

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

**ANÁLISE DE UMA TECNOLOGIA SOCIAL DE RECICLAGEM
MECÂNICA IMPLANTADA NO CENTRO DE TRIAGEM DE
NOVA HARTZ**

Cassandra Dalle Mulle Santos

Porto Alegre

Dezembro, 2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

**ANÁLISE DE UMA TECNOLOGIA SOCIAL DE RECICLAGEM
MECÂNICA IMPLANTADA NO CENTRO DE TRIAGEM DE
NOVA HARTZ**

Cassandra Dalle Mulle Santos

Estudo apresentado como requisito parcial à
obtenção do grau de Engenheiro Químico na
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Orientadores:

Prof. Dr. Assis Francisco de Castilhos

Prof. Dr. Nilo Sérgio Medeiros Cardozo

Porto Alegre

Dezembro, 2010

Agradecimentos:

Agradeço aos meus pais pelos momentos de aprendizado, pela luta ao longo da vida para que eu pudesse estar realizando mais este objetivo..

Agradeço aos meus amigos e familiares, pelos momentos de carinho e compreensão para que esse trabalho fosse realizado

Agradeço a Empresa KB Beneficiamento de Couros, nas pessoas de Rodrigo e Raquel pela oportunidade de aprendizado e crescimento.

Agradeço ao professor Assis e ao professor Nilo pelas correções, auxílio e críticas. Sem eles este trabalho, não teria se realizado.

E por fim, agradeço à população brasileira, por me oportunizar uma educação pública, gratuita e de qualidade.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo principal analisar, por meio de um estudo de caso específico, alguns dos diferentes fatores envolvidos no desenvolvimento e aplicação de tecnologias sociais. O estudo de caso escolhido foi o processo de reciclagem mecânica do Centro de Triagem de Nova Hartz. Escolheu-se três pontos específicos a serem discutidos: análise e proposta de otimização do processo, medida da eficiência e eficácia do processo de reciclagem e análise do impacto econômico e social da tecnologia implantada. Para análise do problema, realizaram-se duas bateladas: a primeira de polipropileno (PP) e a segunda de polietileno de alta densidade (PEAD). Na otimização do processo analisou-se cada uma de suas etapas e propôs-se soluções para cada um dos problemas encontrados. Foram identificados problemas nas seguintes etapas do processo: triagem, batedor, tanque, esteira, secador e ciclone. Quanto às medidas de eficiência, mediu-se a quantidade de material processado pelo tempo de processo. Os resultados obtidos foram $123,5 \text{ kg.h}^{-1}$ para batelada de PP e $161,87 \text{ kg.h}^{-1}$ para batelada de PEAD. Quanto às medidas de eficácia, avaliou-se dois parâmetros: umidade e contaminação. Os resultados de umidade obtidos foram 0,548% para a batelada de PP e 0,143% para a batelada de PEAD. Na análise de corpos de prova injetados, para ambas as bateladas foram encontrados pontos de contaminação dispersos e pequenos. A análise econômica e social mostrou que, com a implementação da tecnologia social no local, houve aumento de renda para os trabalhadores do mesmo, e que essa implementação promove uma reflexão das próprias pessoas participantes sobre sua condição. Além disso, constatou-se que existe a possibilidade de ampliação do número de funcionários no local e que a planta possui capacidade para atender também a outros municípios próximos na região. Do ponto de vista técnico, conclui-se que, apesar da planta funcionar dentro de níveis adequados de eficiência e eficácia, ainda existem muitos aspectos a serem melhorados com relação a alguns pontos específicos do processo estudado. Foi possível verificar, também, a relevância de uma das características inerentes das tecnologias sociais que é a necessidade de buscar soluções que contemplem, simultaneamente, fatores técnicos, sociais e relativos ao nível de formação dos agentes envolvidos.

Palavras-chaves: Tecnologias Sociais, PEAD, PP, Centro de Triagem, RSU

SUMÁRIO

Capítulo 1. Introdução	1
Capítulo 2. Revisão Bibliográfica	2
2.1 Panorama da produção e destinação de RSU no Brasil.....	2
2.2. Inserção dos catadores e recicladores na cadeia dos RSU.....	3
2.3 Dados estatísticos sobre a destinação dos plásticos advindos do RSU	4
2.4. Tecnologias Sociais	7
2.5. Descrição do processo utilizado como base para o estudo de caso realizado no presente trabalho	10
2.5.1 A triagem.....	11
2.5.2 Moinho de facas	12
2.5.3. Batedor transportador tipo espinha de peixe	13
2.5.4. Tanque	14
2.5.5. Esteira	14
2.5.6. Secador-lavador.	15
2.5.7. Secador.....	15
2.5.8. Ciclone	16
2.5.9. Segundo Moinho de Facas.....	16
2.5.10. Gaiola.....	16
2.5.11. Aglutinador	16
2.5.12. Ensaque	17
Capítulo 3. Metodologia.....	18
3.1. Materiais Analisados	18
3.2. Análise preliminar e otimização da tecnologia social implantada.....	19
3.3. Medida da eficiência do processo	20
3.4. Medida da eficácia do processo	20
3.4.1 Umidade	20
3.4.2. Contaminação	21
3.5. Análise preliminar do impacto econômico e social da tecnologia implantada .	21

Capítulo 4. Resultados e Discussões	22
4.1. Análise preliminar e otimização da tecnologia social implantada.....	22
4.1.1. Problemas na triagem.....	22
4.1.2. Batedor.....	24
4.1.3. Tanque	24
4.1.4. Esteira	26
4.1.5. Secador.....	27
4.1.6. Ciclone	27
4.1.7. Observações sobre a batelada de PP transparente.....	28
4.2. Eficiência do processo	29
4.3. Eficácia do processo	29
4.3.1. Umidade.....	30
4.3.2. Contaminação	31
4.4. Análise preliminar do impacto econômico e social da tecnologia implantada .	33
4.4.1. Econômica.....	33
4.4.2 Social	34
Conclusão	35
Referências Bibliográficas	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Comparação da Geração de RSU no Brasil nos anos de 2008 e 2009.	2
Figura 2.2 – Destinação final de RSU no ano de 2009 no estado do Rio Grande do Sul.	3
Figura 2.3 – Perfil dos plásticos encontrados nos resíduos advindos da Coleta Seletiva.....	5
Figura 2.4 – Evolução do consumo de plásticos reciclados no Brasil.....	5
Figura 2.5 – Comparação entre os preços vendidos pelo centro de triagem, e compra pela indústria de transformação.	6
Figura 2.6 – Comparativo entre o preço de compra do resíduo plástico pós-consumo e o resíduo industrial.....	6
Figura 2.7 – Preço de venda dos plásticos reciclados.....	7
Figura 2.8 – Fluxograma representativo de agregação de valor na cadeia de fornecimento do plástico.....	7
Figura 2.9 – Esquema básicos dos parceiros do projeto.....	9
Figura 2.10 – Fluxograma do processo.....	10
Figura 2.11 – Diagrama esquemático da classificação de diferentes artigos na seção de triagem.....	11
Figura 2.12 – (A) e (B) Processo de triagem Manual no CT de Nova Hartz; (C) Potes de margarina de PP	12
Figura 2.13 – Alimentação manual do Moinho de facas.....	13
Figura 2.14 – Tanque do processo de reciclagem mecânica. A direita encontra-se o agitador, e a esquerda a esteira.....	14
Figura 2.15 – Lavador/Secador do processo.....	15
Figura 3.1 - Amostras dos materiais contidos na primeira batelada, PP transparente.....	18
Figura 3.2 - Amostras dos materiais contidos na segunda batelada, PEAD branco	19
Figura 4.1 – Frascos de detergente	22
Figura 4.2 – Identificação contida em frasco encontrado no Centro de triagem	23
Figura 4.3 – Agitador, antes e após o tanque estar cheio	24
Figura 4.4 – Tanque do Processo	24
Figura 4.5 – (A) Vista lateral da esteira; (B) Material encontrado no ponto de acúmulo da esquerda; (C) Comparação da granulometria do material saído do processo e retido nos pontos de acúmulo; (D) Pontos de acúmulo entre o tanque e a esteira.....	25
Figura 4.6 – (A) Acúmulo de espuma na entrada da esteira; (B) Vazamento de espuma e produto do tanque; (C) Tanque após o encerramento da batelada de PEAD	26
Figura 4.7 – Visão superior da esteira.....	27
Figura 4.8 – Visão inferior do Secador do processo.....	27

Figura 4.9 – (A) Ciclone; (B) Visão do material fora da caixa de recebimento do ciclone; (C) Visão do aparador na saída do ciclone.....	28
Figura 4.10 – Plástico saído do primeiro moinho de facas (A) PP transparente e (C) PEAD branco. Plástico saído do segundo moinho de facas (B) PP transparente e (D) PEAD branco.....	29
Figura 4.11 –Corpos de prova de PP. (A) a (E)–Corpos de prova de PP reciclado. (F) corpo de prova PP Virgem.....	31
Figura 4.12 – Corpos de prova de PEAD: (A) PEAD reciclado com pigmento; (B) a (E) PEAD reciclado sem pigmento; (F) PEAD Virgem.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Coleta e geração do RSU no estado do Rio Grande do Sul no ano de 2009.....	3
---	---

LISTA DE ABREVIATURAS

RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
TS	Tecnologia Social
PP	Polipropileno
PEAD	Polietileno de Alta densidade
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PELBD	Polietileno Leve de Baixa Densidade
PVC	Policloreto de Vinila
OS	Poliestireno
PET	Polietileno Tereftalato
COOPERVALE	Cooperativa de Recicladores Nascente do Vale

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO

Dentre os resíduos gerados pela humanidade, os resíduos sólidos urbanos (RSU), constituídos pelo lixo domiciliar doméstico, comercial e público são responsáveis, quase em sua totalidade, pelo fornecimento da cadeia produtiva de reciclagem. A necessidade de muitas pessoas, que tiveram oportunidades menores, de se sustentar, encontrando uma atividade que gerasse renda e a necessidade de haver outros meios para tratar o RSU gerado, que não fossem os aterros, propiciaram o desenvolvimento de toda uma cadeia produtiva de reciclagem de plásticos no país.

No Brasil cerca de 1 milhão de toneladas de plástico rígido e filme foram produzidos (CEMPRE, 2007), e destes apenas 21,2%, reciclados. Este número só não é menor, graças ao trabalho de Associações e Cooperativas de catadores de rua, Centros de Triagem e Recicladoras, que fazem o papel de recicladores deste material.

