

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS-MG**

**ENGENHARIA MECÂNICA**

**RAFAEL JOSÉ NOGUEIRA ROSA**

**A UTILIZAÇÃO DO ABS RECICLADO NO PROCESSO DE INJEÇÃO**

**Varginha - MG  
2011**

**FEPESMIG**

**RAFAEL JOSÉ NOGUEIRA ROSA**

**A UTILIZAÇÃO DO ABS RECICLADO NO PROCESSO DE INJEÇÃO**

Trabalho Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG apresentado como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Esp. Fabiano de Farias de Oliveira e do coorientador Prof. Eps. Alexandre Soriano.

**Varginha - MG  
2011**

**FEPESMIG**

RAFAEL JOSÉ NOGUEIRA ROSA

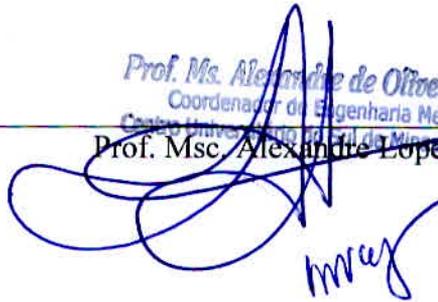
**A UTILIZAÇÃO DO ABS RECICLADO NO PROCESSO DE INJEÇÃO.**

Trabalho Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG realizado como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Avaliado em:        /        /

*Prof. Ms. Alexandre de Oliveira Lopes*  
Coordenador de Engenharia Mecânica  
Centro Universitário do Sul de Minas

Prof. Msc. Alexandre Lopes de Oliveira



Prof. Msc. Luiz Carlos Vieira Guedes

OBS.:

Dedico este trabalho aos meus pais, por serem os responsáveis diretos por meu êxito em mais esta etapa de minha vida e a todos os amigos que me apoiaram para o cumprimento deste desafio que esta sendo conquistado.

Agradeço a todos que me ajudaram a elaborar este trabalho, principalmente aos companheiros de trabalho e aos professores pelos conhecimentos transmitidos.

“Na natureza nada se perde, nada se cria,  
tudo se transforma”.

Lavoisier

## RESUMO

O trabalho aborda um estudo sobre o reaproveitamento dos resíduos de ABS (acrilonitrila butadieno-estireno) gerados durante o processo de injeção termoplástica. Sendo que através deste processo de reciclagem, se possa obter redução de custos do processo sem comprometer as propriedades do material e produto. Além de contribuir para a preservação do meio-ambiente com um desenvolvimento sustentável. Para isso, serão realizados ensaios de tração e de fluidez do material virgem e reciclado para que se tenha uma comparativa entre a variação dos seus comportamentos físicos.

**Palavras-chave:** Reciclagem, redução de custos, desenvolvimento sustentável.

### ***ABSTRACT***

This article discusses a study on the reuse of waste from ABS (acrylonitrile butadiene-styrene) generated during the thermoplastic injection process. Since through this recycling process, one can get the cost reduction process without compromising the material properties and product. Besides contributing to the preservation of the environment with sustainable development.

**Keywords:** Recycling, cost reduction, sustainable development.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>11</b>
1.1 A História do plástico.....	11
1.2 O Conceito de polímero .....	12
1.3 Rede de Classificação dos Polímeros.....	13
1.4 Obtenção do Plástico .....	13
1.5. Termoplástico.....	14
1.6 Termorrígidos ou Termofixos .....	15
1.7. Algumas definições a respeito dos Polímeros.....	15
1.8. Processo de fabricação dos Plásticos .....	16
1.9. ABS (acrilonitrila butadieno-estireno) .....	18
<b>2. METODOLOGIA E MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
2.1. Proposta de reaproveitamento .....	19
<b>3. HIPÓTESES .....</b>	<b>22</b>
3.1 Primeira Hipótese .....	22
3.2 Segunda Hipótese .....	22
<b>4. ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>23</b>
4.1 Produção dos corpos de prova.....	23
4.2 Teste de Fluidez .....	24
4.3 Teste de Tração .....	25
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>30</b>
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>32</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>33</b>

## INTRODUÇÃO

De acordo com a Agenda 21, é da responsabilidade de cada país se comprometer e refletir, globalmente e localmente, sobre a forma pela qual governos, empresas, organizações não-governamentais e todos os setores da sociedade poderiam cooperar no estudo de soluções para os problemas sócio-ambientais. Um dos pontos mais importantes da Agenda 21 é a preservação dos recursos naturais e minerais e a ética política para o planejamento rumo ao desenvolvimento sustentável. Uma das ações prioritárias, segundo este estudo, é o planejamento de sistemas de produção e consumo sustentáveis e a luta contra a cultura do desperdício.

