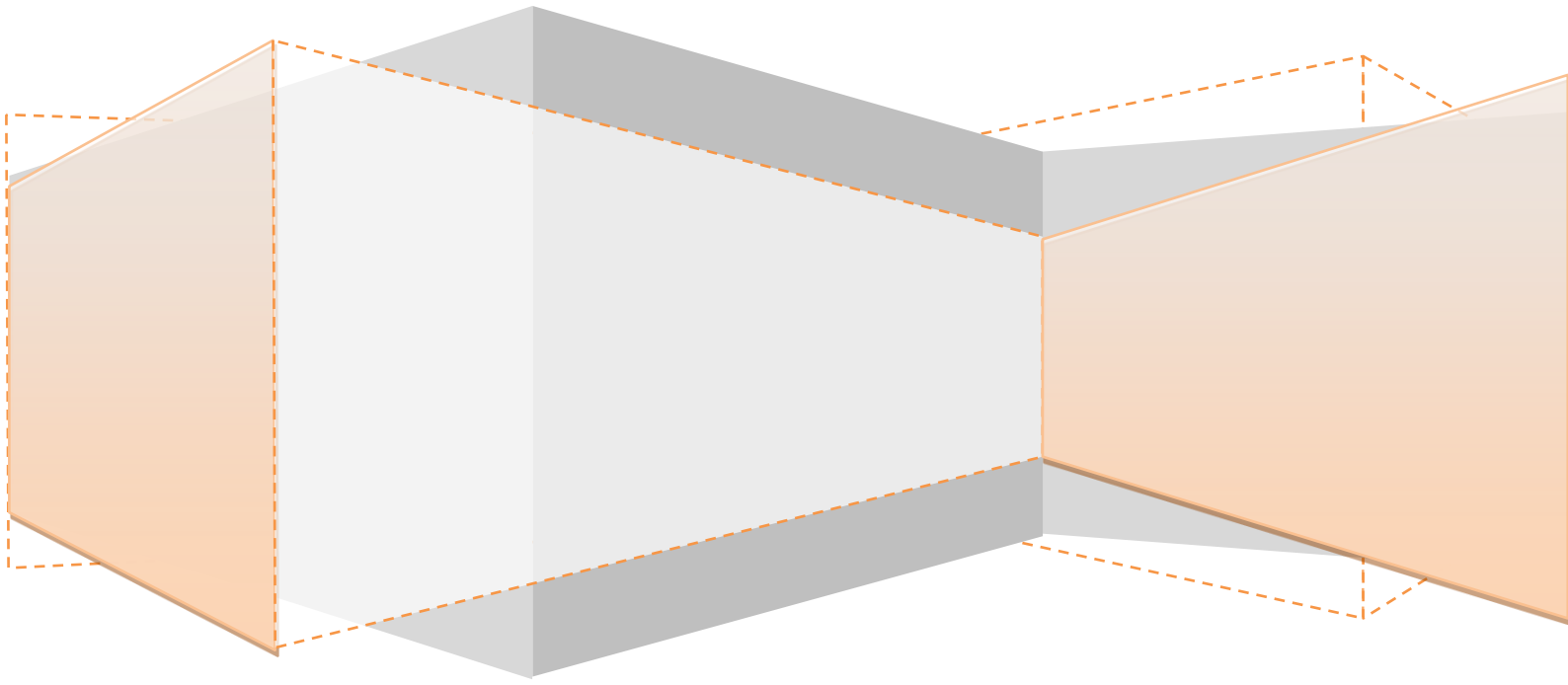
ACRYLIC CREATIONS

21º PRÊMIO FIESP DE MÉRITO AMBIENTAL

REDUÇÃO DE CUSTO DA MOLDAGEM PLÁSTICA ATRAVÉS DA CADEIA REVERSA DE SUPRIMENTOS

Ms Acrylic Creations

Marco Gomes e Gabriela Agostinho / São Paulo 2016



Conteúdo

Agradecimentos 4

Resumo 4

1. Objetivos 4

2. Introdução 5

2.1. A indústria plástica e o Meio Ambiente 5

2.2. Aspectos da reciclagem de resíduos plásticos 6

2.3. Ms Acrylic Creations 9

3. Projeto 9

3.1. Adequação da Matéria-Prima 9

3.2. Orientação do produto junto ao Cliente 12

3.3. Aprimoramento do Processo Industrial 13

3.4. Dinâmica de mercado dos Plásticos reciclados 17

3.4.1. Acrílico 18

3.4.2. Pet 19

3.4.3. Poliestireno 21

4. Resultados e Conclusão 23

Os tópicos a seguir quantificam os resultados alcançados. 23

4.1. Análise quantitativa financeira 23

4.3. Análise ambiental 26

5. Projetos Futuros 26

5.1. Ecodesign 26

6. Referências ..... **Erro! Indicador não definido.**

Lista de Ilustrações

Figura 1. Usos do Petróleo mundial..... 5
Figura 2. Rede de suprimentos reversa. Fonte: http://logistica74.blogspot.com.br, acessado em Abril de 2016. 7
Figura 3. Resíduos plásticos industriais. Fonte: http://www.setorreciclagem.com.br/. Acessado em Abril de 2016. 8
Figura 4. Lixo plástico comum. Fonte: http://evolucaosustentavel.blogspot.com.br/. Acessado em Abril de 2016. 8
Figura 5. Reciclagem Química de polímeros industriais. 11
Figura 6. Tipos de Moldes da Termomoldagem.....13
Figura 7. Molde negativo para Termomoldagem. 14
Figura 8. Chapa plástica moldada a partir de 2 moldes. 15
Figura 9. Sobras do processo de Termomoldagem. 15
Figura 10. Corte de Acrílico á laser. 16
Figura 11. Corte de Poliestireno á laser. 17
Figura 12. Chapas de acrílico (Indac, 2016). 18
Figura 13. Características do Acrílico (Indac, 2016). 18
Figura 14. PET. 19
Figura 15. Característica do PET. 20
Figura 16. Termomoldagem de embalagem PET. 20
Figura 17. Poliestireno.....22
Figura 18. Características do Poliestireno. 22
Figura 19. Comparativo de quantidades plásticas trabalhadas na MS Acrylic. 24
Figura 20. Análise financeira do acrílico reciclado. 24
Figura 21. Análise financeira do PET reciclado. 25
Figura 22. Análise financeira do Poliestireno reciclado. 25
Figura 23. Barril com Ecodesign.....27

Agradecimentos

A MS Acrylic gostaria de parabenizar sua equipe pelo comprometimento com o presente projeto, assim como os fornecedores pela disponibilização de informações que agregaram conhecimento neste estudo.