Dentro deste contexto estão as Tecnologias Sociais (TS), que são propostas inovadoras de desenvolvimento em termos de produtos, técnicas, processos ou metodologias construídas com a interação da comunidade, incentivos fiscais públicos e privados e conhecimento desenvolvido nas instituições educacionais (FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL, 2010). Cada uma dessas partes possui o seu papel para que essas propostas tornem-se viáveis e tenham efeito significativo sobre a realidade econômica e social da comunidade envolvida.

Este trabalho, apresenta um caso específico deste tipo de tecnologia social. O objetivo principal será analisar, alguns dos diferentes fatores envolvidos no desenvolvimento e aplicação de tecnologias sociais. O caso específico estudado é uma planta de reciclagem mecânica de polipropileno (PP) e polietileno de alta e baixa densidade (PEAD e PEBD, respectivamente) implantado no Centro de Triagem de Nova Hartz.

Por serem diversos os fatores envolvidos em um projeto como esse, escolheu-se três pontos específicos a serem discutidos:

- ✓ análise e proposta preliminar de otimização do processo
- ✓ medida da eficiência e eficácia do processo de reciclagem
- ✓ análise preliminar do impacto econômico e social da tecnologia implantada

CAPÍTULO 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Panorama da produção e destinação de RSU no Brasil

Segundo dados do Panorama de Resíduos Sólidos do Brasil da ALBREPE de 2009 (ALBREPE, 2009), a geração de RSU chegou a 57 milhões de toneladas por ano, em contrapartida a cerca de 53 milhões em 2008, como pode se ver na Figura 2.1, apesar de a população ter crescido somente 1% neste período.

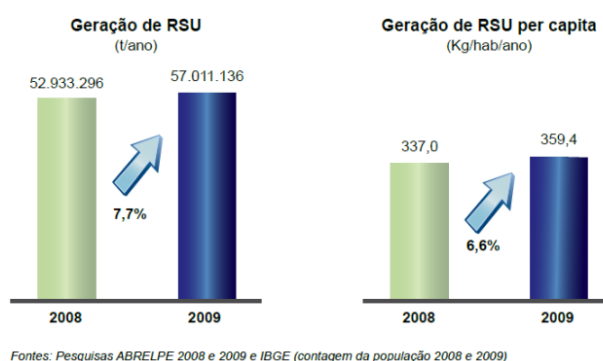


Figura 2.1 – Comparação da Geração de RSU no Brasil nos anos de 2008 e 2009.

Segundo a PNSB 2008 (IBGE, 2008), o manejo dos resíduos sólidos (que inclui coleta e destinação final do lixo e limpeza pública) passou a existir em 100% dos municípios, já a ALBREPE (2009) afirma que 88,15% do RSU é coletado.

Além disso, a ALBREPE aponta que 58,8% do RSU coletado é destinado de forma adequada (aterros sanitários), enquanto que o PNSB afirma que 27,7% possuem esse destino. Os aterros sanitários¹ são a destinação correta para esse resíduo, além dela, o destino do lixo pode ser aterros controlados², ou lixões (vazadouros a céu aberto)

Dos 5.565 municípios do país, 56,6% possuem alguma iniciativa de coleta seletiva (ALBREPE, 2009), em ações que englobam desde a coleta promovida pelas prefeituras até postos de entrega voluntária e/ou convênios com cooperativas de catadores.

De acordo com a ALBREPE (2009), em relação à Região Sul tem-se os seguintes dados: são coletados diariamente cerca de 17.800 toneladas e gerados 19.600 t/dia; 76,6%

¹ Aterros sanitários consistem em “disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos;” (Cap. II, Art. 3 Inciso VIII da Lei 12305 de 02 agosto 2010)

² Aterros controlados consistem na forma de destinação final do lixo que está entre o conceito de Lixão e Aterro Sanitário. Os resíduos sólidos são cobertos por uma camada de material inerte. Reduz os impactos ambientais, mas não é a técnica ideal. (CEMPRE, 1995)

dos municípios possuem alguma iniciativa de coleta seletiva; 69,1% do RSU gerado é destinado corretamente; os municípios gastam 822 milhões/ano em coleta do RSU e geram cerca de 34.200 empregos diretos no setor de limpeza urbana. Por outro lado, a Região Sul, aumentou em 12,1% o índice per capita de geração de RSU entre 2008 e 2009, apresentando quase o dobro do crescimento frente ao resto do país. A Tabela 2.1 e a Figura 2.2 mostram o panorama do RSU no Estado do Rio Grande do Sul em 2009.

Tabela 2.1 - Coleta e geração do RSU no estado do Rio Grande do Sul no ano de 2009.

UF	População Urbana 2009 (hab)	RSU Coletado por Habitante (kg/hab./dia)	RSU Coletado (t/dia)	RSU Gerado (t/dia)
RS	8.844.368	0,770	6.808	7.412

Fontes: Pesquisa ABRELPE 2009, PNAD (2001 a 2008) e IBGE (contagem da população 2009)



Figura 2.2 – Destinação final de RSU no ano de 2009 no estado do Rio Grande do Sul.

Como se pode notar, o Rio Grande do Sul produz uma média de geração de RSU por dia menor do que a população brasileira, porém apresenta o índice de aterro sanitário abaixo da média da Região Sul.

2.2. Inserção dos catadores e recicladores na cadeia dos RSU

Um aspecto relevante na cadeia dos resíduos urbanos, o qual é específico de países como o Brasil, é o papel desempenhado pelos catadores. Os catadores, como se percebe no dia-dia, são aquelas pessoas que nas ruas ou em aterros e lixões, recolhem a parcela do RSU correspondente a materiais recicláveis não orgânicos, e os vendem a recicladoras. O material coletado é constituído, principalmente, de metal, plástico, papel e vidro.

Ao mesmo tempo em que tem ocorrido o crescimento da economia informal representada pelas atividades dos catadores, paralelamente ao crescimento da geração de resíduos sólidos urbanos, observa-se alterações na estrutura da cadeia produtiva dos RSU.

Percebe-se a inserção de novos agentes nesta estrutura, tais como as cooperativas de catadores, os centros de triagem, além da mudança no perfil das recicladoras já existentes, conforme pesquisa realizada (MAXIQUIM, 2009).

As associações de catadores de rua são constituídas de trabalhadores que recebem o material coletado por estes agentes nas ruas e o revendem de acordo com o tipo de material (plástico, vidro, papel, etc...). Os Centros de Triagem localizam-se dentro dos aterros sanitários da cidade, ou em regiões urbanas com elevados índices de pobreza e exclusão social. Os CT's recebem diretamente o RSU advindo da coleta seletiva e, em alguns casos, também resíduos da coleta não seletiva, tratando estes resíduos somente nas etapas primárias da reciclagem: triagem e acondicionamento (enfardamento, ensacamento), conforme a forma demandada para a comercialização.

As Recicladoras são empresas que recebem o material tanto dos CT's quanto das cooperativas e fazem a reciclagem destes materiais recebidos, revendendo então para empresas produtoras de artigos plásticos. Há, ainda, a figura da empresa de aparas, as quais "atravessam" a comercialização entre as associações de catadores de rua e de centros de triagem, devido às dificuldades de comercialização em escala, resolvendo assim, um problema de logística. Entretanto, este agente "atravessador", como é geralmente denominado, pouco agrega valor aos materiais, mas agrega considerável custo às recicladoras.

Os Centros de Triagem se localizam junto ao aterro sanitário, geralmente em convênio com o poder público municipal, e neste os recicladores (trabalhadores do CT) separam manualmente todo o RSU que ali chega. Os materiais descartados vão então para o aterro. Outra consequência favorável dessa localização é a questão do tratamento do efluente gerado pelas etapas de lavagem e descontaminação no processo de reciclagem dos plásticos. Por localizar-se junto ao aterro, o qual já possui tratamento do chorume³, o CT não precisa preocupar-se com esse fator, pois as instalações para tratamento deste podem ser utilizadas para o tratamento do efluente líquido da reciclagem.

2.3 Dados estatísticos sobre a destinação dos plásticos advindos do RSU

³ O chorume é um líquido escuro contendo alta carga poluidora, o que pode ocasionar diversos efeitos sobre o meio ambiente. O potencial de impacto deste efluente está relacionado com a alta concentração de matéria orgânica, reduzida biodegradabilidade, presença de metais pesados e de substâncias recalcitrantes, isto é, não biodegradáveis (CEMPRE, 1995).

De acordo com CempreCiclossoft2010 (CEMPRE, 2010), os plásticos são 19,5 % em massa do lixo coletado na Coleta Seletiva. Dentro dessa quantidade de plásticos oriundos da Coleta Seletiva, a incidência dos diferentes tipos de resinas é apresentada na Figura 2.3.

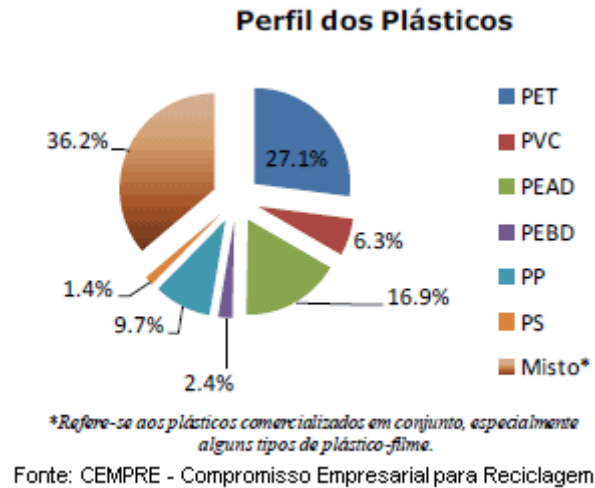


Figura 2.3 – Perfil dos plásticos encontrados nos resíduos advindos da Coleta Seletiva

Existem diversas formas de fazer a reciclagem desse material, uma delas é a reciclagem mecânica, que é a opção tecnológica utilizada no processo analisado no presente trabalho, como forma de aumentar o valor agregado de resíduos plásticos.

Segundo a Panorama 2009, existem no Rio Grande do Sul, cerca de 88 empresas recicladoras, equivalentes a 11.3% do total de empresas desse tipo no Brasil. A Figura 2.4 apresenta a evolução de consumo de plástico reciclados do Brasil de 2003 a 2007.