Diante deste panorama de consciência política mundial, as exigências demandadas por um mercado cada vez mais global e sustentável e a busca de maiores lucros e produtividade, torna-se imprescindível que as indústrias procurem desenvolver soluções consistentes, planejáveis, flexíveis e aperfeiçoáveis. Para tanto, o desenvolvimento de novos processos é fundamental para atender as necessidades presentes e futuras.

Desenvolver novos processos que geram redução de custos e reduzem a utilização dos recursos naturais, é uma necessidade do setor tecnológico de desenvolvimento. O conhecimento, desenvolvimento e aperfeiçoamento de novas tecnologias de materiais termoplásticos, e saber como utilizar suas propriedades e seu poder de reciclabilidade, de maneira benéfica, é contribuir para a preservação do planeta e redução de custos.

O aumento do custo das resinas plásticas, pressionado pelas constantes flutuações do preço do petróleo no mercado internacional e variações do dólar, tem estimulado as pesquisas em reciclagem de polímeros (FERNANDES, Roger e SANTO, Ana Maria E., 2009). Cientes deste anseio de desenvolvimento tecnológico sustentável, foi desenvolvido um estudo de caso sobre a reciclagem da resina de ABS (acrilonitrila butadieno-estireno) no processo de injeção norteando a viabilidade econômica sem comprometer a qualidade do produto final.

Os materiais plásticos são hoje utilizados para a produção de uma gama variada de artigos de forma geométrica variada, suprimindo os mais diversos requisitos funcionais de maneira eficaz e econômica. Nessas condições, eles têm deslocado materiais mais “clássicos”, como metais, vidro e madeira, e se tem constituído no material de nossos dias. Sua utilização intensiva requer, contudo, um conhecimento judicioso de sua natureza, comportamento, possibilidades e limitações. Para tal, serão utilizados ensaios mecânicos sobre o material virgem e o material reciclado seguindo normas ISO (International Standard Organization), para que se tenha uma correta análise dos resultados.

## 1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 1.1 A História do plástico

Antes que se inventassem o plástico, outras substâncias já eram moldadas pelo homem, como a argila e o vidro. Mas em 1839, Charles Goodyear descobriu um processo ao qual o enxofre reagia com a borracha durante o aquecimento e resfriamento em sequência. Após este processo, a borracha ficava elástica mesmo submetida ao resfriamento ou aquecimento. Sete anos após o descobrimento da vulcanização da borracha, o químico suíço Charles Schonbein descobriu um polímero ao derramar ácido sulfúrico e nítrico em um pedaço de algodão. Onde ocorreu uma reação química em que os grupos de hidroxila das fibras da celulose do algodão se converteram em grupos de nitrato catalisado de enxofre resultando em um elemento capaz de explodir em uma chama e sem fumaça chamado de nitrocelulose. Em 1870, o químico John Hyatt obteve a celulóide, um polímero plástico que foi utilizado em filmes fotográficos, bolas de sinuca, placas dentárias e bolas de pingue-pongue reagindo nitrocelulose com cânfora.

Em 1909, um químico chamado Leo Baekeland sintetizou a baquelite, primeiro polímero realmente sintético, misturando fenol e formaldeído. A reação de condensação entre esses monômeros permite ao formaldeído unir os anéis de fenol em três polímeros rígidos tridimensionais. Então, a baquelite quente pode ser moldada e solidificada em um plástico rígido, que pode ser utilizado para fabricar maçanetas, telefones, peças de automóveis, móveis e até jóias. A baquelite é dura, resistente ao calor e à eletricidade e, quando esfria, não derrete nem queima facilmente. A invenção da baquelite desencadeou uma classe completa de plásticos com propriedades semelhantes, conhecidos como resinas de fenol.

