

VI-012 - PROPOSTA DE UM PROGRAMA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA APLICADA EM UM PROCESSO DE ROTOMOLDAGEM COMO UMA FERRAMENTA SUSTENTÁVEL

André Luiz Emmel Silva ⁽¹⁾

Engenheiro de Produção. Mestre em Tecnologia Ambiental pela UNISC. Professor do Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias - UNISC.

Guilherme Gerhard

Engenheiro de Produção pela Universidade de Santa Cruz do Sul.

Jorge André Ribas Moraes

Engenheiro Mecânico. Doutor em Engenharia da Produção pela UFSC. Professor do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental-PPGTA-UNISC

Tônia Magali Moraes Brum

Doutorado em Nuevas Tendencias en Dirección de Empresas pelo Universidad de León, Espanha. Prof. Adj. do Depto. de Educ. Agr. Ext. Rural da Universidade Federal de Santa Maria.

Endereço⁽¹⁾: Av. Independência, 2293 - Bairro: Universitário - Santa Cruz do Sul - RS - CEP: 96815-900 - Brasil - Tel: (51) 3717-7300 - e-mail: andresilva@unisc.br

RESUMO

Vivemos um momento em que são exaltadas questões como a busca por sustentabilidade, produtos ambientalmente corretos, ações preventivas ao invés de corretivas, entre outros. Como resultado temos clientes mais conscientes e empresas mais preocupadas com as gerações futuras. Sendo assim, este trabalho teve por objetivo investigar a geração das perdas durante um processo produtivo de rotomoldagem através da descrição e aplicação da metodologia de Produção mais Limpa (P+L). Buscou-se identificar oportunidades para minimizar a quantidade de resíduos gerados bem como quantificar os ganhos financeiros e ambientais, provenientes da aplicação da ferramenta. A metodologia empregue foi desenvolvida pela United Nations Industrial Development Organization e foi implementada no processo proposto com o auxílio do Centro Nacional de Tecnologias Limpas do SENAI/RS. Obteve-se como principais resultados a identificação de quais etapas concentravam maiores perdas, a descrição dos passos da metodologia, a identificação das principais causas da geração de resíduos, o estabelecimento de opções de P+L, a quantificação e minimização de resíduos gerados. Pôde-se concluir que os objetivos foram atingidos e que a metodologia facilita a identificação de opções. O principal resíduo do processo de rotomoldagem, referente ao produto estudado, é proveniente de aparas e a principal causa estava relacionada com a concentração de matéria-prima na parte inferior do molde, cujo principal motivo atribui-se a alta incidência de calor nesta região. Conseguiu-se reduzir o resíduo estudado em torno de 85% além da eliminação da atividade de corte da apara. Pode-se afirmar que a implantação destas ações trouxeram resultados satisfatórios para o ecotime e empresa em geral. Por fim, conclui-se ainda, que a aplicação da metodologia de P+L é válida e trouxe impactos positivos no processo de rotomoldagem, principalmente nas esferas econômica e ambiental da sustentabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Produção mais Limpa, Sustentabilidade, Rotomoldagem.

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é um assunto muito abordado atualmente nas grandes organizações. É sabido que existem diferentes metodologias e ferramentas para se alcançar objetivos voltados para esta área de desenvolvimento. Produtos inovadores e diferenciados são demandas do mercado atual e impõem um tempo de resposta hábil e um ritmo acelerado para atendimento das necessidades dos consumidores (GERHARD et al, 2013a). Não é tarefa fácil para uma empresa se manter competitiva e entre as melhores de seu ramo durante anos. Isso traduz-se em uma gama de experiências, tanto positivas quanto negativas, que resultam em um ganho generoso de *know-how*.

A preocupação das empresas com o meio-ambiente e com o futuro das novas gerações impulsiona ações voltadas para o gerenciamento dos seus recursos e busca por ações preventivas. O que se tem notado é que estas ações podem resultar em ganhos financeiros para as empresas, o que as tornam ainda mais atrativas e competitivas.

De acordo com Oliveira et al (2012) o ambiente e as comunidades estão sujeitos a grandes interações com as organizações que operam em suas áreas e o crescente aumento de legislações faz com que questões sustentáveis se tornem rotinas praticamente obrigatórias nas organizações. Também destaca que as organizações têm buscado o apoio de centros de pesquisa visando agregar conhecimentos em gestão organizacional sustentável. Impulsionadas por regulamentações as organizações passam a adotar técnicas para reaproveitamento, reciclagem, reutilização, possibilitando um descarte ambientalmente correto e evitando uma nova busca por recursos naturais (SILVA et al, 2012b).

O programa de Produção mais Limpa ainda é uma ferramenta muito recente e sem dúvida há muito que se explorar da mesma. A procura pela ferramenta aumentou em função das empresas passarem a perceber seus elevados custos com o tratamento de resíduos. Conforme o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS, 2004) a metodologia de P+L estimula a empresa a repensar sobre sua geração de resíduos e até ganhar dinheiro com isto. A P+L reduz a necessidade do emprego de técnicas de fim-de-tubo na tentativa da aplicação de um tratamento adequado para os resíduos gerados, tratamento estes que nem sempre são de total eficácia e podem ser dispendiosos em alguns casos (CNTL, 2003).