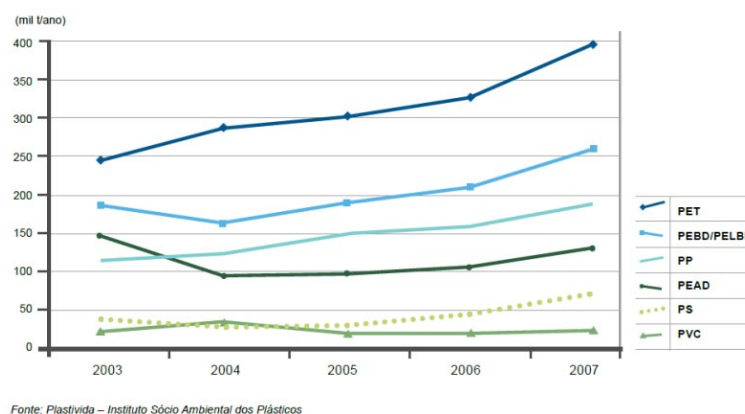
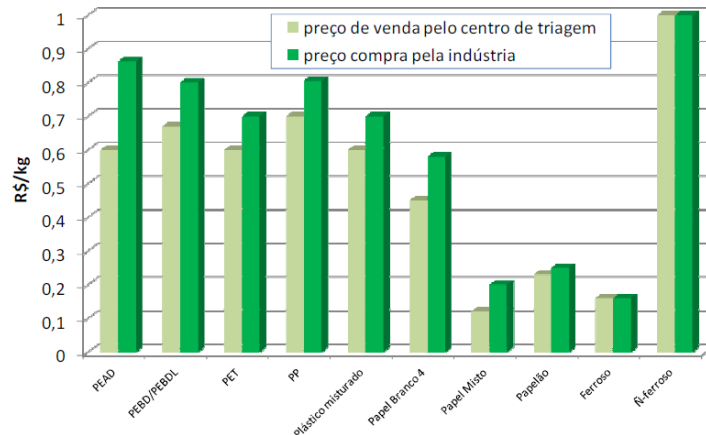


Figura 2.4 – Evolução do consumo de plásticos reciclados no Brasil.

O plástico reciclado pode ser comercializado principalmente das seguintes formas: moído, pellet, produto acabado e aglutinado. As empresas consumidoras desse material, na sua maioria (85%), compram o material triado e fazem o processo de reciclagem do mesmo, 7% compram-no aglutinado e 3% o moído (MAXIQUIM, 2009). A Figura 2.5 apresenta o

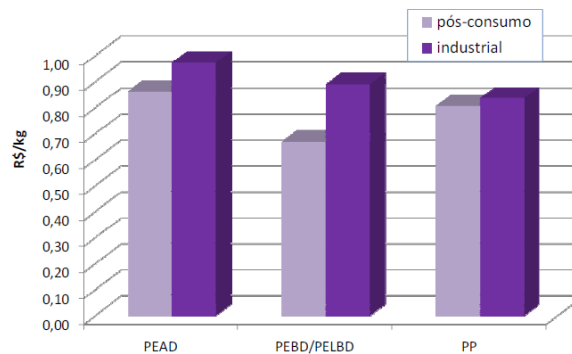
valor de comercialização dos plásticos pós-consumo, sendo que a diferença entre o valor vendido e o comprado, se deve ao valor a mais cobrado pelos intermediários (ou atravessadores), que na maioria das vezes apenas fazem o papel de revenda do produto, sem adicionar valor agregado.



Fonte: MaxiQuim Assessoria de Mercado, 2009.

Figura 2.5 – Comparação entre os preços vendidos pelo centro de triagem e compra pela indústria de transformação.

Na Figura 2.6 observa-se que o resíduo plástico industrial apresenta um maior preço, por possuir menor grau de sujidade e menor grau de contaminação. Por grau de contaminação entende-se a presença de outros plásticos que não aquele que se pretende comercializar. Por exemplo, venda de PEAD, com contaminação de PP.

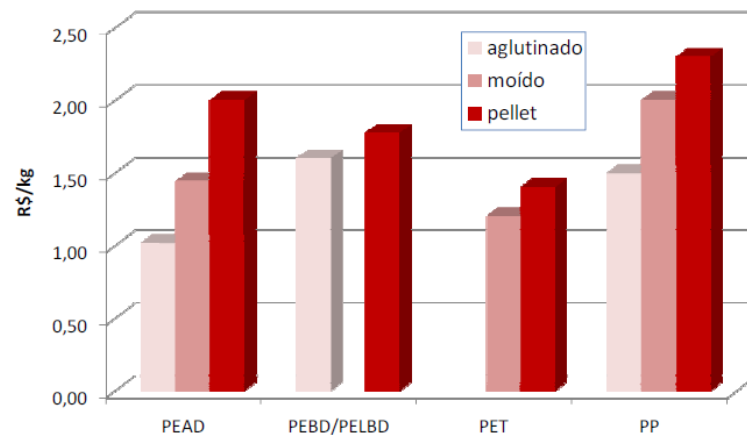


Fonte: MaxiQuim Assessoria de Mercado, 2009.

Figura 2.6 – Comparativo entre o preço de compra do resíduo plástico pós-consumo e o resíduo industrial

E, por último, na Figura 2.7 podemos ver os preços de venda dos plásticos que passam por um processo de reciclagem mecânica pós-consumo, ou seja, já possuem valor agregado. Apesar de o *pellet* possuir o maior preço de venda, as empresas recicladoras, na

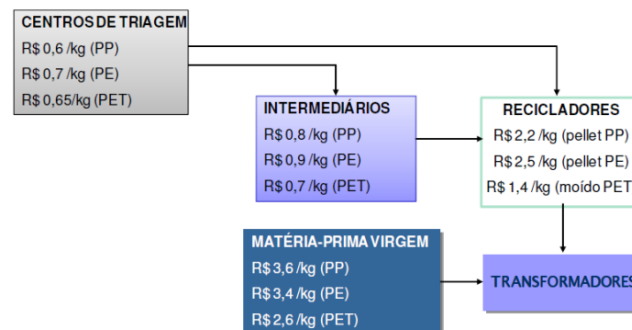
sua maioria, não chegam a este processo de transformação, pois se o fizessem, estariam entrando em outro nicho de mercado, competindo com os produtores de matéria-virgem.



Fonte: MaxiQuim Assessoria de Mercado, 2009.

Figura 2.7– Preço de venda dos plásticos reciclados.

Finalmente, apresenta-se na Figura 2.8 um fluxograma que mostra a agregação de valor na cadeia de fornecimento de plástico, para alguns dos plásticos comercializados. Ele apresenta também comparativo de valor entre a matéria-virgem e o pós-consumo.



Nota: Preços de venda referentes a setembro-novembro, 2009.

Fonte: MaxiQuim Assessoria de Mercado, 2009.

Figura 2.8 – Fluxograma representativo de agregação de valor na cadeia de fornecimento do plástico.

2.4. Tecnologias Sociais

Segundo descrito pela Fundação Banco do Brasil (2010), as tecnologias sociais (TS) podem ser definidas da seguinte maneira: “Tecnologia Social compreende produtos, técnicas ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que representem efetivas soluções de transformação social. O conceito remete para uma proposta inovadora de desenvolvimento, considerando a participação coletiva no processo de organização, desenvolvimento e implementação. Está baseado na disseminação de

soluções para problemas voltados às demandas de alimentação, educação, energia, habitação, renda, recursos hídricos, saúde, meio ambiente, dentre outras.”

As TS`s aliam o conhecimento prático da comunidade, recursos públicos e privados e o conhecimento técnico - científico das Instituições de Ensino. Um dos fatores importantes para que um projeto se torne uma TS é a possibilidade da reprodutibilidade da mesma. Estas podem ser idéias simples, como o soro caseiro (mistura de água, sal e açúcar, que combatem a desidratação), até as cisternas pré-moldadas, que servem como reservatório de água para a região do Semi-Árido brasileiro.

A maioria das Tecnologias Sociais existentes no nosso país nasce dentro da comunidade atingida, com a cultura popular e o desejo de melhorar de vida, essas comunidades desenvolvem soluções para os problemas que lhes aflige. Por na maioria das vezes não possuem recursos ou o conhecimento para aprimoramento máximo do processo, inserem-se as outras 3 peças chaves para que isso aconteça. As instituições educacionais observam o processo que está sendo realizado nesta comunidade, e através do conhecimento, otimizam o processo e promovem a capacitação desses trabalhadores. A iniciativa privada e a pública entram com os recursos necessários para o melhoramento dessa tecnologia e a disseminação e implementação das mesmas em outros lugares, ou seja, as TS`s arranjam-se como projetos embrionários para programas de políticas públicas.

O projeto COOPERVALE – Cooperativa de Recicladores Nascente do Vale (CT de Nova Hartz) é resultado de desenvolvimento de Tecnologia Social em reciclagem de plásticos e de sua transferência para ambientes de Economia Solidária⁴. Este projeto está contextualizado na Rede de Parceria Social, a qual consiste em uma política pública da Secretaria de Justiça e Desenvolvimento Social do RS (SJDS, 2010). Esta rede tem um recorte de parceiros conforme o esquema abaixo (Figura 2.9).

4 “Compreende-se por economia solidária o conjunto de atividades econômicas de produção, distribuição, consumo, poupança e crédito, organizadas sob a forma de autogestão” (SENAES)

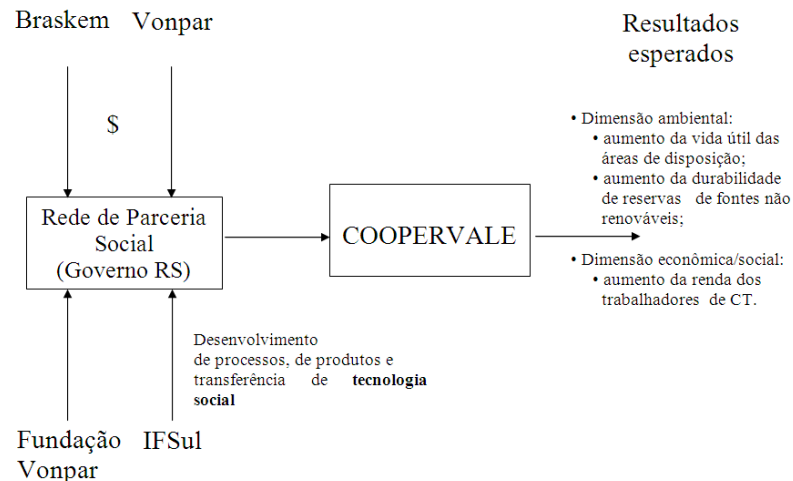


Figura 2.9 – Esquema básico dos parceiros do projeto

Neste contexto, o IFSul Rio-Grandense, através do Campus de Sapucaia do Sul, vem desenvolvendo estudos no campo da tecnologia da reciclagem de plásticos com a finalidade de transferi-la na forma de Tecnologia Social para centros de triagem de RSU. Para o projeto COOPERVALE foram investidos em compra de equipamentos o equivalente a R\$ 127.000,00.

