

Um estudo sobre a aplicação da Produção mais Limpa (P+L)

Gabriel Sperandio Milan (UCS – RS, Brasil) - gsmilan@ucs.br
• R. Francisco Getúlio Vargas, 1130, PPGA, Bloco F, Petrópolis, 95070-560, Caxias do Sul-RS
Deise Borges Grazziotin (UCS – RS, Brasil) - deisegra@terra.com.br

RESUMO A demanda por maior responsabilidade social e ambiental, a pressão do mercado internacional e os custos de produção têm levado as empresas a adotarem estratégias de manufatura, minimizando seus impactos, 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 possa responder às atuais necessidades das empresas, em busca de um melhor desempenho ambiental: o modelo de Produção mais Limpa (P+L). O objetivo do trabalho é avaliar a utilização das técnicas de P+L em uma empresa que atua no setor de fabricação de peças e moldes em 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. Os resíduos do processo de moldagem manual de fibra de vidro, na empresa em estudo, são na ordem de 19,5%. Como proposta de redução deste indicador, foi avaliada a troca do processo de moldagem atual pelo sistema RTM Light – Resin Transfer Moulding, diminuindo o volume de resíduos para 4%.

Palavras-chave Produção mais Limpa; minimização de resíduos; gestão ambiental.

ABSTRACT *The demand for greater social and environmental responsibility and pressure from the international market and on production costs have forced companies to adopt manufacturing strategies which minimize their impacts, in order to give them a competitive edge. Within this context, this study intends to contribute to the debate regarding the application of a new production model – the Cleaner Production Model – the current demands of those companies in search of better environmental results. The objective of this work is to evaluate the use of techniques for Cleaner Production in a company that produces parts and molds with reinforced plastic using fiberglass, through the adoption of a system of environmental administration that tries to combine value to the manufactured end products and to minimizing waste during the industrial process. Waste from the process of manual molding of fiberglass in the company in question is 19,5%. As a proposal for reducing this indicator, it was evaluated that changing from the present process molding to RTM Light – Resin Transfer Molding, will result in reducing the volume of waste by 4%.*

Keywords *Cleaner production; minimizing wasted; environmental management.*

1. INTRODUÇÃO

O conceito de produtividade tem sido tradicionalmente associado, quantificado e definido, como sendo a taxa produtiva resultante da divisão das saídas (*outputs*) pelas entradas (*inputs*) de um sistema produtivo qualquer (CHAN, 2004), ou seja, uma determinada quantidade de produtos e/ou de serviços produzidos a um dado volume de recursos empregados (GAITHER e FRAZIER, 2004; HEIZER e RENDER, 2001). E, 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, os resíduos (*outputs*) são matérias-primas (*inputs*) não aproveitadas que as empresas estão desperdiçando e, portanto, comprometendo a sua produtividade e competitividade junto ao mercado (CNTL, 2006).

Os problemas ambientais gerados pela modernidade são muitos, porém, a poluição é apontada como um dos aspectos mais relacionados e de maior impacto, à degradação do meio ambiente (DONAIRE, 1999), a qual está diretamente associada a fatores, tais como a evolução dos meios produtivos, a partir da industrialização da economia em larga escala e, muitas vezes, sem critérios adequados; e ao crescimento populacional, principalmente em grandes centros urbanos e, por consequência, em áreas desenvolvidas (MEDEIROS *et al.*, 2007).

Sendo assim, cresce o interesse por uma consciência ambiental no contexto da indústria, devido ao aumento nos níveis de poluição e seus efeitos e pelo desenvolvimento de leis e normas preventivas, contempladas pela legislação brasileira e pelo crescimento da demanda por produtos “verdes” e processos “limpos” ou ecologicamente corretos (OLIVEIRA e ALVES, 2007). Um exemplo disso é a preocupação de alguns fabricantes de produtos de higiene pessoal, que além de incluírem componentes não-agressivos ao meio ambiente em seus produtos, vêm eliminando testes com animais. Uma empresa americana deste setor, ao estudar uma nova forma de embalagem de um de seus produtos, em pacotes menores, conseguiu reduzir o consumo de 600 toneladas de papelão reciclado, evitando não somente tal desperdício de material, como a redução dos custos operacionais com armazenagem (HEIZER e RENDER, 2001).

Como uma alternativa, então, surge a possibilidade das empresas adotarem tecnologias limpas, que, segundo Getzner (2002), são justificáveis, à medida que podem levar a um aumento de produtividade resultante da economia de custos e à racionalização dos desperdícios no âmbito dos processos produtivos. Consoante isso, a *United National Industrial Development Organization* (UNIDO), por sua vez, define a P+L como sendo uma estratégia preventiva e integrada, que pode ser utilizada em todas as fases do processo produtivo, para aumentar a produtividade, por meio do uso mais eficiente dos materiais, da energia e da água, promover a melhoria do desempenho ambiental pela redução de resíduos e emissões de gases e/ou outros elementos e reduzir o impacto ambiental dos produtos em todo seu ciclo de vida, a partir de um projeto eficiente, sob o ponto de vista técnico, econômico e ambiental (PAULI, 1996; 1998; 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 P+L. Esse modelo foi proposto, em 1989, pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Seu principal objetivo é o de integrar interesses ambientais e econômicos, buscando uma maior eficiência, a partir da redução do volume e da toxicidade dos resíduos (PNUMA, 2006). É bem mais econômico e sensato evitar, eliminar ou reduzir a geração de desperdícios e de resíduos do que apenas tratar os seus efeitos (ROMM, 1996).