Ao SEBRAE e a FIESP, agradecemos respectivamente a divulgação e incentivo de participar desta premiação e a oportunidade de divulgação de nossas ações.

Resumo

Atuando num setor apontado por muitos como o grande vilão na geração de resíduos, a MS Acrylic apresenta neste projeto como as sobras do processo de produção se tornaram, por meio de dinâmicas de mercado e cadeia reversa de suprimentos, num subproduto. Ação que culminou na redução 1/3 de custo anual com matéria.

A implementação deste sistema refletiu em vantagens competitivas para a MS Acrylic, ao nível de melhoria de serviço ao consumidor e ganhos ambientais como, a redução da quantidade de resíduos sólidos, a economia de matéria-prima e energia.

1. Objetivos

O presente projeto visa à apresentação das ações tomadas pela empresa MS Acrylic, uma indústria de transformação plástica, que culminaram para a redução de desperdício de matéria-prima a partir do incentivo a economia circular. As ações envolvem os clientes, os fornecedores e a equipe da MS Acrylic, e além de reduzirem os riscos ambientais do gerenciamento do resíduo plástico, criaram um mercado sustentável.

2. Introdução

2.1. A indústria plástica e o Meio Ambiente

Para Cantor (2011) a indústria do plástico tem um enorme impacto econômico em todo o mundo, pois sua magnitude rompe as fronteiras dos produtos plásticos, tornando-a como principal indústria abastecedora das demais indústrias. O setor é apontado por muitos como o grande vilão na geração de resíduos, devido a fácil visualização e longa permanência do material plástico nos locais de aglomeração de lixo, sendo constantemente pressionadas pelas questões ambientais, exigindo-se cada vez mais o correto manejo dos resíduos produzidos dentro e fora da planta de produção (Silva & Moraes, 2010).

A principal matéria-prima dos plásticos é o petróleo, recurso que passa pelas refinarias. Do ponto de vista ambiental, as refinarias são grandes geradoras de poluição, consomem grandes quantidades de água e de energia, liberam gases nocivos para a atmosfera e produzem resíduos sólidos de difícil tratamento e disposição (Mariano, 2001). Contudo, apenas uma pequena parcela da produção mundial de petróleo é usada para obtenção de plástico, conforme apresentado na Figura 1.

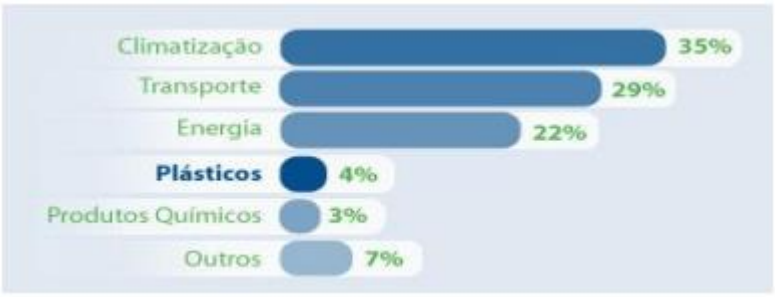


Figura 1. Usos do Petróleo mundial.

Após o refino do petróleo, os plásticos são agrupados ainda em sete categorias (PET, PEAD, PVC, PEBD, PP, PS e Outros), as quais estão presentes nos mais diferentes produtos, sendo utilizados em quase todos os setores da economia, tais como: construção civil, agrícola, calçados, móveis, alimentos, têxtil, lazer, telecomunicações, eletroeletrônicos, automobilísticos, médico-hospitalar e distribuição de energia (AMBIPLAST, Acessado em 2016). O tempo de vida útil de alguns produtos, como por exemplo, de PVC antes de seu descarte para o meio ambiente é bastante longo, chegando a mais de 20 anos, caracterizando-se como um material de aplicações de longo ciclo de vida (Rodolfo, 2006).

No entanto, em certo momento do tempo estes produtos irão se transformar em resíduos (Silva & Moraes, 2010).

A gestão inadequada dos resíduos pela indústria brasileira é considerada crime ambiental, podendo acarretar em altas multas e até prisão do responsável. A Constituição Federal de 1988, em seu Art. 225, parágrafo 3º, estabelece que as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados (BRASIL, 1988). Um caminho para que esses resíduos não sejam dispostos de forma inadequada ou em aterros é a reciclagem.

Assim atividade industrial, por muito tempo, vista como impactante começa a despontar para um cenário de alternativas racionais de gestão, em que a variável ambiental passa a ser considerada sem, contudo, frear o seu desenvolvimento e sua própria sustentabilidade (Mercado & Córdova, 2005)

2.2. Aspectos da reciclagem de resíduos plásticos

A gestão sustentável do plástico pressupõe uma abordagem que tem como referência os princípios dos 3 R's (Canotilho, 2010):

- Reduzir o desperdício de matérias-primas, energia e a quantidade de lixo, exigindo produtos mais duráveis, mantendo um consumo mais racional e repartindo com outras pessoas o uso de materiais;

- Reutilizar ao máximo os diversos materiais, fazendo circular aqueles que ainda possam servir a outras pessoas, usando embalagens retornáveis, desenvolvendo e apoiando atividades de recuperação, conservação e reaproveitamento dos mais diversos objetos;

- Reciclar, encaminhando para as indústrias de reprocessamento os materiais que possam ser reciclados.

A reciclagem de materiais polui menos o ambiente e envolve menor uso de recursos naturais. Entretanto, para os produtos plásticos de pós-consumo serem aptos ao uso como matéria-prima secundária, as etapas do canal reverso de reciclagem, em especial a logística

por fazer o retorno de produtos ao ciclo produtivo, devem possuir um gerenciamento adequado, com a finalidade de garantir a qualidade dos novos produtos, evitando problemas como a contaminação, por exemplo, buscando atender às demandas de seu mercado consumidor (Tenório, 2014).