De acordo com a Pesquisa Nacional de Opiniões (BRASIL, 2012), observa-se que os brasileiros, diante de um produto com rótulo indicando fabricação ambientalmente correta, reagem positivamente. Em 2006 76% dos respondentes afirmaram se sentir mais motivados diante de tal informação, já em 2012 alcançou-se o equivalente a 85%. Neste contexto, podemos citar outros indutores para implementação de programas do gênero da P+L, como o governo (que pressiona por meio de políticas e legislações), o mercado (que pressiona por meio de concorrentes, consumidores e investidores) e a responsabilidade socioambiental (PIMENTA; GOUVINHAS, 2012).

Sendo assim, o presente artigo tem como objetivo avaliar o impacto da aplicação da metodologia de Produção mais Limpa em um processo de rotomoldagem.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em uma empresa do setor metalúrgico localizada na região central do estado do Rio Grande do Sul, em uma área construída de 36.000m². Com 65 anos de atuação, gera em média 650 empregos diretos durante o período de safra. Dividida em unidades de negócio, a empresa atua basicamente no escopo de projeto, fabricação e comercialização de produtos para lazer, educação e componentes técnicos em madeira e plástico, fabricados nos processos de sopro, injeção e rotomoldagem.

A linha que mais cresce na empresa é a de rotomoldados, o que demanda automaticamente a ampliação do processo produtivo neste setor. É nesta área que será aplicado o programa de produção mais limpa (P+L), abordado neste estudo.

Pode-se classificar a pesquisa quanto aos objetivos, procedimentos de coleta forma de abordagem do problema e fontes de informação (SANTOS, 2000). Segundo os objetivos, pode-se classificar a pesquisa como exploratória e explicativa, onde busca-se criar um maior entendimento a respeito do assunto e aprofundar o conhecimento através da explicação do tema. Ou seja, explora-se o tema para maior familiarização e até mesmo obtenção de novas fontes de informação (LAKATOS; MARCONI, 2003). De acordo com Gil (2002) as pesquisas exploratórias quase sempre são uma etapa prévia para obtenção de explicações.

Quanto ao procedimento de coleta ou procedimento técnico, pode-se classificar a pesquisa como sendo bibliográfica devido ao desenvolvimento da pesquisa com base em materiais já elaborados como livros, publicações periódicas e artigos científicos. Também classifica-se como pesquisa-ação já que exige o envolvimento e ação do pesquisador e do grupo envolvido para contribuir na resolução do problema (GIL, 2002).

A forma de abordagem do problema caracteriza a pesquisa como quantitativa e qualitativa, pois exige a coleta de dados do processo de forma quantificada. Dados estes que se apresentam em resultados, mas que exigem um tratamento lógico qualitativo por parte do pesquisador, para uma melhor aplicação da metodologia (SANTOS, 2000).

De acordo com a fonte de onde foram extraídos os dados, caracteriza-se como pesquisa de campo e bibliografia, devido a necessidade de coleta de dados de forma controlada no processo e pesquisa bibliográfica (LAKATOS; MARCONI, 2003).

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ROTOMOLDAGEM

A rotomoldagem consiste em um processo industrial onde, como seu nome faz analogia, obtêm-se peças ocas através do movimento de rotação biaxial de um molde abastecido com material termoplástico (BEALL, 1998). Segundo Crawford e Throne (2002) o processo de rotomoldagem propicia peças plásticas ocas através da adição do plástico em pó em um molde que é aquecido e que roda em dois eixos. No decorrer do processo o pó funde dentro do molde e vai de encontro à superfície do mesmo, tomando o formato do produto desejado. Então ocorre o arrefecimento do polímero, aproximadamente até a temperatura ambiente, e a parte oca resultante é removida.

Os produtos rotomoldados passaram a ser produzidos na década de 50 e são destaques na indústria de reservatórios, brinquedos, automotivos entre outros (CRAWFORD; THRONE, 2002). Paoli (2008) afirma que podem ser produzidas peças rotomoldadas dos mais variados tamanhos. O material mais utilizado no processo é o polietileno (PE), e nesta classe se destaca o Polietileno Linear de Baixa Densidade (PELBD). Ressalta-se que para que se tenha êxito neste processo produtivo, a escolha da matéria-prima adequada é fundamental, o polímero utilizado necessita atender as características de viscosidade, de resistência térmica e de resistência química, para não sofrer degradação termo oxidativa devido a longos períodos de permanência no forno (BEALL, 1998; PAOLI, 2008).

A matéria-prima que já foi usada, ou seja, que já passou pela máquina e provém de peças devolvidas, refugadas, rebarbas, aparas ou sobras, pode ser reutilizada no processo, em quantidades controladas. Este controle é feito na preparação do material que vai abastecer as linhas de produção, para não comprometer suas características.

Conforme Nugent (2001), Crawford e Throne (2002) a moldagem rotacional tem quatro passos básicos: carregamento, aquecimento, resfriamento e descarregamento.

Para manter a união entre as partes do molde faz-se necessário um sistema de fixação. O sistema de fixação objetiva manter uma pressão uniforme ao longo da linha de fechamento (NUGENT, 2001). O processo estudado neste trabalho utiliza grampos de fixação para esta finalidade.

Segundo Nugent (2001) os principais setores de aplicação do processo de rotomoldagem são: agricultura, automotivo, construção, eletrônico, indústria, produtos marinhos, recreação entre outros. Conforme a Association of Rotational Molders – ARM (2014), a rotomoldagem além de possibilitar a obtenção de peças complexas, é um dos processos de moldagem mais rentáveis que existe. É um processo que vem apresentando um crescimento notável tornando-se cada vez mais competitivo.

PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L)

Produzir com foco apenas em obter o máximo lucro é um dos fatores que culminou em rejeitos de alta toxicidade e decomposição difícil na natureza e estes por sua vez têm contribuído para os desequilíbrios nos ecossistemas que vivenciamos na atualidade (PETTER et al, 2011). Além do aumento econômico deve existir uma preocupação com a proteção dos ecossistemas da Terra contra as ameaças decorrentes de nossas atividades (WU et al, 2013). A Produção mais Limpa (P+L) é a busca da melhoria contínua dos processos produtivos, e possui o objetivo de aumentar a eficiência no uso de recursos (matérias-primas, água e energia), através da não

geração, minimização ou reciclagem dos resíduos e emissões geradas. Tal metodologia abrange todos os níveis da empresa, desde a compra de matérias-primas até o pós-venda, e serve de estímulo para inovações, contribuindo para o desenvolvimento das empresas (CNTL, 2014).

A Produção mais Limpa é a eliminação ou redução da poluição no decorrer do processo de produção, não no final (CEBDS, 2014). Ela não se baseia apenas em tecnologia, engloba também a forma de gestão das empresas (RADONJIC; TOMINC, 2007). Quando bem sucedido, o uso de tecnologias de Produção mais Limpa poderá propiciar a redução do consumo de energia, matéria-prima, resíduos tóxicos e emissões (COUTO, 2013). As iniciativas de P+L estão associadas com mudanças e inovações. Estas mudanças estão relacionadas não somente com aspectos tecnológicos, mas também culturais como políticas e mentalidade da gerência (SILVESTRE; NETO, 2014; MONTALVO, 2006).

A P+L consiste em aplicar continuamente uma estratégia ambiental com visão preventiva integrada aos processos de fabricação, operações e produtos, com a finalidade de reduzir os riscos para os organismos vivos (BERKEL, 2012; GLAVIC; LUKMAN, 2007). A mesma pode ser incorporada ao desenvolvimento de produtos, objetivando ganhos nos aspectos sociais e ambientais, além de qualidade e preço. Resultando em produtos sustentáveis (UNEP, 2014a). De acordo com Klemes et al (2012) a produção mais limpa vem sendo usada cada vez mais, independentemente do setor industrial, nas áreas de operação, projeto, planejamento e gestão.

De acordo com a United Nations Environment Programme – UNEP (2014b) o termo produção mais limpa em 1990 foi definido como “a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada aos processos, produtos e serviços com o intuito de aumentar a eficiência e reduzir os riscos para os seres humanos e o meio ambiente”. Com o passar dos anos este conceito tem evoluído para abranger os aspectos de desenvolvimento humano, gestão ambiental e eficiência de produção.

Um dos pontos fortes desta ferramenta para sustentabilidade é que, ao contrário de técnicas convencionais e reativas, conhecidas como técnicas de fim-de-tubo, não foca apenas no tratamento do resíduo ou emissões finais gerados no processo. A P+L busca agir na fonte geradora do resíduo ou no decorrer do processo onde o mesmo é gerado tentando assim eliminar ou minimizar a sua geração (CNTL, 2014). As técnicas de fim-de-tubo passam a ser utilizadas somente após o esgotamento de todas alternativas (SILVA FILHO et al, 2007).

Sob este enfoque, Zeng et al (2010) salienta que até mesmo os investimentos de P+L de baixo custo, muitas vezes trazem resultados financeiros mais rápido do que os investimentos de elevados custos. Estes geralmente tem um tempo de retorno a longo prazo mas que apresentam maior contribuição para aspectos como a imagem e reputação da empresa frente ao ambiente externo.

Como enfatizam Botta e Cardoza (2012), o uso da P+L ainda é limitado no Brasil. Como justificativas para este fato são citadas como barreiras à implementação da ferramenta: o fator comportamental e educacional das pessoas envolvidas na organização, também são citadas barreiras culturais, técnicas, sistêmicas e até mesmo econômicas. Assim, faz-se necessário e de grande importância a divulgação do conceito da P+L, o que se revela como uma maneira eficaz de sensibilizar as empresas.

Conforme relata Pimenta e Gouvinnhas (2012), se não houver um comprometimento da alta administração com a P+L, a continuidade do programa pode ser comprometida. Os gestores influenciam diretamente no nível de aprendizagem de práticas ambientais da sua equipe e esta aprendizagem é crucial para o sucesso na implementação do programa (HOOF, 2014).

Uma grande variedade de políticas e ferramentas de trabalho estão disponíveis para mover uma indústria com visão “fim de tubo” para o modelo de Produção mais Limpa (HAMNER, 2013). Segundo a United Nations Industrial Development Organization (UNIDO, 2013b) e a UNEP (2014b) a P+L aborda as três dimensões da sustentabilidade individualmente e sinergicamente, sendo elas: Gestão ambiental: através da redução de resíduos e emissões busca-se a minimização dos impactos sobre a natureza e o meio ambiente como um todo; Eficiência na Produção: otimização do uso dos recursos naturais no processo produtivo (materiais, água e energia); Desenvolvimento Humano: a minimização dos riscos para as pessoas e comunidades bem como o apoio para o seu desenvolvimento.