O modelo de P+L sugere a agregação de valor aos produtos e a geração de lucros, na medida em que maximiza a utilização das matérias-primas e dos materiais utilizados e, com isto, reduzir os custos com o tratamento de resíduos. Sua adoção pode resultar, desse modo, em uma vantagem competitiva sustentável, para as empresas e para toda a cadeia de suprimentos a qual elas pertencem (CNTL, 2006; MEDEIROS *et al.*, 2007).

É importante comentar que tal modelo está inserido dentro do conceito de gestão ambiental, a qual enfatiza a prevenção da poluição na sua origem e o aumento da qualidade ambiental de processos e produtos (BAAS, 2007), pressupostos estes apregoados pela norma NBR ISO 14001 (ABNT, 1996). A redução dos agentes poluentes e do desperdício na fonte, deixou de ser um mero incentivo econômico ou uma obrigação regulatória a ser cumprida, caracterizando-se como uma prioridade relacionada à gestão ambiental (WILKINSON, 1991).

Para tanto, o presente trabalho tem o objetivo de apresentar uma proposta de aplicação das técnicas de P+L, em uma empresa pertencente ao setor de plástico, reforçado com fibra de vidro, a partir da elaboração de uma estratégia baseada na utilização das questões ambientais, que propicie melhorias nos processos, no produto, na imagem da empresa perante o mercado e a sociedade, juntamente com a projeção de resultados econômico-financeiros.

A proteção ambiental, aliada ao desenvolvimento econômico, é uma iniciativa que, além de aumentar a produtividade e a competitividade das empresas, vem sendo reconhecida pela certificação ambiental de sistemas e produtos, o que permite às organizações a oportunidade de agregar maior valor aos produtos e/ou serviços ofertados e ocupar uma situação privilegiada, em relação aos seus concorrentes, posicionando-se como uma organização ambiental e socialmente responsável (HARTMAN e STAFFORD, 1997).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. A Produção mais Limpa (P+L) como vantagem competitiva

A sustentabilidade não renuncia ao paradigma de crescimento continuado, mas leva em conta o argumento intrínseco à perspectiva ambiental (WIEMES, 1999). Além disso, a busca das empresas por diferenciais, que lhes tragam uma vantagem competitiva sustentável, tem sido uma constante. Uma nova ordem mundial, nas últimas décadas, tem trazido à tona as questões ambientais, e suas consequências, 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, com isso, uma oportunidade ou uma ameaça (ou restrição), cabendo aos gestores a responsabilidade necessária para planejar e agir estrategicamente, contemplando, assim, a tão propagada necessidade das empresas agregarem valor a suas ofertas perante os competidores (HOOLEY *et al.*, 2005; BESANKO *et al.*, 2006; BARNEY e HESTERLY, 2007).

Por isso, adotando-se a ótica *Porteriana* sobre a dimensão estratégica, faz-se necessário analisar, com cuidado, a variável “ambiente externo”. As decisões estratégicas da empresa devem ser tomadas mediante uma minuciosa consideração desta variável. Para que as empresas sejam competitivas e alcancem o sucesso desejado, é preciso que a estratégia adotada conecte as circunstâncias ambientais à linha de ação da empresa diante do mercado.

De acordo com Porter (1985), para que as empresas tornem-se competitivas, precisam adotar uma dentre três estratégias genéricas: a de liderança no custo, a de liderança por diferenciação ou a de enfoque (ou no custo ou em diferenciação). Como resultado, uma vantagem competitiva surge pelo valor que uma empresa consegue criar para seus clientes, sendo que este valor deve ultrapassar o custo de fabricação da empresa. O objetivo central de uma vantagem competitiva é modificar as regras do ambiente externo (mercado), em favor da empresa, ou seja, criar um diferencial competitivo.

Desta forma, a competitividade pode ser definida como a capacidade da empresa de formular e implementar estratégias, que lhe permitam estabelecer, ampliar ou conservar, de forma duradoura, uma posição exclusiva e valiosa no mercado (PORTER, 2001; FERRAZ *et al.*, 1995). Ferraz, Kupfer e Haguenaer (1995, p. 7) salientam que a competitividade é uma “função da adequação das estratégias das empresas individuais ao padrão de concorrência vigente no mercado específico [ou setor de atuação]”.

Analisando-se as questões ambientais como estão colocadas atualmente, elas são, em geral, potencialmente criadoras de oportunidades para as empresas. Para Kotler e Keller (2006), uma oportunidade é uma área de atração que pode trazer vantagem competitiva para as empresas. Já uma ameaça é um desafio imposto por tendências desfavoráveis intrínsecas ao ambiente. Portanto, o desafio das empresas é o de aceitar as questões ambientais, vistas por alguns como ameaças aos seus negócios, em oportunidades ou, até mesmo, em uma possível fonte de uma vantagem competitiva sustentável.