Segundo Faria e Pereira (2012), a logística reversa[1] passou a fazer parte da logística empresarial como alternativa ao uso de matéria-prima virgem que, em decorrência de fatores como a escassez de recursos naturais. Para trabalhar neste conceito, as empresas necessitam de conhecimento profundo de toda a cadeia onde se inserem e devem contar com a participação ativa e consciente de todos os integrantes da cadeia, pois se tornam pontos críticos para o total desenvolvimento da Logística Reversa. Os canais reversos de reciclagem são compostos por duas ou mais empresas especializadas nas etapas de coleta e retorno ao ciclo produtivo de produtos de pós-consumo, formando o que se denomina "rede de suprimentos reversa" conforme Figura 2 (Blackburn, 2004).

Figura 2. Rede de suprimentos reversa. Fonte: http://logistica74.blogspot.com.br, acessado em Abril de 2016.

[1] Logística reversa: responsável por fechar o ciclo produtivo, reinserindo produtos que perderam sua utilidade, ao ciclo produtivo por meio dos canais de distribuição reversos.

Para aproveitar a matéria-prima embutida no resíduo plástico e fabricar produtos, tem-se na etapa de coleta de resíduos plásticos a distinção desses em duas fontes essenciais:

- Resíduo industrial: caracterizam-se por uma maior uniformidade de materiais, ou das frações descartadas, consequência da aplicação de procedimentos da linha de produção, laminação/conversão. São exemplos: Resinas, aparas de acabamento, materiais descartados por não atenderem as especificações de projeto, de qualidade, aditivos, tintas, vernizes, entre outros Figura 3.

Figura 3. Resíduos plásticos industriais. Fonte: http://www.setorreciclagem.com.br/. Acessado em Abril de 2016.

- Descarte pós-consumo: caracteriza-se por um elevado nível de contaminação (orgânica e inorgânica), heterogeneidade de materiais e alto impacto sanitário-ambiental. São exemplos: embalagens de bebidas e alimentos.

Figura 4. Lixo plástico comum. Fonte: http://evolucaosustentavel.blogspot.com.br/. Acessado em Abril de 2016.

A não contaminação por resíduos do alimento, a natureza homogênea das frações, o volume concentrado a nível industrial, tornam os resíduos poliméricos industriais com maior valor agregado de reciclagem. Quando esses são descartados em lugares inadequados, como lixões, rios, encostas, etc., causam um impacto ainda maior ao meio ambiente. Portanto, a reciclagem de forma sistemática é uma das soluções mais viáveis para minimizar o impacto causado pelos polímeros ao meio ambiente. Vários aspectos motivam a reciclagem dos resíduos poliméricos, como por exemplo, a economia de energia, a preservação de fontes esgotáveis de matéria-prima, a redução de custos com disposição final do resíduo, a economia com a recuperação de áreas impactadas pelo mau acondicionamento dos resíduos, o aumento da vida útil dos aterros sanitários, a redução de gastos com a limpeza e a saúde pública e a geração de emprego e renda (Spinacé & Paoli, 2004).

2.3. Ms Acrylic Creations

A MS Acrylic busca ser uma empresa competitiva no segmento de Acrílicos e Vacuum Form, com foco na inovação do mercado plástico e consequente lucratividades da empresa. Buscando sempre a evolução do atendimento aos clientes, fornecendo produtos de alta confiabilidade.

Para o alcance da excelência de operação, realizou uma alteração de endereço para adequação do layout da planta de produção, e iniciou para o novo empreendimento o licenciamento ambiental municipal. Em caráter voluntário, a empresa está em processo de implantação da ISO 9001. A qual assegurará o funcionamento adequado da operação assim como o compromisso com a melhoria contínua.

3. Projeto

3.1. Adequação da Matéria-Prima

Frente a cenário descrito existem algumas razões para que as empresas plásticas passem a atuar com a Logística Reversa dentro da Economia Circular do plástico, como por exemplo:

I. Legislação Ambiental que força as empresas a retornarem seus produtos e cuidar do tratamento necessário;

II. Os benefícios econômicos do uso de produtos que retornam ao processo de produção, ao invés dos altos custos do correto descarte do lixo;

III. A crescente conscientização ambiental dos consumidores;

IV. Razões competitivas – Diferenciação por serviço;

V. Limpeza do canal de distribuição;

VI. Proteção de Margem de Lucro;

VII. Recaptura de valor e recuperação de ativos.

No caso da MS Acrylic, os principais impulsionadores para que a empresa enxergasse a possibilidade de atuar dentro da cadeia de logística reversa plástica, foram os itens II, III e VI. O que acabou por configurar uma oportunidade de melhorar o desempenho do próprio processo de produção e obter vantagem competitiva através da variabilidade de produtos.

Para concretizar esse projeto, a equipe MS Acrylic realizou testes junto aos seus fornecedores com o material virgem e reciclado, podendo aferir que para alguns tipos de plásticos e referentes produtos finais fosse possível trabalhar unicamente com material reciclado (Tabela 1).

Plástico	Aspecto	Virgem	Reciclado
Acrílico	Resistência	☑	☑
	Transparência	☑	☒
	Acabamento	☑	☑
PET	Resistência	☑	☑
	Transparência	☑	☒
	Acabamento	☑	☑
Polietileno	Resistência	☑	☑
	Transparência	☑	☒
	Acabamento	☑	☑

Tabela 1. Comparação de material virgem e reciclado.

A análise da transparência para os materiais reciclados apresentou maior tendência em amarelar (diminuição da cristalinidade) em relação ao material virgem, quando o produto a partir do material reciclado era exposto em intempéries naturais. Essa diferença de qualidade é perceptível nas bordas, mas a resistência de ambos os materiais é muito similar.

Para as outras características atreladas à qualidade do produto percebeu-se que a distinção de produtos com ambos os tipos de materiais era quase imperceptível. Assim a MS Acrylic e seus fornecedores decidiram alterar a matéria-prima apenas dos produtos pigmentados, e manter a utilização de material virgem para aqueles produtos que exigem a alta cristalinidade.