A adoção desta metodologia pelas empresas depende muito de qual o problema a ser tratado ou objetivo almejado. As principais metas ambicionadas são econômicas, ambientais, sociais e tecnológicas. Podendo uma, no desenvolver do trabalho, ser consequência da outra. São estes fatores que fazem da P+L uma ferramenta de sustentabilidade (CNTL, 2014).

P+L COMO FATOR DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E SUAS VANTAGENS

O objetivo dos processos produtivos nas empresas é de produzir produtos e não resíduos, sejam eles emissões atmosféricas, resíduos sólidos ou efluentes líquidos. Desta forma, busca-se através da P+L, a melhoria na eficiência de processos o que reduz a necessidade do emprego de técnicas de “fim-de-tubo” na tentativa da aplicação de um tratamento adequado para os resíduos gerados, tratamento estes que nem sempre são de total eficácia e podem ser dispendiosos em alguns casos (CNTL, 2014). A eficiência do processo provém do uso adequado de insumos e da energia elétrica o que implica em vantagens econômicas e ambientais, além de que o olhar crítico para o processo gera a inovação dentro da empresa (CNTL, 2014).

Como já mencionado, as técnicas convencionais de fim-de-tubo focam no que a empresa pode fazer para tratar os resíduos e emissões gerados. Já a P+L, conforme o Centro Nacional de Tecnologias Limpas do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - CNTL (2014), diferencia-se, pois ao invés de simplesmente identificar, quantificar, tratar e fazer a disposição final, mantém seu foco nas seguintes perguntas: “Por que o resíduo é gerado? Como o resíduo é gerado? Quando o resíduo é gerado?”, buscando soluções definitivas para os resíduos, focando na sua não-geração.

No passado, as empresas enxergavam o desenvolvimento sustentável como custo e um fator de risco, mas hoje ele começa a ser visto como oportunidade e fonte de melhoria na eficiência (HENRIQUES; CATARINO, 2014). A P+L além de atuar nos aspectos ambientais e econômicos, atua também nas questões sociais. Desta forma, uma das vertentes da P+L age na possibilidade de substituição de matérias-primas, buscando a incorporação de insumos atóxicos no processo e contribuindo assim para a saúde ocupacional, segurança dos colaboradores e para a qualidade do ambiente de trabalho (GERHARD et al, 2013b). De acordo com a UNIDO (2013a) uma das grandes vantagens é que com a redução ou eliminação de resíduos e substâncias perigosas, diminuem os riscos nas operações industriais para os trabalhadores, para os consumidores e comunidade.

Para Kubota e Rosa (2013) a produção mais limpa é uma importante ferramenta que tem promovido o desenvolvimento sustentável da sociedade, desde a sua criação. A preocupação com as gerações futuras desenvolve nos consumidores atuais uma busca por produtos “ambientalmente corretos”, ou seja, é cada vez maior a preocupação com o impacto que o produto e o seu processo de geração geram ao meio ambiente e a comunidade, desde a produção à sua disposição final. O monitoramento adequado dos impactos sociais e ambientais é fundamental para o “progresso em direção a sistemas mais sustentáveis”. O resultado deste monitoramento pode ser usado para focar a atenção da sociedade para estilos de vida que contribuam nesta linha (KLEMES et al, 2012). A implementação de projetos de produção mais limpa contribui para a mudança de atitudes e desenvolvimento dos colaboradores envolvidos (KJAERHEIM, 2005).

O fortalecimento da imagem da empresa frente à sociedade e autoridades ambientais é uma consequência positiva que muitas vezes é dificilmente mensurada. Porém, fica evidente que a produção sustentável é um fator marcante de aumento da competitividade (CNTL, 2014). De acordo com o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento sustentável (CEBDS, 2014) a implantação da P+L é, sobretudo, um exemplo de sustentabilidade e responsabilidade social corporativa.

Segundo Bonilla et al (2010) as legislações que abordam sobre responsabilidades sobre resíduos gerados são catalizadores fundamentais para que haja um maior engajamento e mudança nas empresas e nas atitudes, valores, paradigmas e práticas da sociedade. Lauriano et al (2014) afirma que as empresas enxergam a necessidade de leis que incentivem a sustentabilidade. Como menciona Silva et al (2012a) os “novos clientes”, também conhecidos como consumidores verdes, que passam a exigir e cobrar serviços e produtos ecologicamente corretos, podem ser encarados como um impulsionador para que as empresas adotem técnicas como a P+L.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Etapa 1 – Planejamento e organização

A etapa 1 de planejamento e organização, resultou no compromisso de um grupo denominado ecotime que foi formado por colaboradores de diferentes áreas de atuação. Em reuniões no mínimo mensais foi acompanhada a evolução de cada etapa da metodologia.

Quanto às metas do programa, as mesmas convergem com os objetivos deste estudo. Sendo elas, por parte da Diretoria, a expectativa pela transferência de metodologia para empresa e consequente obtenção do selo azul de implementação do programa, bem como as metas quantificadas durante as análises de viabilidade econômica de cada estudo de caso

Etapa 2 – Pré-avaliação e diagnóstico

Na etapa 2 desenhou-se o fluxograma global e indicaram-se suas entradas e saídas. A análise concentrou-se nos resíduos sólidos. Salienta-se que várias matérias-primas e insumos que aparecem como entrada, não aparecem na saída, pois sofrem transformações no processo e por isso sofrem alteração na sua nomenclatura.