Ferraz, Kupfer e Haguenaue (1995, p. 338) comentam que, “dada à capacitação produtiva e tecnológica existente no país, a questão ambiental oferece a oportunidade de se constituir em uma das bases de renovação da competitividade das empresas brasileiras”. Contudo, é premente a adoção de uma postura pró-ativa, por parte dos empresários e gestores, em relação ao meio ambiente. Esta atitude pró-ativa, a médio e a longo prazo, pode se configurar em um diferencial estratégico, no que tange à superação dos competidores.

A questão ambiental, além de gerar novas oportunidades de negócios, pode propiciar o surgimento de inovações tecnológicas significativas (LEMOS, 1998). Nesta direção, inovar, adequando-se às regulamentações, pode trazer algumas compensações, como, por exemplo: utilizar melhor os *inputs*, criar produtos melhores ou melhorar os resultados, a partir dos produtos, tanto para a empresa quanto para os clientes ou consumidores e para a sociedade (PORTER e LINDE, 1995; MAIMON, 1996; PAULI; 1996; 1998; ROMM, 1996).

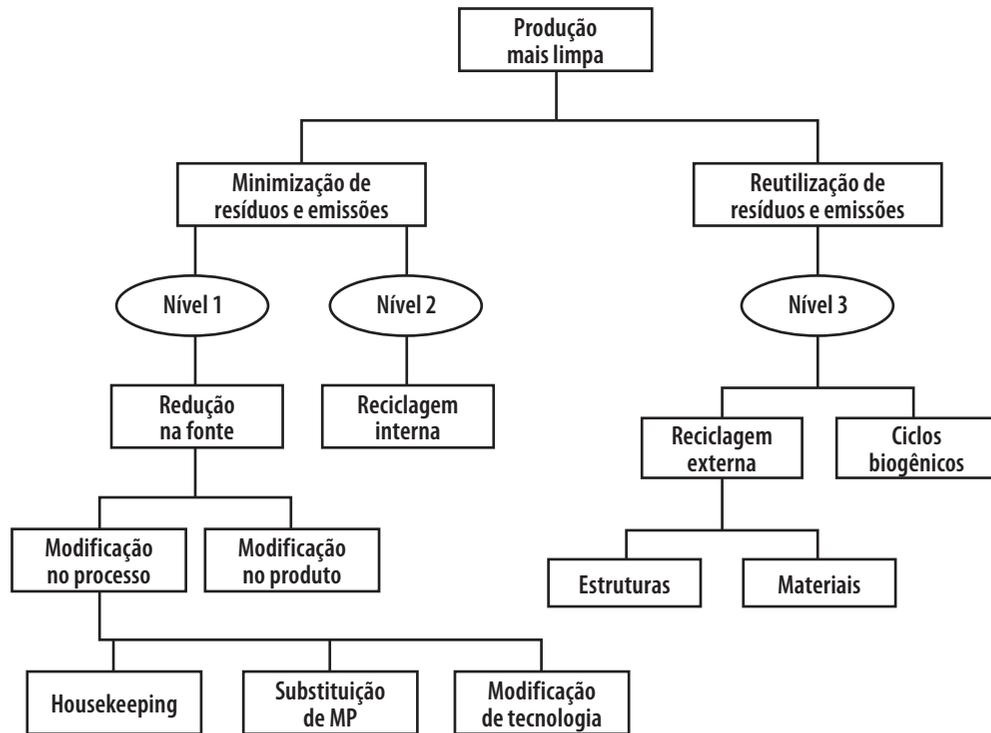
Tratada como uma oportunidade de diferenciação competitiva, a questão ambiental pode ser analisada à luz do pensamento de Hamel e Prahalad (1995), que sugerem que os empresários desenvolvam uma visão do futuro, uma perspectiva de longo prazo para os seus negócios. É preciso que o futuro seja “criado” pela empresa. Ou seja, a empresa deve buscar, sistematicamente, diferenciais competitivos ou assimetrias de mercado, que lhes favorecerão no futuro. Segundo Hamel e Prahalad (1994, p. 64), “o truque consiste em ver o futuro antes que ele chegue”. Uma empresa que não seja capaz de assumir um compromisso emocional e intelectual com a criação do seu futuro, mesmo na falta de uma razão comercial financeiramente irrefutável, certamente será apenas mais uma empresa em seu mercado de atuação, uma seguidora dos demais competidores.

2.2. A implementação da Produção mais Limpa (P+L) e possíveis resultados

A definição de P+L foi cunhada, em 1988, pelo UNEP (*United Nations Environmental Program*). A P+L é um método de abordagem 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 básicos, através da redução dos desperdícios, não-geração, minimização ou reciclagem, principalmente interna, dos resíduos gerados, proporcionando benefícios econômicos e ambientais para as empresas. Trata-se da aplicação de ações que permitem qualificar a empresa para o emprego eficiente de matérias-primas durante o processo produtivo. Além disso, a P+L requer a aplicação de conhecimentos específicos (domínio, *expertise*), de investimentos em tecnologia e mudanças de atitude das pessoas (UNEP, 2007; CNTL, 2006; BAAS, 1995).