Para atender as necessidades dos produtos da MS Acrylic os fornecedores trabalham com um procedimento denominado Reciclagem química. A recuperação de resinas, ou reciclagem química, compreende a despolimerização dos materiais plásticos de embalagem, e a recuperação e purificação dos monômeros originais, podendo, então, serem novamente polimerizados para a fabricação de novas embalagens plásticas primárias, ou de outros materiais (Forlin & Faria, 2002). O processo de despolimerização pode ser realizado por: solvólise (hidrólise, alcoólise, amilose), ou por métodos térmicos (pirólise à baixas e altas temperaturas, gaseificação, hidrogenação) ou ainda métodos térmicos/catalíticos (pirólise e a utilização de catalisadores seletivos) (Spinacé & Paoli, 2004). Em terminologias mais simples, segue na Figura 4 um esquema representativo do processo.

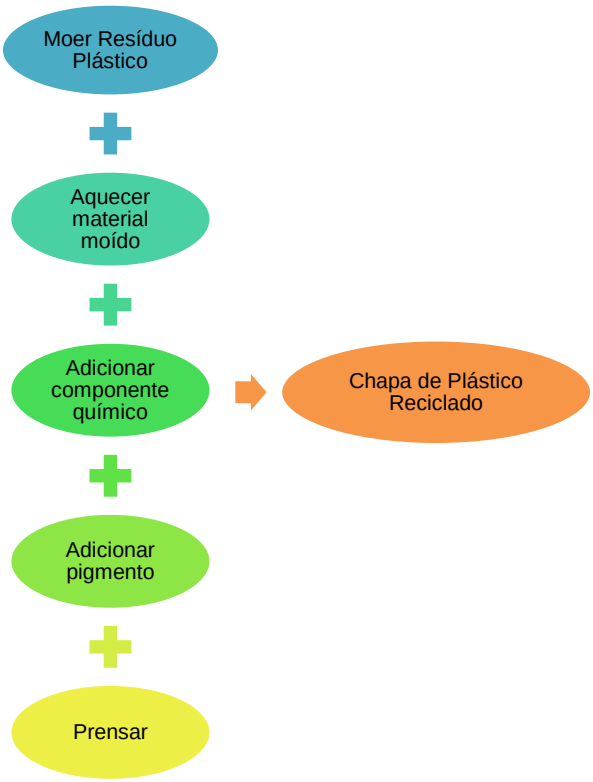


Figura 5. Reciclagem Química de polímeros industriais.

3.2. Orientação do produto junto ao Cliente

A MS Acrylic oferece aos seus clientes a fabricação de peças ou produtos inteiros, nos quais é necessário a manipulação plástica. O cliente tem três maneiras de apresentar seu projeto a MS Acrylic, a primeira é por meio de protótipos já existentes onde o trabalho será apenas replicar em mais peças; a segunda é por meio de solicitação de orientação de projeto, na qual existe a demanda mas o protótipo final ainda não está definido exigindo da equipe elaboração de alternativas e validação junto ao cliente; e por último trata-se de casos onde o cliente já possui o material que deve ser incorporado no produto.

Exceto pela última opção, onde o cliente indica e fornece o material exigido em questão, as demais maneiras citadas para atender a demanda do cliente permitem certa flexibilidade do projeto. Neste momento a equipe de designers da MS Acrylic orienta o cliente guiando o projeto para um cenário de alta qualidade, mas também de menor custo e desperdício, essa orientação engloba conceitos de Qualidade Total e "*Design for Environmental*", abordagens que quando consideradas num projeto de engenharia de produto contemplam o melhor produto pelo menor preço de produção, além de reduzir os riscos a saúde humana em geral e impacto ambiental do produto, processo ou serviço em todo o seu ciclo de vida (Moura, 2011).

A partir dessa linha de concepção de um produto plástico na MS Acrylic, prioriza-se sempre o material reciclado, pois além dos ganhos ambientais o custo benefício se torna muito convidativo quando comparado ao material virgem, uma vez que a mesma qualidade possui preços diferente. Os casos que ainda apresentam resistência a aplicabilidade de material reciclado usualmente tratam-se de produtos que se destinam a área alimentícia ou área externa, onde esses ficam exposto as intempéries do tempo, e portanto ainda é mais indicado o material virgem.

3.3. Aprimoramento do Processo Industrial

A Ms Acrylic atua com equipamentos de moldagem plásticas sobre duas vertentes:

- Termomoldagem

A termomoldagem (*Vacuum in Forming)* é um processamento termoplástico, no qual uma chapa de polímeros é impelida contra uma superfície de molde, por ação de uma pressão mecânica. As chapas podem variar até 3000 mm de comprimento com espessuras de 1 a 8 mm. A qualidade dos produtos moldados é atingida em grande parte pela qualidade do molde, pois, o processo de moldagem replica fielmente a superfície do molde utilizado. equiPara a produção com qualidade superior, é aconselhado o uso moldes de alumínio, que garantem a boa reprodutibilidade dos produtos, além proporcionar maior vida útil dos moldes.

Há dois tipos de moldes, o Molde Positivo mais usado no mercado, em vista de seu baixo custo de produção e da possibilidade de obtenção de peças com superfícies mais rígidas e o Molde Negativo com maior aplicabilidade na produção de grandes séries de produtos, pois permite uma economia considerável de matéria prima (Figura 6) (Leite, Nigri, Faria, Oliveria, & Rubio, 2010)

.

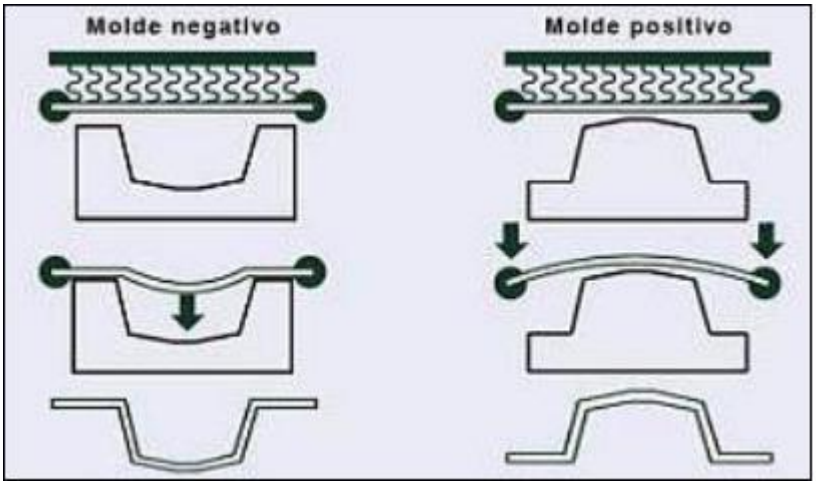


Figura 6. Tipos de Moldes da Termomoldagem.