Avaliou-se como eram monitoradas as entradas e saídas, pois os dados quantitativos mais precisos viriam a ser utilizados na etapa de Avaliação. Baseando-se em informações pouco precisas, mas de consenso dos participantes, como quantidades geradas, periculosidade associada, atendimento de requisitos legais e custos de resíduos, direcionou-se um dos estudos para o resíduo de PELBD e para o processo de Rotomoldagem. Isto foi possível através de reuniões para discussão e análise do fluxograma global. A avaliação destes critérios e definição das prioridades foi desenvolvida pelo ecotime e validada pela diretoria

Etapa 3 – Avaliação

Através do fluxograma global, realizou-se um balanço de material, ou seja, mensurou-se as entradas e saídas em termos quantitativos. Esta quantificação possibilitou a visualização dos maiores custos e a confirmação do resíduo que viria a ser alvo do estudo. Observou-se uma geração de resíduo de PELBD que representava aproximadamente 11,5% do total consumido, considerada uma quantidade significativa.

Definida a matéria-prima (PELBD) a ser estudada e o processo onde o resíduo da mesma oriunda, partiu-se para a análise dos produtos que a utilizam. Optou-se por acompanhar o produto Tampa de Reservatório, em função do seu elevado volume de venda, estando em terceiro lugar em um universo de 407 produtos distintos produzidos na mesma unidade industrial. E também em função do conhecimento prévio da quantidade de resíduos provenientes deste produto durante o processo.

A figura 1 apresenta o fluxograma de processo qualitativo com as entradas e saídas das atividades pela qual a Tampa de Reservatório passa na sua fabricação, permitindo a visualização de quais etapas geram resíduos de PELBD. Os resíduos gerados no processo derivam de varredura, aparas e refugos.

A varredura consiste no material caído no chão em etapas em que o material se encontra no estado de pó ou moído. A varredura em geral é vendida devido a sua contaminação. Quando não contaminada pode ser reutilizada basicamente para a produção de peças pretas. As aparas provêm de operações em que a peça possui regiões recortadas propositalmente, após a etapa de rotomoldar. Este resíduo pode ser reaproveitado na mesma cor. Os refugos consistem em peças que devem ser moídas em virtude de falha apresentada e que não pode ser retrabalhada. Identificado em etapa após o rotomoldar. Em geral, também pode ser reaproveitado na mesma cor.

Ainda na etapa 3 e buscando-se identificar as causas da geração do resíduo, obteve-se os dados quantitativos do processo de fabricação da Tampa de Reservatório aplicando-se um monitoramento sobre 3 lotes de fabricação. Esta foi considerada uma amostra representativa dada a uniformidade do processo e a baixa variabilidade da quantidade de aparas de uma peça para outra.