A implementação da estratégia da P+L exige que todo o processo produtivo seja avaliado, verificando sua real eficiência quanto ao emprego de recursos e energia. Essa avaliação está baseada na realização de um balanço de massas e energia e na identificação das medidas para P+L, que sejam as mais apropriadas. Para facilitar a compreensão em torno dessas etapas ou ações, a figura 1 apresenta o fluxograma de estabelecimento de prioridades na identificação de oportunidades de P+L, em um processo produtivo.

Figura 1 – Oportunidades de P+L em um processo produtivo.



Fonte: Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL, 2006).

No nível 1, são priorizadas as ações que buscam a redução da geração dos resíduos na fonte geradora, o que pode ser obtido por modificações no produto ou no processo produtivo (*housekeeping*, substituição de matérias-primas e modificações tecnológicas). No nível 2, busca-se a otimização do ciclo produtivo interno da empresa. No nível 3, por fim, são propostas medidas de reciclagem externa ou reaproveitamento em ciclos biogênicos. Como se percebe, a prática da P+L sugere e repercute no desenvolvimento e na adoção de tecnologias limpas nos processos produtivos (OLIVEIRA e ALVES, 2007).

A implantação da tecnologia de P+L, em um processo produtivo, deve ser pautada pela consecução das seguintes etapas: planejamento e organização: obtenção do comprometimento e do envolvimento da alta direção, definição da equipe de trabalho no projeto, determinação da abrangência da P+L na empresa e a identificação de possíveis barreiras e soluções aos problemas encontrados neste estágio; pré-avaliação e diagnóstico: desenvolvimento do fluxograma do processo, avaliando as suas entradas e saídas, determinação do foco de avaliação da P+L na empresa; avaliação da P+L: realização do balanço de massas e de energia do processo, avaliação da viabilidade de implantação da P+L, geração e seleção de opções de P+L; estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental: avaliação preliminar, técnica, econômica e ambiental da proposta de P+L quanto ao processo produtivo em estudo e a seleção das opções a serem implementadas; e implementação de opções e plano de continuidade: preparação de um plano de implementação e monitoramento das técnicas e a avaliação e sustentação das atividades do programa de P+L desenvolvido (CNTL, 2006).

Dentre possíveis resultados provenientes da implementação da P+L, Lemos (1998) sugere duas dimensões de resultados: resultados tangíveis e resultados intangíveis. Os resultados tangíveis seriam: geração de inovações tecnológicas de processo, nos produtos e gerencial; benefícios oriundos de vantagens comerciais; aumento da competitividade (maior eficiência e redução de custos); redução de custos com matérias-primas, insumos e energia; melhorias econômicas de curto prazo; novas oportunidades de negócio; minimização dos riscos inerentes às obrigações (legislação) ambientais; e, por conseguinte, redução dos encargos ambientais gerados pela atividade fabril.

Além desses, há a possibilidade de ganhos ou resultados intangíveis, dentre eles: desenvolvimento sustentável; melhoria da qualidade ambiental dos produtos; melhoria da imagem e reputação da empresa, de sua marca e de seus produtos; melhoria nas condições de trabalho de seus colaboradores; maior motivação dos colaboradores; benefícios à sociedade, à comunidade, onde a empresa está inserida; indução e estímulo ao processo de inovação e maior segurança aos consumidores, em relação ao uso e/ou consumo dos produtos.

Desta forma, as perguntas em relação aos resíduos devem ser: de onde vêm os resíduos e por que se transformaram em resíduos? (CNTL, 2006). O objetivo de toda essa mudança é transformar custos e/ou desperdícios, em lucro. Ao reavaliar todo o seu processo produtivo, a empresa poderá implementar um sistema de gestão, que orientará todas as suas atividades para a melhoria contínua e para um nível de qualidade ambiental mais elevado, ou seja, um Sistema de Gestão Ambiental (SGA).

3. OBJETIVOS, AMBIENTE DE PESQUISA E METODOLOGIA EMPREGADA

O trabalho tem o objetivo geral de avaliar a utilização das técnicas de P+L, 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. Também, foram definidos os seguintes objetivos específicos: descrever o processo atual de moldagem utilizado pela empresa em estudo; identificar tecnologias de produção, que resultem em menor impacto ambiental; identificar dificuldades e barreiras, que impedem um melhor desempenho ambiental da empresa; e definir indicador de desempenho, para maximizar o resultado proveniente das práticas adotadas pela empresa.

Como ambiente de pesquisa, foi escolhida uma empresa localizada em Caxias do Sul (RS) e que 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 e apresenta um faturamento anual médio de R\$ 7.500.000,00, provenientes de 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.

Ressalta-se que o estudo caracteriza-se, em essência, como uma pesquisa-ação (THIOLENT, 2007), valendo-se, fortemente, da coleta de dados e de informações, por meio de análise documental e de entrevistas individuais em profundidade (VERGARA, 2006; COOPER e SCHINDLER, 2003) com os colaboradores da empresa diretamente envolvidos no processo em estudo. O trabalho desta pesquisa-ação, por conseguinte, foi desenvolvido com base na metodologia sugerida pela UNIDO, por meio do CNTL-SENAI (CNTL, 2006). A estruturação deste método está baseada no fluxograma anteriormente apresentado na figura 1 e que serviu para delinear o estudo.

4. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

4.1. Planejamento e organização

Inicialmente, foi apresentado à direção da empresa o conceito de P+L e os benefícios que as técnicas oferecem, principalmente 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 (produtos e resíduos), considerada 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. Desenvolveu-se internamente uma série de treinamentos (ações de capacitação e aperfeiçoamento) com a equipe, onde foram apresentados o conceito, a metodologia e os objetivos da implantação das técnicas de P+L na empresa, juntamente com a apresentação, por parte da direção, da nova estratégia da empresa, em relação às questões ambientais. 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. Neste primeiro momento, não foi delimitada a abrangência de atuação da equipe de trabalho, em relação às oportunidades de implantação da P+L, uma vez que a empresa se trata de um empreendimento de pequeno porte.

4.2. Pré-avaliação e diagnóstico

Foi desenvolvido o fluxograma do processo da empresa, contemplando os três processos industriais: fabricação de protótipos e moldes, produção de peças em fibra de vidro e peças plásticas. Foram avaliadas todas as entradas e saídas de material, determinando e 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 identificados e classificados em três categorias, segundo critérios estabelecidos pela própria equipe de trabalho: resíduos retornáveis: aqueles que são devolvidos ao fornecedor e que, após re-processamento, retornam na forma de matéria-prima, como, por exemplo, as aparas de plástico geradas na termoformagem; resíduos recicláveis: aqueles que podem ser devolvidos ao fornecedor ou vendidos como sucata. Pertencem a esta categoria de resíduos, as embalagens vazias, metais, madeira, papel e plástico; e resíduos de processo: aqueles que são gerados pelo processo produtivo e que geram gastos com disposição (aterro industrial), como, por exemplo, os resíduos gerados no processo de laminação (um mix de resina catalisada, fio e retalhos de manta de fibra de vidro).

A determinação do foco de avaliação da P+L na empresa ocorreu no momento em que os resíduos provenientes de processos foram avaliados. O setor de produção de peças de fibra de vidro respondia pela maior parte dos resíduos de processo. O diagnóstico sinalizou que a P+L devia priorizar o setor de produção de peças em fibra de vidro, focando o estudo no processo de laminação. Esta decisão utilizou, como suporte de análise, o fluxograma de estabelecimento de prioridades na identificação de oportunidades de P+L, no processo produtivo apresentado na figura 1.

4.3. Avaliação da Produção mais Limpa (P+L)

O princípio da conservação das massas deve ser mantido para qualquer um dos elementos que compõem o sistema (processo produtivo). Em um sistema estável, a massa de entrada de um elemento deve ser equivalente à de saída. Todas as matérias-primas e os materiais utilizados no processo, em certa etapa da produção, devem deixar este na forma de produtos ou de um resíduo ou de emissões (gases e vapores).

Foi realizada, portanto, 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 (*inputs*) e saídas (*outputs*) do processo de laminação. Elaborou-se uma listagem de todos os insumos e de todos os resíduos gerados durante o processo de laminação. Na sequência, foram estabelecidos alguns parâmetros de coleta de dados. As medições foram realizadas durante um período de três meses, sendo que foi escolhida uma família de peças para o estudo e para a medição da quantidade de resíduos (em kg), que era determinada a cada dois dias.

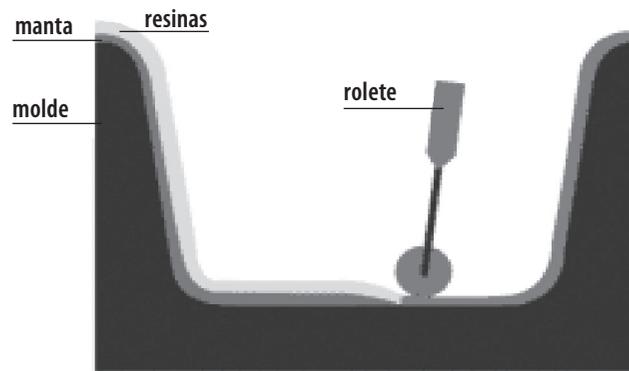
De posse dos dados obtidos no balanço de massas, realizou-se uma avaliação referente aos principais resíduos, sendo priorizados aqueles gerados em maior quantidade e que representam o maior custo de disposição e compra de materiais para a empresa. A partir dessa avaliação, a equipe de trabalho listou algumas oportunidades de melhoria e observações pertinentes ao processo de laminação.

As principais constatações foram as seguintes: (i) no processo de laminação, encontram-se as matérias-primas mais dispendiosas: resina poliéster e fibra de vidro; (ii) os resíduos de fibra de vidro representam despesa para a empresa, pois são dispostos em aterro industrial; (iii) as perdas de material, na forma de aparas, variam de 15% a 25%, dependendo da geometria da peça; (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 físico 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.

Além dessas constatações inerentes aos processos de trabalho, por meio de pesquisas em sites, visitas técnicas a empresas do setor e discussões com fornecedores, a equipe de trabalho concluiu que o atual processo de laminação utilizado pela empresa, ou seja, moldagem por contato manual (*hand lay-up*). Este processo consiste na aplicação sucessiva, dentro do molde, de uma camada de resina líquida termofixa, juntamente com uma camada de reforço (vidro, aramida e 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, conforme mostra a figura 2.

