios que a justifique plenamente.

5 Referências

Chan, S.K., 2004. Sustainable productivity development. In: APO – Asian Productivity Organization. <http://www.cntl.org.br>. Acessado em Julho 2006.

CNTL – Centro Nacional de Tecnologias Limpas. <http://www.cntl.org.br>. Acessado em Agosto 2006.

Hamel, G.; Prahalad, C.K., 1995. *Competindo pelo futuro: estratégias inovadoras para obter o controle do seu setor e criar os mercados de amanhã*. RJ: Campus.

Hunt, C.B.; Auster, E.R., 1990. Proactive environmental management: avoiding the toxic trap. *Sloan Management Review*, v. 31, n. 2, p. 7-18.

Kazmierczyk, P., 2002. Manual on the development of cleaner production policies approaches and instruments. In: UNIDO – United National Industrial Development Organization. <http://www.unido.org>. Acessado em Julho 2006.

Kürzinger, E., 2004. Capacity building for profitable environmental management. *Journal of Cleaner Production*, v. 12, n. 3, p. 237-248.

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. <http://www.onu->

brasil.org.br. Acessado em agosto de 2006.

Triantis, K.; Otis P., 2004. Dominance-based measurement of productive and environmental performance for manufacturing. *European Journal of Operational Research*, v. 154, n. 2, p. 447-464.

Wiemes, F., 1999. *Uma proposta de sistema de gestão ambiental aplicada numa empresa metal-mecânica catarinense*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.