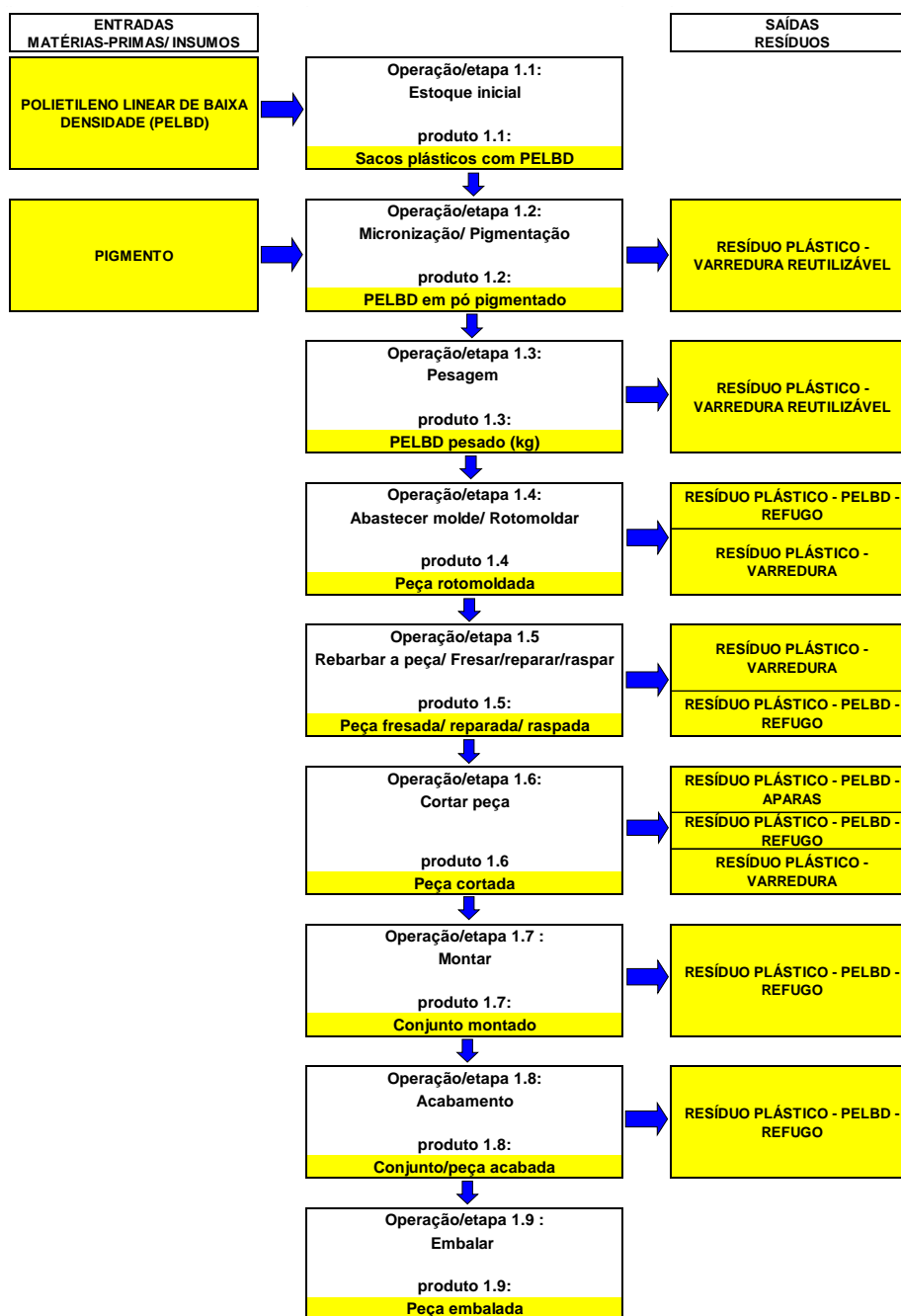


Figura 1: Fluxograma de processo Tampa de Reservatório.

O fluxograma apresentado na figura 2 ilustra com dados percentuais as entradas e saídas do processo de fabricação da Tampa de reservatório. Estes percentuais são proporcionais ao monitoramento real executado. Também é importante ressaltar que este resíduo foi, em sua totalidade, gerado em uma única operação: 1.6 cortar peça, que pode ser visualizada na figura 1

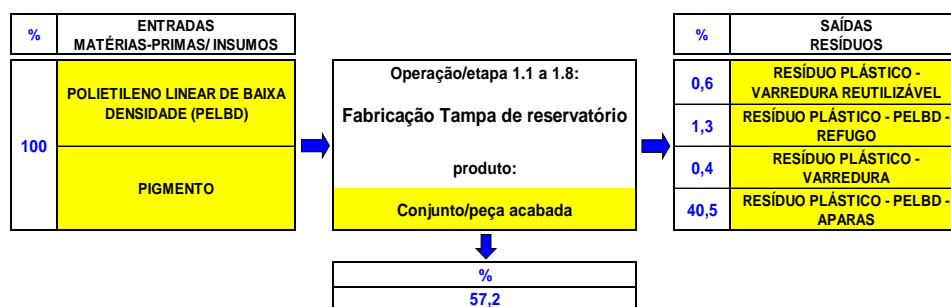


Figura 2: Fluxograma de processo quantitativo Tampa de Reservatório.

Dispondo-se de todos dos dados, observou-se que aproximadamente 40,5% de todo material que entra no processo transforma-se em resíduo em forma de aparas. Definiu-se então como foco reduzir a geração de resíduo de aparas de PELBD e o próximo passo foi analisar as prováveis causas. Conforme já relatado anteriormente, a operação em que gerou-se o resíduo foi a 1.6 cortar peça.

A principal causa definida pelo ecotime foi relacionada com a concentração de matéria-prima na região inferior da Tampa, cujo principal motivo é a alta incidência de calor na parte do molde que corresponde a esta região. Essa temperatura elevada na parte inferior do molde acarreta na concentração de matéria-prima neste local, criando uma camada grossa nesta região da peça, que não é necessária, pois é cortada na etapa posterior. O recorte da apara faz-se obrigatório devido às especificações do produto por parte do cliente.

A partir desta análise, buscou-se gerar opções de P+L visando-se agir sobre este fator. Estudaram-se alternativas para solucionar o problema e após o ecotime executar uma bateria de sugestões chegou-se a duas possibilidades. A primeira seria incorporar esta parte cortada ao produto e cobrar este material no custo do produto. A segunda possibilidade seria isolar termicamente esta parte do molde, a fim de reduzir a formação de material na região. Selecionaram-se seis possíveis ações a serem implementadas, conforme será apresentado na etapa a seguir

Etapa 4 – Estudo de viabilidade

Na etapa 4 fez-se uma avaliação preliminar. Na Tabela 1 pode-se verificar que cinco das seis ações sugeridas a partir da análise de causas buscavam o isolamento da parte inferior da Tampa de reservatório, para reduzir o volume de material processado que gerava apara na determinada região.

Tabela 1: Avaliação preliminar das opções de P+L.

Ações de P+L	Incerteza para Implantação
1. Colocar placa de teflon na cavidade do molde	Existe experiência prévia = BAIXA INCERTEZA
2. Colocar placa de aço na cavidade do molde	Existe boa experiência prévia = INCERTEZA ≈ 0
3. Colocar lã de rocha na região externa do molde	Existe boa experiência prévia = INCERTEZA ≈ 0
4. Virar o molde de posição	Pouca experiência = MÉDIA INCERTEZA
5. Pintar o molde de preto e prata	Existe experiência prévia = BAIXA INCERTEZA
6. Modificar o produto	Depende de fatores externos = ALTA INCERTEZA

Após realizar-se as análises de viabilidade técnica, econômica, ambiental e devido ao grau de incerteza próximo de zero definido pelo grupo, optou-se inicialmente pela ação de colocar uma placa de aço na região interna do molde no local onde estava se formando a parede de material indesejável e uma caixa na parte externa do molde, forrada com lã de rocha (ações 2 e 3). A figura 3 mostra a Tampa de Reservatório antes da aplicação de qualquer ação de melhoria, e seu resíduo gerado após a operação de corte da apara.