4.4. Estudos de viabilidade técnica econômica 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*). Este processo consiste na aplicação sucessiva, dentro do molde, de uma camada de resina líquida termofixa, juntamente com uma camada de reforço (vidro, aramida e 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, conforme mostra a figura 2.

Figura 2 – Processo de moldagem por contato manual (*hand lay-up*).

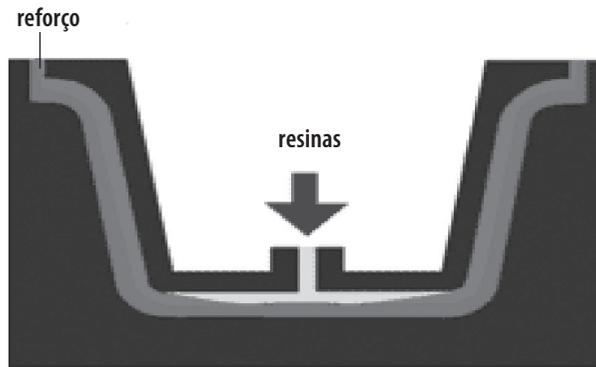
Fonte: SAINT-GOBAIN VETROTEX (2006).

Muitas vezes, o processo manual é combinado ao processo a 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 sequência, 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 e os equipamentos não devem ser altos. Neste tipo de moldagem, a geração de resíduos é elevada, devido à formação de aparas laterais no molde, e há perda significativa 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), pelo fato de haver uma alta taxa de emissão de compostos, contendo estireno. O ambiente de trabalho é muito sujo, por causa do acúmulo de material sobre o piso, carros de transporte e equipamentos. As peças produzidas por este método necessitam de um grau de acabamento elevado.

O processo de moldagem em RTM *Light* consiste na injeção de resina em moldes fechados, do tipo punção/matriz, com reforços de fibra de vidro. A fim de facilitar a compreensão deste processo, a figura 3 é elucidativa. O processo RTM *Light* se caracteriza por apresentar um alto ciclo de produção, uniformidade de espessura, acabamento dos dois lados da peça e apresentar perda de matéria-prima inferior ao processo de moldagem manual. Em acréscimo, é observada uma melhoria ambiental, devido à baixa emissão de compostos contendo estireno, permitindo, ainda, 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 (OWENS CORNING, 2006).

Figura 3 – Processo de moldagem por RTM *Light*.

Fonte: SAINT-GOBAIN VETROTEX (2006).

É oportuno ressaltar que o processo de modelagem por RTM *Light* apresenta desvantagens, no que diz respeito à movimentação complexa de moldes, modelos e moldes de construção criteriosa e de modificação posteriormente inviável. Por isso, deve haver um rígido controle físico-químico nos materiais e nos processos. Em acréscimo, a manutenção de equipamentos deve ser constante e o treinamento (ações de capacitação e aperfeiçoamento) dos operadores deve ser intensivo e continuado.

4.5. Implementação de opções e Plano de Continuidade

Com base nos estudos realizados e, por decorrência da identificação de algumas constatações, foi definido um calendário (cronograma) de atividades, relacionadas à implementação do plano de modificação do processo na empresa. Assim, com o apoio dado pela direção, foi estabelecida a meta de produção de peças em fibra de vidro, pelo processo RTM *Light*, no segundo semestre de 2007.

Para a migração do processo manual de moldagem para o processo RTM *Light*, foi necessária a aquisição de equipamentos. No cronograma de atividades, foram contempladas algumas diretrizes básicas, as quais são essenciais à mudança de processo: pesquisa e definição de fornecedores para os equipamentos necessários; estudo, mapeamento e descrição do novo *layout* para o setor de laminação; captação de recursos pela direção para a aquisição ou manutenção dos equipamentos necessários à implantação do processo proposto; substituição gradativa dos moldes de modelagem manual para a modelagem, pelo processo RTM *Light*; e elaboração de um programa de capacitação e aperfeiçoamento para os operadores envolvidos no processo, principalmente os dos setores de produção e manutenção.

5. ANÁLISE E INTREPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

A busca pela utilização de P+L pela empresa, teve início com a proposta de redução de resíduos diretamente na fonte geradora, ou seja, diretamente no processo produtivo. Ao ser identificado o setor responsável pela maior geração de resíduos, buscou-se métodos de modificação do processo, a fim de reduzir o desperdício. Estudos do grupo de trabalho conduziram à modificação de tecnologia, como a solução mais adequada.

Estrategicamente, a empresa adotou, como novo indicador de desempenho, a relação existente entre a quantidade de resíduos produzida, somada aos produtos prontos e a quantidade de matérias-primas adquiridas (resina e fibra de vidro). Desta relação, criou-se um indicador de pro-

atividade, uma vez que se admite que a produtividade seja a relação entre as entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) de materiais do processo produtivo, conforme sugerido por Chan (2004). Durante os meses em que o estudo foi realizado, foram levantados dados atinentes à quantidade de matéria-prima adquirida, resíduos gerados, produtos prontos, faturamento e gastos com compras e disposição de resíduos. Os principais dados coletados estão apresentados na tabela 1.

É possível observar que a relação entre a quantidade de resina e de 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* (processo manual).