Esta Tecnologia Social começou primeiramente no Centro de Triagem de Dois Irmãos, onde o IFSUL desenvolveu capacitações e atividades de melhoria na planta de reciclagem de plásticos. O histórico de desemprego destes trabalhadores se confunde com a crise do setor coureiro-calçadista nas décadas de 80 e 90. Entretanto, a percepção deste grupo de trabalhadores, com forte influência das estruturas produtivas de origem, permitiu que eles percebessem formas de agregar valor aos materiais plásticos triados e enfardados, através de adição de etapas posteriores do processo de reciclagem. Através de um processo de autogestão, estes trabalhadores desenvolveram a planta atual com as mesmas características de etapas daquela instalada na COOPERVALE. No processo de aprendizagem buscaram parceiros, como o IFSUL, para auxiliar na avaliação de equipamentos e no desenvolvimento de processos. Os recursos obtidos pelos trabalhadores de Dois Irmãos foram oriundos de fundos próprios e da iniciativa privada.

Os resultados sociais, econômicos e ambientais do CT de Dois Irmãos inspiraram e vem inspirando diversos projetos e políticas públicas estaduais. Neste contexto é que se encontram os investimentos de empresas como Braskem SA e Vonpar Refrescos AS e o governo estadual, através da Rede de Parcerias Sociais, investimentos estes que contemplam o projeto para a COOPERVALE.

2.5. Descrição do processo utilizado como base para o estudo de caso realizado no presente trabalho

A tecnologia social implantada no Centro de Triagem de Nova Hartz pode ser representada esquematicamente pela Figura 2.10.

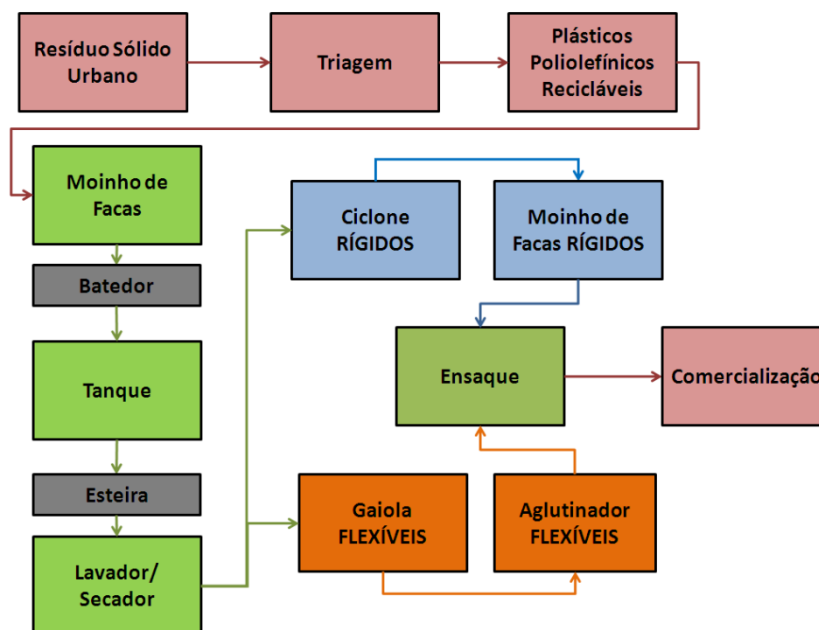


Figura 2.10 – Fluxograma do processo

Ela se constitui basicamente da moagem, limpeza⁵, descontaminação⁶, secagem e adensamento dos materiais previamente separados na parte de triagem. É importante salientar que a tecnologia implementada teve de se adaptar ao layout que já existia no galpão. O espaço onde a tecnologia foi colocada, não é o espaço ideal para operacionalização desta. O tanque utilizado no processo, também já existia. O processo de implantação foi desenvolvido com a premissa de adaptar a tecnologia ao ambiente já existente. A seguir, descreve-se as partes e funcionamento das mesmas no processo.

⁵ Define-se, neste trabalho, limpeza como sendo o processo de eliminação de resíduos aderidos aos plásticos e que não sejam constituídos por materiais poliméricos.

⁶ Define-se, neste trabalho, descontaminação como sendo o processo de eliminação de resíduos plásticos diferentes daqueles que se deseja que façam parte do item separado. Por exemplo, rótulos de PVC plastificado em frascos de PEAD.

2.5.1 A triagem

A matéria-prima do processo se constitui de duas fontes principais: material advindo da coleta seletiva (resíduo pós-consumo segregado na origem) e da coleta domiciliar (resíduo pós-consumo doméstico misturado). Há duas esteiras em funcionamento: uma para cada um dos tipos de lixo acima descritos. Nestas duas esteiras o lixo é separado manualmente pelos catadores. Os itens encontrados são separados principalmente por classe de material, *design* do produto e identificação da matéria constituinte⁷. Por classe de material, separa-se em metal, plástico, papel, papelão e vidro. Na classe dos plásticos, por exemplo, os mesmos são separados de acordo com o *design* do produto (rígido ou flexível, cor, propriedade mecânicas, etc...) e utilizando-se a classificação segundo a norma ABNT NBR 13230. Para maior compreensão apresenta-se abaixo um diagrama da separação pelos diferentes artigos de plástico (Figura 2.11). Este diagrama apresenta algumas das classificações possíveis, apenas para maior compreensão.

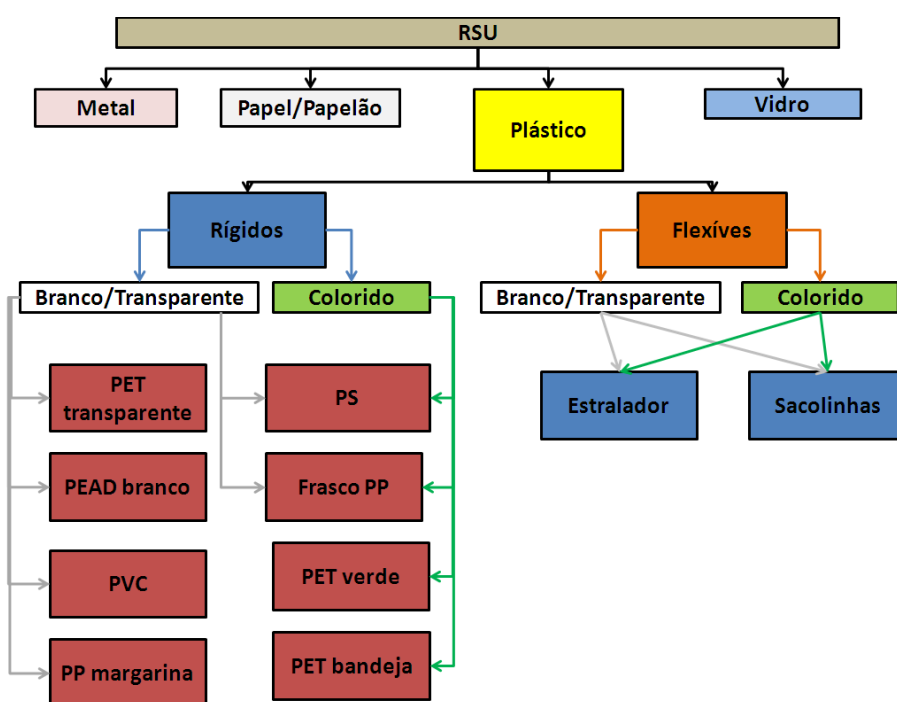


Figura 2.11 – Diagrama esquemático da classificação de diferentes artigos na seção de triagem

Os catadores da maioria dos CT's sabem que certos produtos, com tipos específicos de *design* se constituem do mesmo tipo de plástico. Dessa forma, eles passam a agrupá-los

⁷ Símbolos de identificação dos materiais plásticos segundo a norma ABNT NBR 13230 (Associação Brasileira de Norma Técnicas – ABNT. NBR 13230: simbologia indicativa de reciclabilidade e identificação de materiais plásticos. Rio de Janeiro, 8p. (2006).

em itens para a venda. Disso resulta que, apesar de a maior parte dos resíduos termoplásticos serem constituídos pelos seis principais *commodities*⁸, ocorram cerca de 18 tipos diferentes de itens separados, tais como “Frasco de PP Transparente”, “Frasco colorido”, “PEAD leitoso”, “PEAD colorido”(CEFET, 2004).

A separação por matéria constituinte se dá quando os catadores percebem que produtos com *design* iguais (e oriundos de nichos de mercados definidos – bandejas de PET e PVC, potes de PP, frascos de alvejantes em PEAD, etc..) são feitos pelo mesmo plástico e os separam automaticamente no mesmo tipo. Existe um conhecimento intrínseco dos trabalhadores nestes ambientes; ou seja, eles separam dessa forma, mas não entendem o por que é assim, porém sabem que dessa forma estarão atendendo as condições para a comercialização. Um dos exemplos é o fato de eles saberem que em embalagens de garrafinhas de água, não encontrarão PS, ou que não existem filmes de PS. Na Figura 2.12, apresentam-se as condições em que é feito o processo de triagem, e uma das classificações separadas. Neste exemplo, são potes de margarina de PP.



Figura 2.12 – (A) e (B) Processo de triagem manual no CT de Nova Hartz; (C) Potes de margarina de PP.

2.5.2 Moinho de facas

O primeiro moinho de facas do processo tem por função moer o material em uma granulometria maior, para tanto a peneira deste equipamento tem abertura de 40 mm de diâmetro. A alimentação desse moinho é feita manualmente pelo catador, na parte superior (cuba) como pode ser visto na Figura 2.13.

⁸ Poli(etileno tereftalato) (PET), polietileno de alta densidade (PEAD), poli(cloreto de vinila) (PVC), polietileno de baixa densidade (PEBD), polipropileno (PP) e poliestireno (PS).



Figura 2.13 – Alimentação manual do Moinho de facas

O material é transportado contínua e automaticamente por gravidade para dentro da câmara de moagem. A moagem ocorre entre as facas móveis fixadas no rotor e as facas fixas na carcaça. Os principais tipos de tensões impostas ao material durante a moagem são as tensões que resultam do cisalhamento e do impacto. A granulometria final é determinada pelo diâmetro dos furos da peneira e pelo comportamento mecânico dos materiais nas condições impostas durante o processo. A descarga do material ocorre na parte inferior, havendo o fluxo direto para o batedor por gravidade. O equipamento mói o material auxiliado por fluxo de água. A água é transportada por uma bomba até o moinho. A moagem com auxílio de um fluxo de água permite aumentar a eficácia na limpeza do material. A água também permite que a temperatura na câmara de moagem não se eleve devido ao atrito. Um aumento na temperatura dos plásticos pode facilitar a adesão de pequenos grãos de areia ou metais na superfície dos mesmos. Estes materiais geralmente ficam aprisionados devido à contração dos plásticos ao entrarem em contato com a água do tanque de limpeza e descontaminação. Além disso, os plásticos ao serem aquecidos diminuem sua capacidade de se romper através de mecanismo por fratura frágil, diminuindo a capacidade produtiva.