Considerando essas técnicas apresentadas a MS Acrylic aprimorou o processo de moldagem térmica a partir das 3 melhorias a seguir:

- Melhor seleção de material para moldes, como por exemplo, o alumínio, que apesar de maior custo na confecção do molde, reduz os custos com falhas na confecção do produto. Ação que além de garantir a qualidade do produto atenua o desperdício de matéria-prima;

- Confecção de moldes do tipo negativo (Figura 7), visando também a economia de matéria-prima.

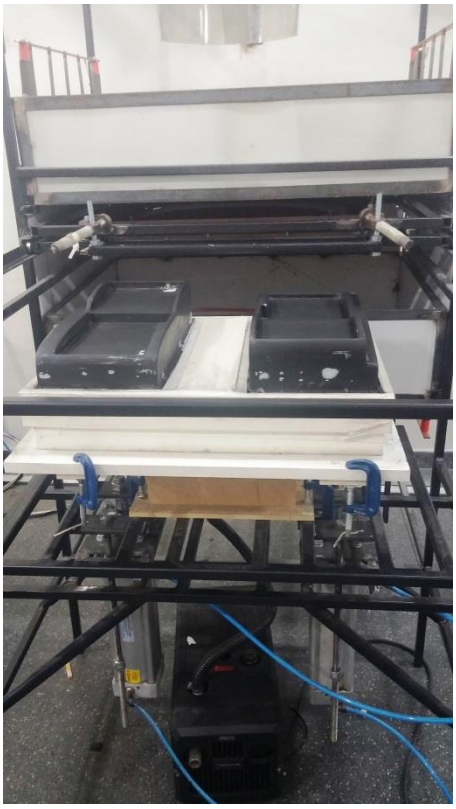


Figura 7. Molde negativo para Termomoldagem.

- Aumento do número de moldes por chapa de moldagem térmica, visando o aumento de produtividade e eficiência de consumo de matéria-prima (Figura 8).

Figura 8. Chapa plástica moldada a partir de 2 moldes.

Apesar dos avanços da redução de desperdício de matéria-prima a Termomoldagem ainda é um processo que gera muitas sobras após o processo (Figura 9).

Figura 9. Sobras do processo de Termomoldagem.

No tópico 3.4. o gerenciamento das sobras plásticas será relato com mais detalhes.

- Corte a laser:

Equipamento utilizado para corte de materiais de engenharia, é configurado por um conjunto de equipamentos e peças que trabalham de maneira sincronizada: o Controller (computador); o raio laser e a Mesa XY. A ferramenta de corte é a parte do sistema que executa a tarefa de corte no material alvo, dirigida pelo Controller, ela se movimenta sobre a mesa XY efetuando combinações de linhas de corte retas e curvas que conformam a peça final (Figuras 10 e 11).

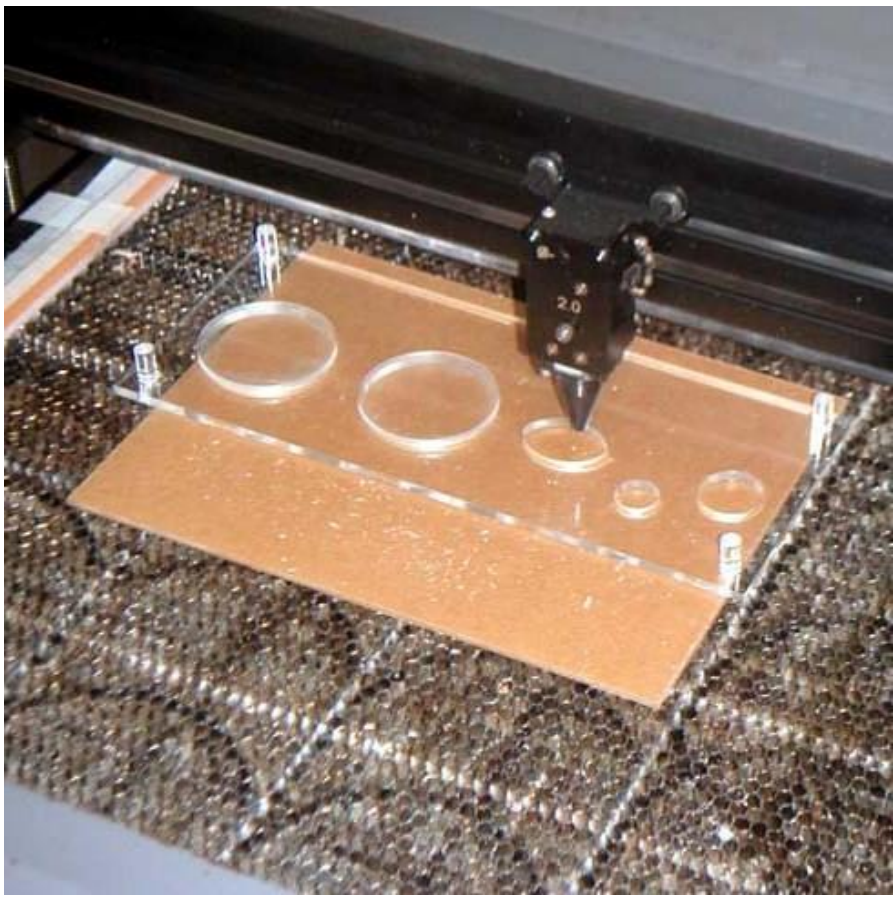


Figura 10. Corte de Acrílico á laser.