Tabela 1 – Parâmetros avaliados

Parâmetros Avaliados	Resultados Obtidos nos Meses Estudados		
	Mês 01	Mês 02	Mês 03
Quantidade mensal de matéria-prima (resina e fibra de vidro) comprada	10.550kg	9.950kg	11.150kg
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	1.913kg	1.691kg	2.567kg
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	8.540kg	8.212kg	8.528kg
Faturamento mensal proveniente do processo de laminação	R\$ 271.187,75	R\$ 268.948,67	R\$ 277.746,43

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir dos relatórios gerenciais e dados disponibilizados pela empresa.

Com a modificação do processo manual de modelagem para o RTM *Light*:

- Uma redução inicial de 80% da quantidade de resíduos gerados, fazendo com que a relação percentual entre matérias-primas e resíduos passasse de 19,5% para cerca de 4%. Desta forma, estima-se uma redução anual de R\$ 95.000,00 nas compras de resina e de fibra de vidro;
- A quantidade média mensal de resíduos gerada, que é de 15m³, 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 ou economia de 80% nos gastos da empresa, com aterro industrial;
- 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 físico no setor, poderá ser eliminada do processo;
- 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 das rebarbas ou imperfeições.

Talvez, como alternativa, a busca por parcerias, alianças estratégicas ou simplesmente ações cooperativas com outras empresas, instituições e com o próprio governo, em todos os âmbitos, somando-se esforços, investimentos e *know-how*, possibilite que as empresas invistam conscientemente e de forma duradoura, em ações que resultem em impacto ambiental positivo para elas próprias e para a sociedade (STAFFORD e HARTMAN, 1996; HARTMAN e STAFFORD, 1997; EDER e FRESNER, 1998).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A P+L é uma prática para a gestão econômica das empresas, pois os resíduos são considerados produtos, com valor econômico negativo. Neste sentido, 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. Dados semelhantes puderam ser percebidos, ao se analisar a empresa em estudo, uma vez que os resíduos gerados representam algo em torno de 14%, em relação ao seu faturamento total e, mais especificamente, 19,5%, em relação ao faturamento gerado pelo setor em estudo, o setor de laminação.

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 P+L 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, portanto, economias significativas para as empresas (KAZMIERCZYK, 2002; TRIANTIS e OTIS, 2004).

Além da abordagem técnica, organizacional e estratégica, direcionada à aplicação das técnicas de P+L como indicador de produtividade, o trabalho procurou introduzir conceitos e ideias relacionadas à preservação do meio ambiente, em uma perspectiva de longo prazo, não apenas por uma consciência ecológica, por parte dos gestores, mas também pelos ganhos de imagem da empresa junto ao mercado, à sociedade, à comunidade, resultante de uma maior responsabilidade social (MACKKEY *et al.*, 2007).

O homem, ao longo de sua história, utilizou os recursos naturais do planeta e gerou resíduos com baixíssimo nível de preocupação. Acreditava que os recursos eram abundantes e que a natureza aceitaria, sem reclamar, os despejos realizados, já que o enfoque sempre foi “diluir e dispersar”. Mas com o passar dos anos, a escassez de recursos, a degradação ambiental evidente e a crescente exigência de órgãos competentes, promoveram uma mudança na postura das empresas. Diante deste cenário, as empresas estão adotando a Gestão Ambiental e seus desdobramentos, de forma preventiva, procurando agregar valor aos produtos, minimizando o desperdício durante o processo produtivo e melhorando a imagem da empresa perante o mercado, isto relacionado aos mais diversos grupos de interesse (*stakeholders*) e à sociedade.

A mudança de tecnologia produtiva, proposta, por meio da adoção da P+L, à empresa, representa a minimização da geração de resíduos, juntamente com a elevação do nível de qualidade das peças produzidas e da melhora no ambiente de trabalho. Sendo assim, conclui-se que o estudo da implantação das técnicas de P+L, na empresa em estudo, trará benefícios que a justifique plenamente.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14001 – Sistemas de gestão ambiental: especificações e diretrizes para uso**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

BAAS, L. Cleaner production: beyond projects. **Journal of Cleaner Production**, v. 3, pp. 55-59, 1995.

BAAS, L. To make zero emissions technologies and strategies become a reality, the lessons learned of cleaner production dissemination have to be known. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, pp. 1205-1216, 2007.

BARNEY, J. B.; HESTERLY, W. S. **Administração estratégica e vantagem competitiva**. São Paulo: Pearson/Prentice Hall, 2007.