2.5.3. Batedor transportador tipo espinha de peixe

O batedor recebe o material vindo do moinho e o transporta para o tanque por um sistema constituído por um eixo giratório e por aletas fixadas nestes, denominado de “espinha de peixe”. Esse sistema transporta o material para frente através de sua rotação, friccionando-o contra as paredes do tubo em que se movimenta concentricamente. Este movimento ocorre de forma semi imersa na água do tanque, promove fluxo turbulento no sentido longitudinal do mesmo. Este fluxo promove o transporte do material sobrenadante (menos denso do que a água) em direção à esteira de captação no lado oposto à moagem.

Neste sistema ocorre, além do transporte, um aumento na eficácia de limpeza do material plástico.

2.5.4. Tanque

O tanque utilizado no processo já existia no local. Ele possui as dimensões internas de 108 mm de largura, 300 mm de comprimento e 100 mm de profundidade. A tecnologia implantada no galpão veio a se adaptar a ele, como já dito anteriormente. Ele possui a função de limpar o material que entra no moinho, separar qualquer tipo de contaminante por diferença de densidade que por ventura não tenha sido separado no passo da triagem e transportar o material para o próximo passo do processo. Ocorre descontaminação do material ao entrar no tanque, devido à turbulência promovida. Além disso, a descontaminação do material pode se dar também dependendo do tipo de material selecionado previamente. Se o material a ser processado se constituir de embalagens para materiais de limpeza, ocorre a formação de espuma e entram no tanque substâncias que promovem a descontaminação do material, promovendo a limpeza do mesmo. A separação por diferença de densidade se dá ao longo do tanque, conforme o material vai sendo transportado, materiais mais densos, tais como PET e PVC, depositam-se ao longo do tempo no fundo. Finalmente, o transporte se dá através da turbulência promovida pelo agitador até o final do tanque. O material sobrenadante, por ser menos denso do que a água, é recolhido pelas pás da esteira que se encontram no final do tanque, como mostra a Figura 2.14.



Figura 2.14 – Tanque do processo de reciclagem mecânica. À direita encontra-se o agitador, e à esquerda a esteira.

2.5.5. Esteira

A esteira tem por função fazer o transporte do tanque para o secador- lavador. Ela foi colocada de forma diagonal para o melhor transporte do material. As pás transportadoras, vão arrastando o material até o topo e em movimento circular voltam para recolher os

próximos materiais contidos no tanque. Ao chegar ao topo da esteira o material é transportado por queda livre para o bocal de alimentação do lavador-secador.

2.5.6. Secador-lavador.

O secador-lavador é colocado diagonalmente e o material cai na ponta mais baixa da máquina. Através de pás rotativas em seu eixo central ele promove a secagem por centrifugação do material. As aletas também promovem o deslocamento do material no sentido do topo do aparelho. Lateralmente estão conectados tubos plásticos (Figura 2.15) para a entrada de água, caso haja necessidade de aumentar a eficácia de limpeza do material, se a mesma não tenha ocorrido de forma satisfatória durante a passagem pelo tanque. Isto pode ocorrer para materiais com elevado grau de sujidade, dentre estes estão principalmente, aqueles advindos de coleta não seletiva.



Figura 2.15 – Lavador/Secador do processo.

O equipamento é constituído pelo eixo tipo espinha-de-peixe concêntrico a um tubo de aço galvanizado e perfurado, o que permite a retirada e escoamento da água retida no material moído. Além disso, materiais celulósicos que ainda persistem em acompanhar o material moído tendem a ser expulsos pelas aberturas, devido aos mecanismos desenvolvidos internamente ao secador. Entretanto, pode haver perda de material plástico moído, cuja granulometria seja inferior aquela presente no tubo. Esse material deve ser posteriormente recolhido e adicionado novamente ao tanque, ou se as partículas são muito pequenas, são levados ao aglutinador e, após, ensaque e comercialização do produto.

2.5.7. Secador

Funciona da mesma forma que o Lavador Secador, com a exceção de que não possui as entradas de água. A função de um segundo secador no processo é aumentar a eficácia na secagem do material. Após o fluxo do material por este secador, o mesmo é

transportado por um sistema pneumático acionado por uma turbina. Este sistema transporta o material moído ou para o ciclone, se for proveniente de plásticos rígidos, ou para um reservatório denominado de “gaiola”, no caso dos flexíveis.

2.5.8. Ciclone

Utilizado para o caso dos materiais rígidos, recebe o material transportado do secador. O funcionamento do ciclone baseia-se na separação de sólidos num fluxo gasoso por efeito centrífugo. Assim, os materiais mais pesados vão para o fundo e materiais leves, como contaminantes flexíveis, saem pelo topo. Os materiais do fundo são recolhidos em um caixote e os flexíveis atualmente acabam saindo também pelo fundo por não haver uma tubulação que promova a saída do mesmo pelo topo.

2.5.9. Segundo Moinho de Facas

Este moinho tem descrição semelhante ao moinho apresentado na Seção 2.4.2. Ele tem por função diminuir a granulometria do material moído e desumidificado para que o mesmo obtenha as especificações granulométricas necessárias para a comercialização. A peneira desse moinho tem furação com diâmetro de 11 mm. O motivo pelo qual não se mói o material desde o começo com esta especificação é para tornar a limpeza e secagem do material mais eficaz durante as etapas anteriores do processo. Ao entrar no primeiro moinho e estipular uma granulometria maior, qualquer contaminação por metais, papel e outros materiais não plásticos passam diretamente pelas peneiras, diminuindo assim a manutenção das facas. Além disso, ao passar pelo tanque, esses materiais ficam retidos, evitando que essa contaminação chegue ao final do processo. Nos secadores, devido a distribuição granulométrica apresentar-se maior, há uma maior secagem dos mesmos, além de reduzir as perdas do material pelos orifícios que há nestes equipamentos, aumentando, assim, a produtividade do processo.

2.5.10. Gaiola

Segunda via de transporte de material, este reservatório recebe e armazena o material de flexíveis que fluem do secador. O equipamento armazena o material vindo dos secadores para posterior aglutinação.

2.5.11. Aglutinador

A aglutinação é feita para os filmes plásticos com o objetivo de tornar o material mais adensado, isto é, com uma densidade aparente maior, possibilitando um melhor escoamento gravitacional nos funis de alimentação dos equipamentos de transformação de plásticos. O aglutinador também tem a função de retirar a umidade residual do material,

pois, através de facas giratórias na base do mesmo, há o desenvolvimento de elevados campos friccionais, o que eleva a temperatura próxima do ponto de amolecimento do polímero. Nesta condição térmica, as partículas do material aderem-se, promovendo a formação de grãos adensados.

2.5.12. Ensaque

O material depois de moído, lavado, descontaminado, secado e/ou adensado é ensacado em sacos de rafia, com capacidade de 25 kg/saco, e a partir deste comercializado.

CAPÍTULO 3. METODOLOGIA

3.1. Materiais Analisados

No CT onde foi realizado o presente estudo de caso, os recicladores comercializam todos os materiais potencialmente recicláveis: metal, papel, plástico e vidro. Também comercializam todas as categorias de plástico já citados nesse trabalho. Esses materiais são separados na triagem, prensados e vendidos. Porém o PP, PEAD, e PEBD, passam pela reciclagem mecânica dentro do Centro de Triagem. Foram feitas duas bateladas distintas para esse processo. A primeira trata-se de PP transparente e a segunda de PEAD branco. Aqui, reduz-se a utilizar o PP e o PEAD rígido como forma de representar o comportamento do processo, e com essas observações melhorá-lo. Cada batelada constituiu-se de materiais previamente separados pelos próprios recicladores em um dos cerca de 18 tipos de material plástico na parte de triagem.

A Figura 3.1 apresenta amostras dos materiais contidos na primeira batelada. Como se pode notar nesta figura, o *design* dos materiais contidos varia bastante, porém percebe-se que em maior quantidade, copos plásticos transparentes de 200 mL, oriundos de processos de transformação por extrusão/termoformagem. As garrafas de bebidas alcoólicas também são uma parte representativa. Frascos de doces e alimentos, como requeijão, que contêm alimentos gordurosos, acabam saindo do processo com algum nível de gordura, porém, nesse caso, foi observado qualitativamente que a lavagem foi satisfatória.



Figura 3.1 - Amostras dos materiais contidos na primeira batelada, PP transparente.

Os materiais entram no processo contínuo através de alimentação manual por parte de um dos catadores e deslocam-se mecanicamente até o final do processo.

A amostragem da segunda batelada pode ser vista na Figura 3.2. Como pode ser verificado, esta batelada é constituída principalmente de frascos de material de limpeza como amaciantes e detergentes. Por este motivo, ao serem processados, há a adição de tensoativos ao tanque de limpeza e descontaminação. Isto proporciona um aumento na eficácia da limpeza e retirada da sujidade do material. Como os materiais na parte de triagem são separados basicamente por *design*, pode haver contaminação de outras poliolefinas, como o PP, através de itens que possuem o mesmo *design*.



Figura 3.2 - Amostras dos materiais contidos na segunda batelada, PEAD branco.

3.2. Análise preliminar e otimização da tecnologia social implantada

Através de observações de todas as etapas do processo, buscou-se, inicialmente, identificar quais seriam aquelas que apresentassem indicadores de redução da eficiência (gargalos) e da eficácia (qualidade) no sistema. Depois de identificados os problemas existentes, desenvolveu-se a etapa de análise das causas dos mesmos, estabelecendo, assim, um campo propício para a elaboração de propostas de soluções adaptadas à realidade socioeconômica existente.

Além disso, esse trabalho traz uma proposta qualitativa para o tanque utilizado no processo, caso posteriormente haja condições favoráveis à modificação da planta e construção de um tanque novo e adequado para as necessidades do projeto. É importante ressaltar também, que as propostas aqui desenvolvidas podem ser utilizadas na

implantação desta tecnologia social em outros centros de triagem, onde haja a possibilidade de construção de um tanque.

3.3. Medida da eficiência do processo

Por eficiência entende-se a relação entre os resultados obtidos e os recursos empregados. Para isto, mediu-se primeiramente o tempo do processo, com a utilização de um cronômetro, desde a alimentação do material na cuba do primeiro moinho de facas até a saída do material na caixa de recolhimento do ciclone. Não se mediu o tempo até o segundo moinho de facas, pois o mesmo não está em conformidade com o processo. Este moinho pode ser representado como outra batelada no mesmo processo, por não ter especificação de produtividade condizente com a linha. Conforme informações do coordenador do projeto isso ocorreu devido a limitações orçamentárias. A partir do primeiro moinho de facas, até a saída no ciclone, todo o processo é automatizado. Quando cai na caixa de contenção ele é colocado manualmente dentro do segundo moinho. Entende-se que não se deveria contar essa parte no processo, por não representar a eficiência real do mesmo, já que depende da disponibilidade de tempo dentro do centro para efetuar esta etapa.