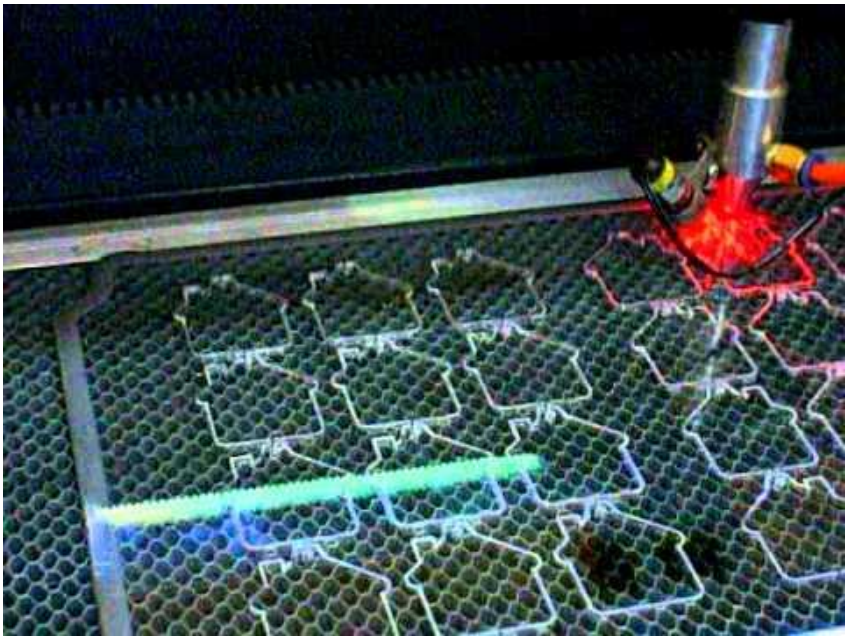


Figura 11. Corte de Poliestireno á laser.

A aquisição do equipamento foi investimento recente da empresa, o objetivo deste foi oferecer aos clientes um corte mais preciso das chapas plásticas, assim como uma maior aplicabilidade em novos produtos. A máquina de corte a laser agregou a Ms Acrylic a oportunidade de trabalhar um novo portfólio de produto, o processo também gera uma menor quantidade de sobra em relação a Termomoldagem, pois a mesa XY acarreta um maior aproveitamento da área da chapa plástica.

3.4. Dinâmica de mercado dos Plásticos reciclados

Após as melhorias de processo da produção industrial, a MS Acrylic desenvolveu com seus fornecedores um comércio não só do material virgem mas também do material reciclado. Para entender como esse mercado dos materiais reciclados funciona será apresentado a seguir três exemplos de tipos de plásticos e como se dá a dinâmica de compra e venda dos mesmos.

3.4.1. Acrílico

O material Acrílico (Figura 12) possui características como versatilidade, durabilidade, ótima estabilidade dimensional, as quais fazem do acrílico uma escolha certeira para a fabricação de peças de testes e de proteção de máquinas (Figura 13). De acordo com uma pesquisa realizada pelo Instituto Nacional para o Desenvolvimento do Acrílico (Indac), o mercado de peças técnicas, como por exemplo, displays e expositores, representa em torno de 15% do consumo de chapas acrílicas no Brasil, o equivalente a 130 toneladas de chapas ao mês.

Figura 12. Chapas de acrílico (Indac, 2016).

Material	Características
Acrílico	✓ Cristalino, transparente, atingindo 92% de transmissão de luz; ✓ Duro, rígido e resistente; ✓ Excelente resistência à radiação UV e às intempéries; ✓ Boa resistência química; ✓ Excelente moldabilidade na termoformagem; ✓ Infinitas possibilidades de cores (transparentes, translúcidas e opacas); ✓ Atóxico: segurança total quando em contato com alimentos; ✓ Boa resistência à quebra, sem tendência à fragmentação;

Figura 13. Características do Acrílico (Indac, 2016).

A produção das peças em acrílico na Ms Acrylic é tida no equipamento de corte a laser, assim o aproveitamento do lote chega a 95%, acarretando na geração de apenas 5% de sobra, da qual não se pode mais extrair peças de tamanhos viáveis. Logo para 1 ton de acrílico adquirida, 0,05 ton são consideradas como “resíduo industrial”. Em um cenário

ultrapassado esse resíduo seria acondicionado em local interno na empresa até que uma parceria com empresas de coleta de resíduos terceirizadas fosse realizada. No entanto, com a reciclagem plástica e a logística reversa o próprio fornecedor retira o material da MS Acrylic, inserindo novamente o material no processo de fabricação das chapas acrílicas.

A MS Acrylic não somente se abstém do complexo gerenciamento de resíduos como também tem a oportunidade de recuperar o investimento realizado na compra do material, pois o fornecedor homologado para reciclagem paga à MS Acrylic entre R$ 1,50 a R$ 2,50 pelo kg desses resíduos, existe ainda uma bonificação por fazer parte desta cadeia , a cada 8 kg de sucata de acrílico puro ou reciclado retornado a empresa fornecedora a empresa ganha 1 kg de acrílico reciclado com custo zero.

3.4.2. Pet

O Polietileno Tereftalato (PET) (Figura 14) trata-se de um polímero termoplástico que reúne características como transparência, brilho, maior leveza e segurança (Figura 15), o PET transformou-se rapidamente na embalagem ideal para as indústrias de bebidas de todo o mundo, reduzindo os custos de transporte, tornando estes produtos muito mais baratos e acessíveis ao consumidor. O principal consumidor do PET pós-consumo são as indústrias de artefatos plásticos, que utilizam o material em forma de chapas para a confecção de formas, manequins e uma infinidade de embalagens (SERRAPLAST, 2016).

Figura 14. PET.

Material	Características
PET	✓ Excelente brilho na superfície / Tenacidade ✓ Resistente aos solventes e corrosão / Durável, ✓ Difícil de quebrar / Permite a confecção de dobradiças duráveis / Incinerável, reciclável e regranulável/ Ciclo de conformação mais rápido ✓ Excelente resistência à flexão ✓ Resistência mecânica ao impacto / Permite a selagem em cartão ou papel / Dobra a frio ✓ Ideal para silk e sign.

Figura 15. Característica do PET.

A MS Acrylic utiliza o PET em forma de chapas, para a confecção de formas, móveis e uma infinidade de embalagens feita através de termomodelagem (Figura 16). Nesse processo a sobra de material pode atingir cerca até 40% do material trabalhado.

Figura 16. Termomoldagem de embalagem PET.

A cadeia de suprimentos reversa também se aplica para o PET, no entanto o volume de material gerado é maior e mais leve que a sobra de acrílico, o que diferenciou a logística dos processos. Para que o fornecedor colete os resíduos de PET é necessário que o descarte tenha um peso mínimo de 1 ton, assim o fornecedor não obtém prejuízo. Esse peso mínimo, no entanto pode conter resíduos PET de diversas cores e brilhos, a única exigência é a correta separação dos mesmos.