BESANKO, D.; DRANOVE, D.; SHANLEY, M.; SCHAEFER, S. **A economia da estratégia**. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

- CHAN, S. K. Sustainable productivity development. *In: APO – Asian Productivity Organization (Green Productivity – GP)*, 2004. Disponível em: <<http://www.cntl.org.br>>. Acesso em: 08/07/2006.
- CNTL – Centro Nacional de Tecnologias Limpas. Disponível em: <<http://www.cntl.org.br>>. Acesso em: 10/08/2006.
- COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em administração**. 7ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- DONAIRE, D. **Gestão ambiental na empresa**. São Paulo: Atlas, 1999.
- EDER, P.; FRESNER, J. The role of cooperative cleaner production projects. *IPTS Newsletter*, nº 27, 1998.
- FERRAZ, J. C.; KUPFER, D.; HAGUENAUER, L. **Made in Brazil: desafios competitivos para a indústria**. Rio de Janeiro: Câmpus, 1995.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8ª ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- GETZNER, M. The quantitative and qualitative impacts of clean technologies on employment. *Journal of Cleaner Production*, v. 10, pp. 305-319, 2002.
- HAMEL, G.; PRAHALAD, C. K. Seeing the future first. *Fortune*, v. 130, nº 5, pp. 64-70, Set. 1994.
- HAMEL, G.; PRAHALAD, C. K. **Competindo pelo futuro: estratégias inovadoras para obter o controle do seu setor e criar os mercados de amanhã**. Rio de Janeiro: Câmpus, 1995.
- HARTMAN, C. L.; STAFFORD, E. R. Market-based environmentalism: developing green marketing strategies and relationships. *AMA – American Marketing Association*, pp. 156-163, winter, 1997.
- HEIZER, J.; RENDER, B. **Administração de operações – bens e serviços**. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- HOOLEY, G. J.; SAUNDERS, J. A.; PIERCY, N. F. **Estratégia de marketing e posicionamento competitivo**. 3ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.
- KAZMIERCZYK, P. **Manual on the development of cleaner production policies approaches and instruments**. *In: UNIDO – United National Industrial Development Organization*, 2002. Disponível em: <<http://www.unido.org>>. Acesso em: 08/07/2006.
- KOTLER, P.; KELLER, K. L. **Administração de marketing**. 12ª ed. São Paulo: Pearson/Prentice Hall, 2006.
- KÜRZINGER, E. Capacity building for profitable environmental management. *Journal of Cleaner Production*, v. 12, pp. 237-248, 2004.
- LEMOS, A. D. C. **A Produção mais Limpa como geradora de inovação e competitividade: o caso da Fazenda Cerro do Tigre**. Dissertação (Mestrado). 1998. Escola de Administração da UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 1998.
- MACKEY, A.; MACKEY, T. B.; BARNEY, J. B. Corporate social responsibility and firm performance: investor preference and corporate strategies. *Academy Management Review*, v. 32, nº 3, pp. 817-835, 2007.
- MAIMON, D. **Passaporte verde: gestão ambiental e competitividade**. Rio de Janeiro: Quality-mark, 1996.

- MEDEIROS, D. D.; CALÁBRIA, F. A.; SILVA, G. C. S.; SILVA FILHO, J. C. G. Aplicação da Produção mais Limpa em uma empresa como ferramenta de melhoria contínua. **Revista Produção**, v. 17, nº 1, pp. 109-128, jan./abr. 2007.
- OLIVEIRA, J. F. G.; ALVES, S. M. Adequação ambiental dos processos de usinagem, utilizando Produção mais Limpa como estratégia de gestão ambiental. **Revista Produção**, v. 17, nº 1, pp. 129-138, jan./abr. 2007.
- OWENS CORNING. **Sobre os compósitos**. Disponível em: <<http://www.owenscorning.com.br>>. Acesso em: 16/09/2006.
- PAULI, G. **Emissão zero: a busca de novos paradigmas – o que os negócios podem oferecer à sociedade**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1996.
- PAULI, G. **Upsizing: como gerar mais renda, criar mais postos de trabalho e diminuir a poluição**. Porto Alegre: L&PM Editores, 1998.
- PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.onu-brasil.org.br>>. Acesso em: 10/08/2006.
- PORTER, M. E. **Competitive advantage**. New York: The Free Press, 1985.
- PORTER, M. E. Estratégia. *In*: **Expo Management**. São Paulo: HSM Management, 2001.
- PORTER, M. E.; LINDE, C. V. D. Green and competitive: ending the stalemate. **Harvard Business Review**, v. 73, nº 5, pp. 120-134, Sep./Oct. 1995.
- ROMM, J. J. **Um passo além da qualidade: como aumentar seus lucros e produtividade através de uma administração ecológica**. São Paulo: Futura, 1996.
- SAINT-GOBAIN VETROTEX. **Processos de fabricação**. Disponível em: <<http://www.saint-gobain-vetrotex.com.br>>. Acesso em: 16/09/2006.
- STAFFORD, E. R.; HARTMAN, C. L. Green alliances: strategic relations between business and environmental groups. **Business Horizons**, v. 39, nº 2, pp. 50-59, Mar./Apr. 1996.
- THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 15ª ed. São Paulo: Cortez, 2007.
- TRIAANTIS, K.; OTIS, P. Dominance-based measurement of productive and environmental performance for manufacturing. **European Journal of Operational Research**, v. 154, nº 2, pp. 447-464, April 2004.
- UNEP – United Nations Environmental Program. Disponível em: <<http://www.unep.org>>. Acesso em: 28/08/2007.
- VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 7ª ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- WIEMES, F. **Uma proposta de sistema de gestão ambiental aplicada numa empresa metal-mecânica catarinense**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). 1999. UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, 1999.
- WILKINSON, P. Measuring and tracking waste. *In*: **Conference on Preservation and Global Pollution**. Washington, D.C., 1991.