Depois de finalizado o processo, pesou-se o material de saída em uma balança industrial com precisão de 0,1 kg. A partir desses dados, dividiu-se o valor da massa total de plástico processado (resultado obtido) pelo tempo (recurso utilizado) de processo, obtendo-se o índice de eficiência (produtividade).

Esse índice então foi comparado com o índice estipulado pelos fabricantes da produtividade do processo.

3.4. Medida da eficácia do processo

Por eficácia entende-se a relação entre os resultados obtidos e os parâmetros de controle desejados. Umidade e contaminação no produto final foram os parâmetros escolhidos como indicadores de eficácia.

3.4.1 Umidade

Coletou-se amostras diretamente do segundo moinho de facas e mediu-se *in loco* a umidade contida. Para isso, utilizou-se o equipamento Medidor de Umidade marca OHAUS. Modelo MB 45 com precisão de + ou - 0.01%. Neste equipamento utiliza-se cerca de 10 gramas do material recolhido sobre uma balança. A temperatura foi programada para 105 °C e por diferença de massa, calcula-se a quantidade de umidade contida, expressa em %. O tempo padrão para cada corrida foi de 10 min, porque verificou-se que a partir desse

tempo não havia mais variação significativa da resposta dada de umidade pelo mesmo. Deve-se também evitar um tempo maior, pois as condições do ambiente podem alterar a umidade da amostra dentro do aparelho.

Após esta etapa, produziram-se corpos de prova pelo processo de injeção. O equipamento utilizado para injeção foi uma Arburg 420 C, com capacidade de plastificação de 190 g de PS e força de fechamento de 100 toneladas. Foi injetado material oriundo de três sacos com, aproximadamente, 25 kg retirados aleatoriamente de cada batelada. Para estudo comparativo, utilizou-se como padrão resina virgem equivalente fornecida pela fabricante Braskem. A análise da influência da umidade, foi realizada pela comparação da superfície do corpo de prova injetado com aquele obtido com a resina virgem retirada diretamente da embalagem do fornecedor.

3.4.2. Contaminação

A contaminação pela presença de outros plásticos ou sujidade não eliminada durante o processamento foi realizada em amostras de corpos de prova injetados e comparadas, visualmente, com corpos de prova de resina virgem. A comparação visual foi feita com base na avaliação qualitativa com respeito à presença ou não de contaminantes nas peças, a quantidade presente, e a sua distribuição ao longo do corpo de prova.

3.5. Análise preliminar do impacto econômico e social da tecnologia implantada

Através de dados obtidos no CT de Nova Hartz e de dados obtidos no Centro de Triagem de Dois Irmãos, que possui a mesma tecnologia implantada, apresentou-se uma análise qualitativa sobre o impacto econômico da implementação para as famílias envolvidas no projeto. Além disso, discute-se também qual o impacto social do projeto, como essa tecnologia melhora a educação e a noção de mundo dos participantes, as relações de trabalho que constituem o projeto (economia solidária x economia convencional) e como esse projeto pode se estender para outros em situação similar na região.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Análise preliminar e otimização da tecnologia social implantada

4.1.1. Problemas na triagem

Um dos problemas identificados na triagem está relacionado ao fato de que há itens de diferentes tipos de resinas, mas com o mesmo *design*. É o que se pode notar na Figura 4.1, que apresenta dois frascos de amaciante, com o mesmo *design*, porém o da direita sendo feito com PEAD e o da esquerda com PP.



Figura 4.1 – Frascos de detergente

Na triagem eles acabam indo para o mesmo destino ocasionando a contaminação no processo (separação por *design*). Nesse caso, a diferença é perceptível, já que o PP possui a característica de ser mais translúcido que o PEAD. Essa diferenciação só é possível após treinamento desses catadores. Não basta, porém, treiná-los e apresentar cartilhas, o mais importante nas Tecnologias Sociais é que as pessoas constituintes desse processo se apropriem da Tecnologia e passem a entendê-la.

Outro problema encontrado é o fato de que nesse processo de triagem manual, muitos produtos que poderiam ser aproveitados tornam-se rejeito e são enviados para a disposição em aterros sanitários. Existem Centros de Reciclagem na Europa que utilizam técnicas de separação por infravermelho que separam automaticamente os diferentes tipos de resinas moídas, utilizando sensores espectroscópicos de identificação que classificam por tipo de plástico e também por cor. Porém, isso não seria economicamente viável em nosso país neste momento, por apresentar alto custo de compra e de manutenção.

Uma das formas de resolver esse problema começa pela separação adequada do lixo nos domicílios. Atualmente, na separação domiciliar a maioria das pessoas opta por separar o lixo seco, colocando no mesmo todos os tipos de materiais recicláveis e no orgânico tudo aquilo que não sabe como classificar, ou com sujidade aparentemente alta. O correto seria separar o lixo de 3 formas distintas: somente material orgânico (materiais putrecíveis, cascas, restos de alimentos, etc...), material seco (plástico, papéis, metais, etc.. independente de sua sujidade) e produtos tóxicos (pilhas, baterias, frascos de soda, óleo lubrificante, medicamentos, frascos de inseticidas, etc...). Com isso, os materiais orgânicos poderiam ir diretamente para aterros ou para compostagem e os produtos tóxicos para incineração e/ou lugares adequados, previstos em lei dependendo do tipo de elemento presente. Quanto aos materiais que a população não saberia como classificar, poderia ser colocado junto com o material seco, pois este passaria pela triagem nos CT's, fazendo com que aquilo que não foi classificado nas residências fosse disposto corretamente. Este procedimento facilitaria a separação pelos recicladores e, além disso, menos produtos iriam para aterros por apresentar alto grau de sujidade ou por não terem sido classificados. Outra forma da população auxiliar, seria através a limpeza dos frascos e materiais potencialmente recicláveis antes do descarte no lixo domiciliar.

Quanto às empresas que produzem esse material, deveria haver uma melhor identificação do tipo de plástico que constitui a embalagem. Atualmente, os símbolos são somente uma recomendação e alguns são colocados de forma pequena nas embalagens ou fornecem informações dúbias. É o caso apresentado na Figura 4.2, onde nota-se a impressão de 2 tipos de plásticos diferentes. Ao analisar o material através de um teste de chama, percebe-se que o mesmo tratava-se de PEAD.



Figura 4.2 – Identificação contida em frasco encontrado no Centro de Triagem.

4.1.2. Batedor

Como pode ser visto na Figura 4.3, o nível de água presente no tanque encobre parcialmente ou totalmente os mancais que suportam o eixo de agitação, esses elementos são constituídos de rolamentos, os quais nesse equipamento não estão isolados. Isso implica em contaminação com graxa e redução do tempo de vida útil do equipamento.



Figura 4.3 – Agitador, antes e após o tanque estar cheio.

4.1.3. Tanque

O principal problema de todo o processo encontra-se no tanque, que tem por principal finalidade promover a separação de contaminantes e a limpeza dos materiais. O tanque encontrado na CT de Nova Hartz é visivelmente pequeno para o processo. Apesar de ter 3 m de comprimento, tem apenas 1 m de comprimento útil de separação, com o restante estando ocupado pela esteira e pelo agitador (Figura 4.4).



Figura 4.4 – Tanque do Processo

Outro problema encontrado foi a instalação incorreta da esteira, como se pode observar na Figura 4.5 (A) e (B), o buraco localizado na lateral da esteira faz com que o

material que passa pelo tanque fique preso no outro compartimento, perdendo material no processo. A solução seria fechar este buraco. Outro fato é que a esteira está localizada em uma das extremidades do tanque, porém sem ir até o fundo do mesmo. Com isso algumas partículas do material acabam indo para parte de baixo da mesma e se acumulando ali (Figura 4.5 - D), gerando também perda de material. Uma das soluções propostas seria colocar uma barreira física, uma placa vertical, colocada no início da esteira até a base do tanque, para evitar que o material desloque-se nessa direção.



Figura 4.5 – (A) Vista lateral da esteira; (B) Material encontrado no ponto de acúmulo da esquerda; (C) Comparação da granulometria do material saído do processo e retido nos pontos de acúmulo; (D) Pontos de acúmulo entre o tanque e a esteira.

Outro problema do tanque está relacionado ao processamento de materiais advindos de embalagens de limpeza, como frascos de detergentes da batelada de PEAD. Apesar de a espuma formada nestes casos auxiliar na limpeza do material, diminuindo a sua sujidade, na configuração atual do tanque ocorre acúmulo excessivo de espuma, pelo fato de o tanque não apresentar comprimento suficiente, nem saída para a mesma. Quando isso ocorre, a água presente no tanque começa a vazar pelas laterais, causando perda de produto (Figura 4.6 B). Além disso por causa desse acúmulo, a espuma começa a impedir que o material entre na esteira (figura 4.6 A). Esse material ao não ser retirado, começa a se acumular no sentido da profundidade do tanque até chegar ao ponto de voltar no processo e retornar em direção ao baterdor, entupindo-o. Isto promove um aumento na amperagem do

mesmo que aciona o eixo tipo espinha-de-peixe, resultando em desarme do motor pelo sistema de proteção elétrica no painel de controle. Um redimensionamento do tanque pode reduzir este efeito. Como o *layout* atual não comporta um tanque mais longo, a possibilidade mais simples é a retirada manual dessa espuma, durante a batelada.

Notou-se também que ao terminar a batelada, devido ao excesso de espuma, muito material ficou retido no tanque (Figura 4.6 C), havendo a necessidade de retrabalho, ou seja, passar novamente pelo processo, em uma próxima batelada do mesmo tipo de material.



Figura 4.6 – (A) Acúmulo de espuma na entrada da esteira; (B) Vazamento de espuma e produto do tanque; (C) Tanque após o encerramento da batelada de PEAD

Um tanque adequado para o processo deveria ser constituído de dois tanques interligados. Na primeira metade do tanque, com um padrão de escoamento mais agitado, se promoveria a limpeza desse material (retirada da sujidade), após, colocar-se-ia um segundo tanque acoplado, ou o mesmo tanque com uma barreira física vertical, de forma a promover um escoamento com um padrão mais unidirecional e, com isso, promover a descontaminação do produto, através da diferença de densidade.

4.1.4. Esteira

Como pode ser percebido pela Figura 4.7, no caso do PEAD, ao chegar ao topo da esteira e ser largado no Secador/Lavador, o material bate no eixo com as pás existentes no secador e acaba sendo expulso para fora do processo, consequentemente havendo perdas. Uma das maneiras de se evitar isso seria colocar um aparador no topo da esteira, para que, dessa forma, ele bata e volte para o processo. Esse efeito foi observado somente para o caso do PEAD branco, isso se explica por este se constituir de um material mais rígido do que o PP.