Figura 3: Tampa de Reservatório com apara sendo cortada.

Etapa 5 – Implementação

Baseando-se nas ações definidas, elaborou-se um plano de ação simples para acompanhamento das ações, no qual definiram-se datas, recursos necessários e responsabilidades. Isto feito, o ecotime começou a implantar as ações com auxílio dos setores de apoio.

Após a aplicação das ações 2 e 3, as aparas por peça reduziram-se 80%. A apara que significava 40,5% do material que entrava no processo passou a representar aproximadamente 8% do material utilizado. Presumia-se que a ação 1, de colocar a placa de teflon, poderia gerar resultados melhores. Manteve-se a caixa com lã de rocha no lado externo do molde, mas trocou-se a chapa de aço por uma de teflon.

Conforme apresentado na Figura 4, a peça rotomoldada, após a substituição da placa de aço por placa de teflon, ficou praticamente livre de aparas. Com isso, obteve-se como resultado a eliminação da atividade de corte da peça, bastando apenas passar uma fresa para o acabamento da mesma, reduzindo o custo de produção e aumentando a velocidade no processo.



Figura 4: Tampa de reservatório rotomoldada após ações 1, 2 e 3.

A apara por peça reduziu aproximadamente 85,18%. A apara que significava 40,5% do material que entrava no processo passou a representar aproximadamente 6% do material utilizado

CONCLUSÕES

A identificação da geração dos resíduos possibilitou visualizar com clareza em quais etapas estavam as maiores concentrações de perdas. Pode-se concluir que o principal resíduo gerado é de aparas, sendo que a principal causa estava relacionada com a concentração de matéria-prima na região inferior da Tampa de Reservatório. O principal motivo era a alta incidência de calor na parte do molde correspondente a esta região, o que resultou na identificação de oportunidades de P+L.

Classificando-se a principal ação aplicada, referente a placa de teflon, conclui-se que a ação se enquadra como uma minimização de resíduos de nível 1, ou seja, uma redução na fonte, que por sua vez classifica-se como uma modificação no processo do tipo modificação de tecnologia.

Após selecionadas e implantadas, as opções de P+L mostraram-se eficazes, consequentemente minimizando a geração de resíduos. As ações 2 e 3, aplicadas em conjunto, conseguiram reduzir 80% os resíduos de aparas. Já a ação 1, aplicada junto à ação 3, trouxe resultados ainda melhores. Conseguiu-se reduzir em torno de 85% além da eliminação da atividade de corte da para.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARM. Association of Rotational Molders. Disponível em: <<http://rotomolding.org/About/WhatIsRotomolding/Default.aspx>> Acesso em 28 mai. 2014.
2. BEALL, Glenn. Rotational Molding: Design, Materials, Tooling and Processing. Carl Hanser Verlag, Munich, 1998.
3. BERKEL, Rene Van. Resource Efficient and Cleaner Production: doing more with fewer resources and less pollution. Global Network: Resource Efficient and Cleaner Production. United Nations Industrial Development Organization - UNIDO. 25 April 2012.
4. BONILLA, S. H.; ALMEIDA, C. M. V. B.; GIANNETTI, B. F.; HUISINGH, D. The roles of cleaner production in the sustainable development of modern societies: an introduction to this special issue. Journal of Cleaner Production, v. 18, p. 1–5, 2010.
5. BOTTA, L. R. P.; CARDOZA, E. Uso de práticas de produção mais limpa em empresas de pequeno porte. XXXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 2012. Anais. Bento Gonçalves RS, 2012.
6. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental. O que o brasileiro pensa do meio ambiente e do consumo sustentável: Pesquisa nacional de opinião: principais resultados / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental. – Rio de Janeiro: Overview, 2012.
7. CEBDS. A Produção Mais Limpa na Micro e Pequena empresa. Cartilha de PmaisL. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro, 2004.
8. CEBDS. Guia da Produção Mais Limpa: Faça você Mesmo. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <<http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/guia-da-pmaisL.pdf>>. Acesso em 08 jun. 2014.
9. CNTL. Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI. Disponível em: <<http://www.senairs.org.br/cntl/>> Acesso em 09 jun. 2014.
10. CNTL. Centro Nacional de Tecnologias Limpas. Implementação de Programas de Produção mais Limpa. Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/UNIDO/UNEP, 42p., Porto Alegre, 2003.
11. COUTO, Cristina. Produção + Limpa foi a ferramenta escolhida para criar as possibilidades e os desafios para uma gestão de efluentes industriais. CETESB. São Paulo, 2013.
12. CRAWFORD, R. J.; THRONE, J. L. Rotational Molding Technology. Plastics Design Library. Norwich, New York, 2002.
13. GERHARD, G.; SCHWENGBER, H.; SCHREIBER, J.; FURTADO, J. C.; GOERCK, L. H. Avaliação do desempenho de um processo de embalagem de uma empresa de médio porte do rio grande do sul através da aplicação da simulação computacional. XX SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2013. Anais. Bauru SP, 2013a.
- 14.
15. GERHARD, G.; SEHN, K. T.; MORAES, J. A. R.; SILVA, A. L. E.; NARA, E. O. B. Aplicación de la metodología de producción más limpia en un proceso de moldeo rotacional como herramienta sostenible aplicado a la seguridad laboral. VI CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL, 2013. Anais. San Rafael - Mendoza, 2013b.
16. GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.
17. GLAVIC, P.; LUKMAN, R. Review of sustainability terms and their definitions. Journal of Cleaner Production. v.15, n.18, pp. 1875-1885, 2007.
18. HAMNER, Burt. Overview of International Regulatory Programs on Cleaner Production. CETESB. São Paulo: may. 2013.