Assim para cada 1 ton adquirida de PET, 400 kg de resíduos são gerados no processo de termomoldagem. Nesse caso, o fornecedor não paga pelo preço do kg do material reciclado, pois seria muito um valor elevado, ao invés disso o resíduos de PET passam pelo processo de laminação plástica descrita anteriormente.

Ainda na cadeia reversa de suprimentos a MS Acrylic tem a oportunidade de comprar o próprio resíduos plástico laminado, por um valor referente apenas a mão de obra desse procedimento (R$ 4,00/kg). Acrescentando ainda que a cada 300 kgs de PET puro ou reciclado a empresa fornecedora, a MS Acrylic ganha 25% de desconto em 1 ton em nova compra.

3.4.3. Poliestireno

Poliestireno (Figura 17) é um polímero feito do monômero estireno, em temperatura ambiente o poliestireno é normalmente um termoplástico sólido, mas que pode ser fundido a altas temperaturas para moldagem ou extrusão, e volto a solidificar. O poliestireno é um plástico sólido incolor com flexibilidade limitada, pode ser moldado entre moldes com detalhes finos (Figura 18). Comumente usado na produção de jogos de armar plásticos, talheres plásticos, caixas para CD, e muitos outros objetos onde um plástico razoavelmente rígido e econômico (Neototal, 2016).

Figura 17. Poliestireno.

Material	Características
Poliestireno	✓ Boa relação custo-benefício ; ✓ Apesar de ser um material rígido, possui boa moldabilidade e flexibilidade ; ✓ Material com boa estabilidade dimensional; ✓ Pequena absorção de umidade; ✓ Destinado exclusivamente a aplicações internas, pois não possui proteção UV; Pode ser facilmente dobrado ou moldado quando quente;

Figura 18. Características do Poliestireno.

Na termomoldagem do poliestireno pode sobrar até 30% de material puro. O retorno do material pela cadeia reversa de suprimentos se dá de maneira similar ao PET. Assim um pedido de 1 ton de poliestireno é convertido em 600 kg de poduto, enquanto que 300 kg retornam para o fornecedor, passa pelo processo de laminação e volta a Ms Acrylic por um preço inferior a compra do material puro. As empresas fornecedoras também incentivam o retorno desses materiais por meio de ações como, a cada 1000 kgs enviado para reciclagem empresa fornecedora concede a MS Acrylic 50% de desconto em 1 ton na próxima compra.

4. Resultados e Conclusão

Autores e pesquisadores relatam como uma boa administração da cadeia reversa de suprimentos acarreta em grandes economias. No entanto, um dos maiores empecilhos está na falta de integração da logística reversa, o que se configura exatamente a barreira superada pela MS Acrylic e seus fornecedores, uma vez que a coordenação logística entre as empresas passou a ser integrada. Quando as empresas investem neste aspecto elas garante bons resultados para o futuro, tanto para si como para todos envolvidos.

Resultados diretos agregados à MS Acrylic como consequência da geração nula de resíduos:

- Redução do desperdício de recursos naturais;
- Marketing e Comunicação consciente;
- Destinação correta dos resíduos;
- Antecipação a restrições legais e naturais futuras;
- Redução de custos de matéria prima;

Os tópicos a seguir quantificam os resultados alcançados.

4.1. Análise quantitativa financeira

Tem-se que anualmente a Ms Acrylic trabalha com cerca de 24 ton de material plástico, dos quais 12 ton são referentes ao acrílico, 6 ton aos PET e as 6 ton restante ao poliestireno. Considerando as porcentagens de sobra de cada material nos procedimento de moldagem, a produção de 19,2 ton/ano de produto gera 4,8 ton/ano de resíduos plástico industrial (Figura 19), e uma perda de 25% do investimento em matéria prima.

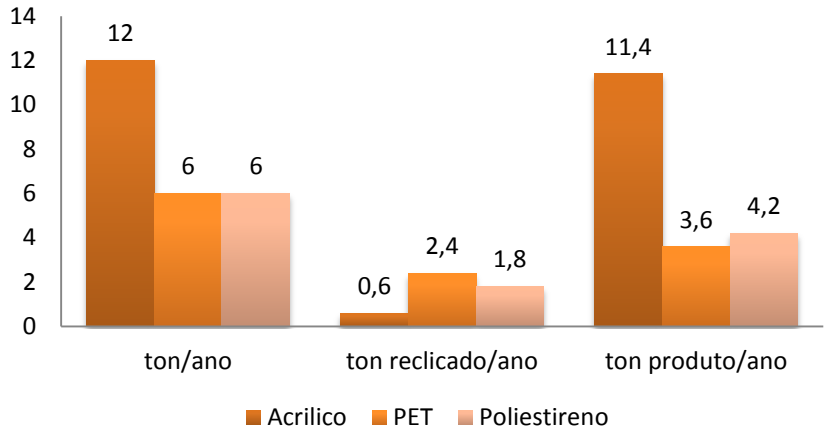


Figura 19. Comparativo de quantidades plásticas trabalhadas na MS Acrylic.

Com o aprimoramento dos processos indústrias e a adoção do mercado de reciclados, as 4,8 ton de matéria-prima voltam para as fabricas de fornecedores e retornam para a cadeia produtiva do plástico. Assim para cada material a MS Acrylic recuperou os 25% investimentos perdidos em proporções distintas para cada tipo de plástico reciclado, seguem análises a seguir:

Para o Acrílico, as 12 ton compradas anualmente representariam um custo anual de R$ 252 mil, se a compra fosse exclusivamente de material virgem. Com o retorno de 5% do material para o fornecedor somado o benefício atrelado (a cada 8 kg retornados ganha 1 kg de acrílico reciclado com custo zero e a venda dos 5%), as mesmas 12 ton adquiridas acarretam um custo anuam de R$ 192 mil, reduzindo em 23,81% o custo do material acrílico por ano (Figura 20).

Plástico	ton/ano	R$ investido	R$/ton
Acrílico virgem	12	252 mil	21 mil
Acrílico reciclado	12	192 mil	16 mil

Figura 20. Análise financeira do acrílico reciclado.

Em relação ao PET, a compra de 6 ton/ ano de material virgem gira em torno de R$ 66 mil de investimento, enquanto que para o material reciclado a mesma quantia custa R$ 48 mil, uma vez que 300 kg de PET reciclado retornado a empresa fornecedora a MS ganha 25% de desconto em 1 ton em nova compra. O ganho econômico neste caso chegou a 27,27% (Figura 21).