Figura 4.7 – Visão superior da esteira.

4.1.5. Secador

Observou-se que ocorre perda do material pelos orifícios do secador. Isso se deve ao fato de haver partículas com diâmetro menor do que o do orifício do equipamento, de forma que o material acaba sendo expelido. Pode-se reduzir esse efeito aumentando o diâmetro do orifício da tela do moinho, entretanto, não se consegue eliminar completamente a produção de partículas pequenas. Assim, deve-se colocar um aparador abaixo do secador, e no final do mesmo uma cuba, que recolheria o material expelido. Esse material, deve ser, então retornado ao processo, colocado novamente no tanque ou levado diretamente para o final do mesmo, depois de lavado.



Figura 4.8 – Visão inferior do Secador do processo

É importante ressaltar que a saída do material pelos orifícios, nem sempre é de todo prejudicial, partículas como papel acabam saindo junto, descontaminando o produto.

4.1.6. Ciclone

O ciclone do CT está sendo mal utilizado. No topo observa-se a inserção de um saco no topo do ciclone (Figura 4.9 A) impedindo a saída de materiais mais leves. Com isso, os materiais flexíveis e mais leves que não ficam retidos na outra parte do processo acabam

caindo juntamente com os rígidos, promovendo contaminação. Deve-se colocar uma tubulação no topo, que leve esse material para outro recipiente que, após analisado, poderá ser aglutinado com filmes que possuem o mesmo tipo de plástico, que o que foi processado.

Na primeira batelada (PP transparente), na saída do ciclone, os materiais, ao caírem na caixa de recolhimento, devido a alta pressão, acabavam sendo expelidos para fora da mesma (Figura 4.9 B). Foi colocado, então, um aparador na saída para que o material fosse direcionado e não se espalhasse para fora do compartimento (Figura 4.9 C).



Figura 4.9 – (A) Ciclone; (B) Visão do material fora da caixa de recebimento do ciclone; (C) Visão do aparador na saída do ciclone.

4.1.7. Observações sobre a batelada de PP transparente

Foi observado que o PP transparente apresentou uma granulometria muito similar em ambos os moinhos (figura 4.10), além disso, ao chegar no final do ciclone, por ser constituído de material mais leve, acabou sendo expelido da caixa de recolhimento do ciclone em grande quantidade. Devido a todos estes fatores, o ideal é que esse tipo de material seja tratado como material flexível e não como rígido. Sendo, conseqüentemente, levado ao aglutinador para que aumente sua densidade aparente e possa obter a granulometria necessária para posteriores processos de injeção e extrusão. Abaixo mostra-se um comparativo entre as granulometrias obtidas, depois do primeiro e do segundo moinho, para ambas as bateladas observadas.



Figura 4.10 – Plástico saído do primeiro moinho de facas (A) PP transparente e (C) PEAD branco. Plástico saído do segundo moinho de facas (B) PP transparente e (D) PEAD branco.

4.2. Eficiência do processo

Para a batelada de PP transparente, o tempo de produção medido foi de 1 hora e 08 min, enquanto a quantidade de plástico produzido foi de aproximadamente 140 kg. Tem-se, portanto, uma eficiência de 123,5 kg/h de produto produzido.

Para a batelada de PEAD branco, o tempo de produção medido foi de 1 hora e 36 minutos, com uma a quantidade de plástico moído produzido de aproximadamente 259 kg. Tem-se assim, uma eficiência de 161,87 kg/h.

Sabe – se que a produção pode chegar até 300 kg/h para o PEAD frascos conforme o fabricante, sendo assim, tanto a batelada de PP quanto a de PEAD apresentam um rendimento bem abaixo do esperado. Isso ocorre pelo fato de os catadores não se encontrarem treinados para fazer o processo, além de todos os problemas apontados na parte 4.1 desse trabalho.

A diferença de eficiência entre o PP e o PEAD pode ser atribuída às perdas de finos durante o processo, que são mais acentuada para o PP, como foi discutido na Seção 4.1

4.3. Eficácia do processo

4.3.1. Umidade

Para o PP transparente foram coletadas 5 amostras para essa batelada, os resultados obtidos de umidade no produto foram de 0.54%, 0.5%, 0.42%, 0.16% 0.61% e 0.67%. Descartando o ponto de 0.16% e fazendo-se uma média aritmética das densidades medidas chega-se ao valor de 0.548% de umidade média do produto. O ponto que foi encontrado fora da curva pode ser atribuído ao fato de, no momento da coleta, o material não estar sendo apenas despejado na cuba de alimentação, mas forçado para dentro com o auxílio de um tubo de PVC, isso pode ter causado maior atrito, o que gera aumento da temperatura na câmara de moagem, diminuindo assim a umidade do material.

Para o PEAD branco foram coletadas 7 amostras para essa batelada, e os resultados obtidos foram 0.28%, 0.15%, 0.18%, 0.14%, 0.13%, 0.12%, 0.14%. Descartando o primeiro ponto coletado (0.28%) e fazendo-se a média aritmética das umidades medidas chega-se ao valor de 0,143% de umidade média do produto. O ponto descartado pode ter dado mais elevado por ser a primeira mostra. A temperatura dentro da carcaça do moinho ainda não havia aumentado devido ao atrito. O atrito dado pelas pás gera calor, aquecendo o material e diminuindo a umidade do mesmo.

Comparando ambos os valores, entre o PP transparente e o PEAD branco nota-se que há significativa diferença entre a umidade de ambos. Uma maior umidade pelo PP transparente pode ser devido ao comportamento flexível do material (PP) moído, o que faz com que algumas partículas compactem-se umas as outras dificultando o escoamento da água. Assim, ocorre o surgimento de caminhos preferenciais mais longos e inadequados para a retirada da umidade superficial por centrifugação, isto é, caminhos com direções normais à força centrífuga.

Como veremos a seguir, o material moído de PP após ser processado, apresenta tipologias retangulares, tipo tiras. Isto ocorre por efeito do conjunto de força as quais estão submetidos os itens moídos, associado ao fato de que estes itens, geralmente descartáveis termoformados, são materiais com elevado índice de alinhamentos moleculares devido ao processo de extrusão de que são oriundos (chapas) e ao sentido de estiramento durante a termoformagem. Isto favorece o surgimento de uma menor resistência ao rasgo em um sentido e maior em outro. A este fenômeno denomina-se anisotropia – propriedade dependente da orientação.

O PEAD apresenta uma forma mais próxima de grânulos, por ser de um material mais dúctil. Ao contrário do PP, que no *design* de copos plásticos acaba produzindo a característica de se desfiar, o PEAD quebra-se na passagem pelos moinhos.

Os resultados dos percentuais de umidade obtidos na faixa de 0,5 a 0,13% de umidade são aceitáveis para a comercialização, que tem como especificação entre 1 - 3 % de umidade no produto adquirido, segundo dados de fabricantes de resinas como a Braskem. É importante salientar que as amostras foram retiradas logo após o término do processo. Após, ensacadas em sacos de rafia e fechadas por costura dentro dos mesmos, elas são armazenadas dentro do galpão, em lugar seco, porém exposto ao ar, portanto, os índices de umidade dentro do saco tendem a ser menores do que os da saída da boca do moinho. Não representando portanto, problemas na especificação do mesmo.

4.3.2. Contaminação

A) PP transparente

Na Figura 4.11 mostra-se um comparativo entre a injeção com PP virgem e a injeção do material produzido pelo centro de triagem. Percebe-se nitidamente que o PP reciclado apresenta uma mudança de coloração expressiva com relação ao material virgem; isso se deve ao fato de haver contaminação por PP colorido, contaminação esta ocorrida durante a triagem (como mostrado na Figura 3.1 do capítulo anterior).

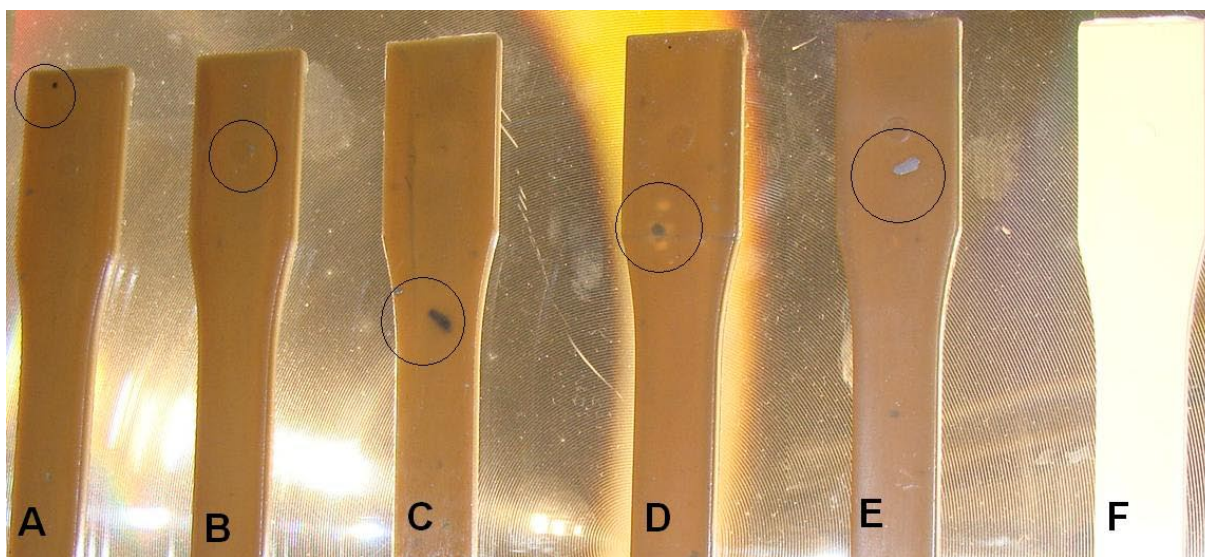


Figura 4.11 – Corpos de prova de PP. (A) a (E) – Corpos de prova de PP reciclado. (F) corpo de prova PP Virgem

Na Figura 4.11, nos corpos de prova (A), (B) (C) e (E) nota-se a contaminação de outros plásticos, relacionada, provavelmente, ao processo de triagem incorreto, aos rótulos de outros polímeros ou com filmes multicamadas contendo uma camada de alumínio. No corpo de prova (D) repara-se o aparecimento de bolhas de ar. Essas bolhas são provavelmente geradas por pedaços de celulose ainda presentes no produto moído ao serem injetados. Estes materiais carregam consigo umidade suficiente para produzirem uma

bolha no material durante a injeção, onde a água evapora, formando um espaço vazio dentro da peça.