19. HENRIQUES, J.; CATARINO, J. Sustainable Value and Cleaner Production e research and application in 19 Portuguese SME. *Journal of Cleaner Production*, pp 1-8, 2014.
20. HOOF, B. V. Organizational learning in cleaner production among Mexican supply networks. *Journal of Cleaner Production*. v.64, pp. 115-124, 2014.
21. KJAERHEIM, G. Cleaner production and sustainability. *Journal of Cleaner Production*. v.13, pp. 329-339, 2005.
22. KLEMES, J. J.; VARBANOV, P. S.; HUISINGH, D. Recent cleaner production advances in process monitoring and optimization. *Journal of Cleaner Production*. v.34, pp. 1-8, 2012
23. KUBOTA, F. I.; ROSA, L. C. Identification and conception of cleaner production opportunities with the Theory of Inventive Problem Solving. *Journal of Cleaner Production*. v.47, pp. 199-210, 2013.
24. LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos de metodologia científica. 5. ed. São Paulo: Atlas 2003.
25. LAURIANO, L. A.; BUENO, J. H.; SPITZECK, H. Estado da Gestão para sustentabilidade nas Empresas Brasileiras. Fundação Dom Cabral, 2014.
26. MONTALVO C. What triggers change and innovation? *Journal of Cleaner Production, Technovation* – v.26, n.3, pp. 312–323, 2006.
27. NUGENT, Paul. Rotational Molding: A Practical Guide. 2001.
28. OLIVEIRA, L. R.; MEDEIROS, R. M.; TERRA, P. B.; QUELHAS, O. L. G. Sustainability: the evolution of concepts to implementation as strategy in organizations. *Produção*. v.22, n.1, 2012.
29. PAOLI, M. A. De; Degradação e estabilização de polímeros. 2ª versão on-line (revisada). Chemkeys, 2008.
30. PETTER, R. R.; VAZ, C. R.; RESENDE, L. M.; SELIG, P. M. A competitividade por meio da produção mais limpa para sustentabilidade organizacional. In: XVIII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2011, Bauru SP, 2011.
31. PIMENTA, H. C. D.; GOUVINHAS, R. P. Cleaner production as corporate sustainability tool: a study within companies from Rio Grande do Norte State. *Produção*. v.22, n.3, 2012.
32. RADONJIC, G.; TOMINC, P. (2007) The role of environmental management system on introduction of new technologies in the metal and chemical/paper/plastics industries. *Journal of Cleaner Production*, n. 15, pp. 1482-1493, 2007.
33. SANTOS, A. R. dos; Metodologia científica: a construção do conhecimento. 3 ed. Rio de Janeiro: DP&A editora, 2000. 144 p.
34. SILVA, A. L. E.; MORAES, J. A. R.; MACHADO, E. L. Proposta de um programa de p+l como ferramenta para promoção da gestão ambiental: Estudo de caso. *TECNO-LÓGICA*, Santa Cruz do Sul, v. 16, n.1, p. 40-47, jan./jun. 2012a.
35. SILVA, A. L. E.; REHBEIN, A. E.; BENCKE, D. B.; REDISKE, G.; GERHARD, G. Aplicação da logística reversa para medicamentos em desuso: estudos de caso. XIX SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2012. Bauru SP, 2012b.
36. SILVA FILHO, J. C. G. da; CALABRIA, F. A.; SILVA, G. C. S. S.; MEDEIROS, D. D. Implementation of Cleaner Production as a tool of continuous. *Produção*. v.17, n.1, pp. 109-128, 2007.
37. SILVESTRE, B. S.; NETO, R. S. Are cleaner production innovations the solution for small mining operations in poor regions? The case of Padua in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, pp. 1-9, 2014.
38. UNEP. Cleaner Production for Better Products. United Nations Environment Programme. Disponível em: <<http://www.unep.org/resourceefficiency/Business/CleanerSaferProduction/Eco-Innovation/CleanerProductionforBetterProducts/tabid/78846/Default.aspx>> Acesso em 14 jun. 2014a.
39. UNEP. Resource Efficient and Cleaner Production. Disponível em: <<http://www.unep.fr/scp/cp/>> Acesso em 14 jun. 2014b.
40. UNIDO. Benefits. United Nations Industrial Development Organization. Disponível em: <<http://www.unido.org/what-we-do/environment/resource-efficient-and-low-carbon-industrial-production/cp/benefits.html>> Acesso em 04 mai. 2013a.
41. UNIDO. Resource Efficient and Cleaner Production. United Nations Industrial Development Organization. Disponível em: <<http://www.unido.org/what-we-do/environment/resource-efficient-and-low-carbon-industrial-production/cp/resource-efficient-and-cleaner-production.html>> Acesso em 04 mai. 2013b.
42. WU, D. D.; OLSON, D. L.; BIRGE, J. R. Risk management in cleaner production. *Journal of Cleaner Production*, v. 53, pp 1-6, 2013.
43. ZENG, S. X.; MENG, X. H.; YIN, H.T.; TAMB, C.M.; SUN, L. Impact of cleaner production on business performance. *Journal of Cleaner Production*, v. 18, p. 975 - 983, 2010.