Plástico	ton/ano	R$ investido	R$/ton
PET virgem	6	66 mil	11 mil
PET reciclado	6	48 mil	8 mil

Figura 21. Análise financeira do PET reciclado.

Enfim para o Poliestireno, um ano de material virgem (6 ton) necessita de investimento aproximado de R$ 72 mil, mas o beneficio oferecido pela empresa fornecedora para retornar as sobras e adquirir material reciclado é estimulante, pois a cada 1 ton a Ms Acrylic ganha 50% de desconto na compra da próxima 1 ton (Figura 22). Portando, a redução anual de custos com poliestireno foi de 50%.

Plástico	ton/ano	R$ investido	R$/ton
Poliestireno virgem	6	72 mil	12 mil
Poliestireno reciclado	6	36 mil	6 mil

Figura 22. Análise financeira do Poliestireno reciclado.

É importante ressaltar que as reduções de custos apresentadas não são relativas somente ao baixo valor do material reciclado com o material virgem, mas sim consequência das dinâmicas de mercado que entre Ms Acrylic e fornecedores. Essa dinâmica concretiza os benefícios da economia circular do plástico e sua efetividade com a sustentabilidade desse mercado.

Num panorama geral a empresa com pouco investimento alterou em 1/3 o custo anual com matéria-prima, reduzindo de R$ 390 mil (material virgem) para R$ 196 mil, quando aderiu a cadeia reversa de suprimentos plásticos. O custo benefício para as empresas é extremante grande, pois o material tem praticamente as mesmas características de um material novo, com a vantagem de ser reciclado muitas vezes ainda sem perder sua qualidade. A implementação deste sistema refletiu em vantagens competitivas para a Ms Acrylic, ao nível de menores custos e melhoria de serviço ao consumidor.

4.3. Análise ambiental

O presente trabalho relatou como as sobras do processo de produção tornaram-se um subproduto por meio de dinâmicas de mercado e cadeia reversa de suprimentos, permitindo a recuperação, tanto quanto possível, de valor, econômico e ecológico, dos produtos, componentes e materiais circulantes dessa cadeia. A metodologia apresentada atrelou ao meio ambiente ganhos ambientais como, a redução da quantidade de resíduos sólidos, a economia de matéria-prima e energia, e o aumento da vida útil dos lixões.

Em um panorama geral a empresa MS Acrylic qualificou o crescimento e reconciliou o desenvolvimento econômico com a necessidade de se preservar o meio ambiente, passando a atuar num modelo de economia moderna e sustentável na qual a natureza é incorporada como o terceiro fator de produção. Assim agregou-se aos valores da empresa o comprometimento com o Desenvolvimento Sustentável, onde a natureza é a base necessária e indispensável da economia moderna, bem como das vidas das gerações presentes e futuras (Sperandio & Gaspar, 2009).

5. Projetos Futuros

5.1. Ecodesign

Conforme relatado no item 2.3 a empresa está em processo de implantação de normas que irão fortalecer as ações de gestão ambiental, assim a presente melhoria não será a única empresa durante sua jornada. Um exemplo de projetos que está por vir é a reutilização de objetos por meio do Ecodesign junto a moldagem plástica, a figura a seguir representa uma peça descartada pelo fabricante devido a um incêndio, e o resultado da customização do barril pela equipe MS Acrylic.

Figura 23. Barril com Ecodesign.

6. Referências

Ambiplast. (Acessado Em 2016). Http://Www.Ambiplast.Pt/.

Blackburn, J. D. (2004). Reverse Supply Chains For Commercial Returns. *California Managent Review, V. 46, N. 2*, 421-430.

Canotilho, J. J. (2010). O Princípio Da Sustentabilidade Como Princípio Estruturante Do Direito Constitucional. *Revista De Estudos Politécnicos Vol Viii, Nº 13*, 007-018.

Faria, A. C., & Pereira, R. S. (2012). O Processo De Logística Reversa De Embalagens De Agrotóxicos: Um Estudo De Caso Sobre O Inpev. *Organizações Rurais E Agroindústriais, V. 14, N. 1, P.*, 127-141.

Forlin, F. J., & Faria, J. A. (2002). Considerações Sobre A Reciclagem De Embalagens Plásticas. *Polímeros: Ciência E Tecnologia, Vol. 12, Nº 1*, 1-10.

Leite, W. O., Nigri, E. M., Faria, P. E., Oliveria, R. D., & Rubio, J. C. (2010). Cenário De Manufatura Integrada: Fabricação De Moldes Para Peças Plásticas Termo-Moldadas. *Encontro Nacional De Engenharia De Produção*.

Mariano, J. B. (2001). Impactos Ambientais Do Refino De Petróleo . *Tese Submetida Ao Corpo Docente Da Coordenação Dos Programas De Pós-Graduação De Engenharia Da Universidade Federal Do Rio De Janeiro* .

Mercado, A., & Córdova, K. (2005). Desarrollo Sustentable - Industria: Más Controversias Menos Respuestas. *Ambiente & Sociedade. Vol 8, N. 1*.

Moura, L. A. (2011). *Qualidade E Gestão Ambiental.* São Paulo: Del Rey.

Rodolfo, J. R. (2006). Tecnologia Do Pvc. 2ª Ed. São Paulo. *Proeditores: Braskem*.

Silva, A. L., & Moraes, J. A. (2010). Proposta De Uma Matriz Para Avaliação De Impactos Ambientais Em Uma Indústria Plástica. *Encontro Nacional De Engenharia De Producao*.

Sperandio, S. A., & Gaspar, M. A. (2009). Gestão Socioambiental Em Empresas Industriais. *Rev. Adm. Ufsm, Santa Maria, V. 2, N. 1*, 21-40.

Spinacé, M. A., & Paoli, M. A. (2004). A Tecnologia Da Reciclagem De Polímeros. *Química Nova, Campinas, Sp, V. 28, N. 1*, 65-72.

Tenório, F. A. (2014). Redes De Logística Reversa: Um Estudo Do Canal Reverso De Reciclagem Na Indústria Do Plástico. *Race, Unoesc, V. 13, N. 1, P*, 353-382.