Todos os corpos de prova feitos apresentaram algum tipo de contaminação, mas como pode se perceber na Figura 4.11, essa contaminação se apresenta como pontos relativamente dispersos e pequenos.

É importante salientar que para a injeção dessas peças fez-se necessário preparar o material moído através do processo de aglutinação. Devido à granulometria do material final, como explicado na Seção 4.1.7, procedeu-se à aglutinação do material para que este apresentasse comportamento de fluxo gravitacional adequado no funil de alimentação da injetora. O material foi processado no aglutinador durante 23 minutos. Apesar de ter havido redução da umidade inicial, o material injetado, após ser reprocessado no aglutinador, apresentou a formação de bolhas. Entretanto, entende-se que as bolhas (Figura 4.11 D) não ocorreram devido à umidade contida no plástico, mas àquela contida no contaminante de celulose, que retém muito mais água que o plástico.

B) PEAD branco

Na Figura 4.12 mostra-se um comparativo entre a injeção com PEAD virgem e a injeção do material produzido pelo centro de triagem. Verifica-se a presença de contaminantes (indicados pelos círculos na figura), devido à presença de outros materiais como multicamadas de rótulos e de celulose, não retirados nas etapas do processo. Percebe-se que o corpo de prova injetado com pigmento elimina a possibilidade de se identificar visualmente estes pontos de contaminação. Observa-se também que o PEAD reciclado apresentou um aspecto muito mais próximo do material virgem do que o PP, devido as razões explicadas no item anterior.

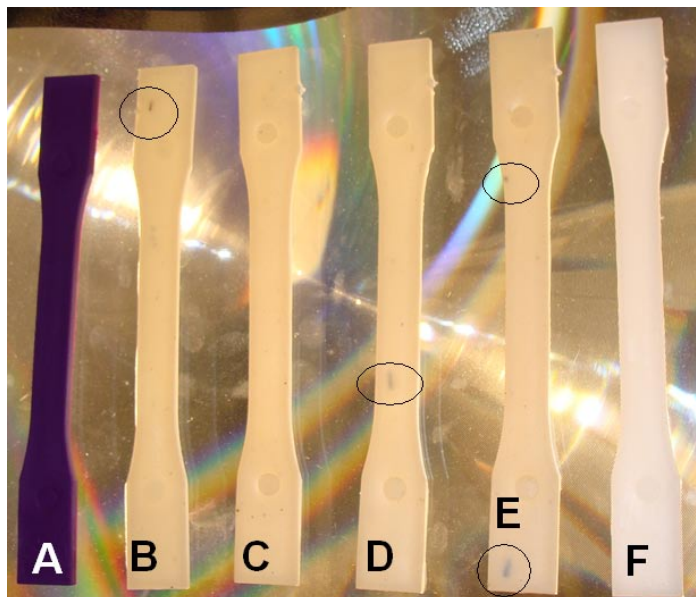


Figura 4.12 – Corpos de prova de PEAD: (A) PEAD reciclado com pigmento; (B) a (E) PEAD reciclado sem pigmento; (F) PEAD Virgem.

4.4. Análise preliminar do impacto econômico e social da tecnologia implantada

4.4.1. Econômica

Segundo dados obtidos no Centro de triagem de Dois Irmãos, atualmente, com esta Tecnologia Social implantada, estes trabalhadores obtêm um *pró-labore* médio de 1100 a 1200 reais mensais por trabalhador. Em Nova Hartz, sem a Tecnologia Social, eles recebem aproximadamente 600 reais/pessoa/mês. Comparando esses dados, percebe-se um aumento de quase 100% na renda familiar. É importante ressaltar que os resultados de Dois Irmãos também estão relacionados ao processo de gestão desta tecnologia, tais como treinamento constante.

No CT de Nova Hartz, segundo informações disponibilizadas pelas suas lideranças, o PP transparente de copinho, comercializado na forma de fardos de material prensado, tem preço de R\$ 1,00/kg, enquanto o mesmo material na forma moída, através da Tecnologia Social, deverá ser comercializado a R\$ 2,00/kg. Para o PEAD esta relação será de R\$ 1,10/kg para R\$ 1,80/kg.

Os valores aqui citados são diferentes dos apresentados no Capítulo 2 devido, provavelmente, às diferenças nos valores destas duas resinas *commodities* no mercado mundial, quando a pesquisa que gerou os valores foi realizada (2009), época da recuperação da crise mundial. Além disso, o CT estudado vende diretamente para a empresa de transformação, ao invés de usar intermediários. Eles podem fazer isso, pois o

seu processo de separação é considerado de boa qualidade, com reduzida contaminação, não apresentando grau de sujidade relevante.

4.4.2 Social

Os recicladores, na sua maioria, possuem um grau de escolaridade muito baixo: são semi-analfabetos ou analfabeto-funcionais. Com a chegada dessa tecnologia, percebe-se um interesse em retornar aos estudos. No processo de treinamento, os recicladores são estimulados a apresentar o seu ponto de vista sobre a tecnologia. Eles escrevem sobre os procedimentos, as dificuldades que encontram, os problemas que detectam e a, partir desses dados, inicia-se o processo de treinamento. Dessa forma, ao invés de parecer algo imposto, se constrói junto com eles o entendimento da tecnologia, e com isso, eles vão se apropriando dos conceitos e das informações como se fosse algo seu.

A maioria desses trabalhadores da região do Vale dos Sinos, tanto do CT de Dois Irmãos quanto o de Nova Hartz, em sua maioria advém do setor coureiro-calçadista. Quando esse setor entrou em crise, essas pessoas foram viver do lixo. Pelo fato de já terem trabalhado em uma cadeia produtiva bastante disciplinada quanto às atividades manuais e seqüenciais, estes trabalhadores possuem uma visão de organização das relações de trabalho convencional maior do que em outros grupos de recicladores, *vide* Porto alegre. Foi devido a esse entendimento que o processo em Dois Irmãos foi iniciado. Os recicladores de Dois Irmãos perceberam que poderiam agregar valor ao material que eles comercializavam. Além disso, as pessoas moradoras dessa região possuem a cultura do trabalho. Eles percebem que é necessário horas empregadas nesse objetivo para que se realize aquilo que almejam. Pode parece um conceito comum para quem vive em uma realidade universitária, mas não o é para muitas pessoas que cresceram em condições menos favoráveis. Nos CT's com essas Tecnologias implantadas, os trabalhadores costumam trabalhar cerca de 10 horas diárias. As relações de trabalho são diferentes das praticadas nas indústrias convencionais, pois nesses locais se pratica a economia solidária. Ou seja, trata-se de um processo de organização autogestionada. Esta forma de produção é centrada na valorização do ser humano e não no capital (LEONARDI, 1993).

Outro fator importante observado é que a quantidade de lixo recebida no CT não será suficiente para abastecer o processo. As alternativas para isso serão a contratação de mais recicladores e a possibilidade de que outros municípios destinem o seu RSU para que também seja reciclados no CT, consorciamento este fomentado pelas políticas públicas de gestão integrada de RSU. Isso gerará não só mais trabalho para pessoas nas mesmas condições através de contratações, como ambientalmente favorecerá outras cidades da região.

CONCLUSÃO

As análises feitas sobre o processo estudado no Centro de Triagem de Nova Hartz demonstram que existem muitas melhoras a serem realizadas. Dentre elas temos a melhor utilização do processo através do treinamento dos catadores e ajustes a serem feitos nos equipamentos, os quais estão apontados no trabalho. Porém o ideal seria que fosse possível a construção de um novo tanque que atendesse as necessidades do processo.

Quanto às medidas de eficácia e eficiência do processo, pode-se concluir que os parâmetros analisados foram satisfatórios. Os índices de eficácia ficaram abaixo do esperado devido aos problemas identificados no processo, mas a produtividade pode ser aumentada com a resolução de tais problemas, sendo que algumas possíveis soluções foram sugeridas em cada caso. Os índices de umidade e contaminação foram considerados satisfatórios de acordo com os parâmetros comparados. Quanto à contaminação encontrada, há a possibilidade de diminuição da mesma, através da otimização do processo.

Quanto à análise econômico-social percebe-se que há um aumento significativo de renda dos trabalhadores envolvidos com a implementação da Tecnologia Social e um aumento do valor agregado do produto comercializado triado para o moído. Além disso, conclui-se que, quando se fala de tecnologias sociais, não se pode apenas realizar a análise sob o aspecto tecnológico. Outras dimensões como a social devem fazer parte desta análise paralelamente, pois todos esses aspectos se interligam e um interfere nos resultados do outro, de alguma forma.

As sugestões deixadas para futuros trabalhos são:

- ✓ dimensionamento de um tanque ideal para o processo de reciclagem mecânica apresentado.
- ✓ quantificação das perdas do processo (balanço de massa e energia)
- ✓ estudo do *layout* mais adequado para implementação dessa tecnologia específica
- ✓ estudo do impacto sócio-econômico que essa tecnologia possui nas comunidades envolvidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBREPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama de Resíduos Sólidos do Brasil*, 2009.
- CEFET. Centro Federal de Ensino Tecnológico. *Relatório de atividades – Projeto de Capacitação em Administração e Produção CT Restinga 2003/2004*, Sapucaia do Sul, 2004
- CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem. Disponível em <http://www.cempre.org.br/fichas_tecnicas.php?Ink=ft_plastico_rigido.php> Acesso em novembro de 2010.
- CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem. *Manual de gerenciamento integrado do lixo municipal*, 1995
- CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem. *Pesquisa CempreCiclossoft2010*, 2010. Disponível <http://www.cempre.org.br/ciclossoft_2010.php>. Acessado em novembro de 2010.
- FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL. Disponível em: <<http://www.tecnologiasocial.org.br/bts/publicador.do?op=noticia&codigoNoticia=1&codigoTipoTexto=2>>. Acesso em novembro de 2010.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Nacional sobre Saneamento Básico*, 2008.
- LEONARDI, Robert e NANNETTI, Raffaella. *Making Democracy Work: Civic Traditions in Modern Italy*, 1993.
- MAXIQUIM. *Reciclagem de Resíduo pós – consumo no Rio Grande do Sul – Enfoque na cadeia de fornecimento de matéria – prima*, 2009.
- SENAES. Secretaria Nacional de Economia Solidária no Ministério do Trabalho e Emprego brasileiro. Disponível <<http://www.mte.gov.br/ecosolidaria>>. Acessado em novembro de 2010.
- SJDS. Secretaria de Justiça e Desenvolvimento Social. Disponível em <<http://www.redeparceriasocial.rs.gov.br>>. Acessado em novembro de 2010.