Na década de 30, um químico chamado Wallace Carruthers inventou um polímero de plástico feito a partir da condensação de ácido adípico e certo tipo de monômero diamino-hexano que podia se tornar em uma fibra forte, como a seda. Esse plástico ficou conhecido como náilon. O náilon é leve, forte e durável e se tornou a base de muitos tipos de roupas, coberturas (barracas), bagagens, bolsas e cordas.

O uso desses polímeros antigos foi expandido após a Segunda Guerra Mundial e continua até os dias atuais. Eles levaram à criação de muitos outros plásticos, tais como o isopor, poliestireno, polietileno e o vinil.

## 1.2 O Conceito de polímero

Todos os sólidos conhecidos são divididos em três grandes classes de materiais: cerâmicos, metais e polímeros.

Polímeros são materiais formados a partir de moléculas relativamente grandes (peso molecular de ordem de 10.000 a 10.000.000) que são formados a partir da repetição ordenada de uma unidade de repetição simples chamada “mero”.

O peso molecular de uma molécula polimérica é um fator que depende do processo químico pelo qual o polímero foi obtido e não apresenta um valor definido, como no caso de moléculas pequenas (MARINHO, Jean R. D., 2005, pg.8).

Os meros são derivados da matéria prima que deu origem ao polímero em questão. Esta matéria se denomina monômero.

Segundo CANEVAROLO, (2002, p. 21), a palavra polímero origina-se do grego poli (muitos) e mero (unidade de repetição). Assim, um polímero é uma molécula composta por muitas (dezenas de milhares) de unidades de repetição denominadas meros, ligadas por ligação covalente. A matéria-prima para a produção de um polímero é o monômero, isto é, uma molécula com uma (mono) unidade de repetição.

### 1.3 Rede de Classificação dos Polímeros

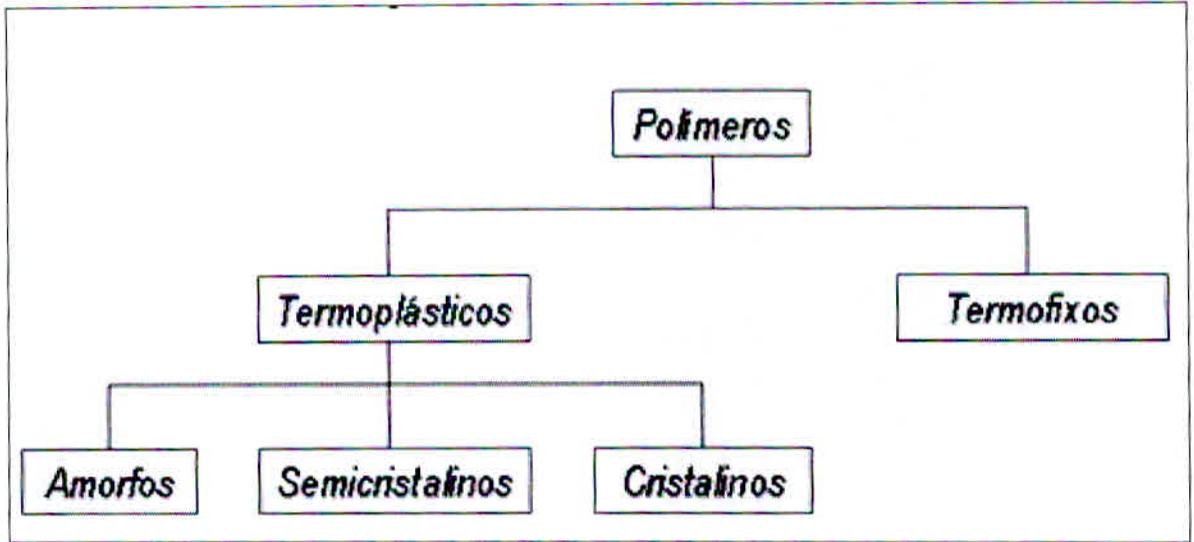


Figura 01: Divisão dos polímeros. Fonte: MARINHO, Jean R. D.,2005.

### 1.4 Obtenção do Plástico

A matéria-prima mais utilizada para a obtenção do plástico é o petróleo, devido ao seu custo mais baixo em relação a outras fontes: celulose e carvão mineral.

De acordo com PEREIRA, Francisco S. G.(2008. Pg.16), o enorme crescimento da indústria petroquímica, a partir da II Guerra Mundial, propiciou o fornecimento da matéria-prima para o desenvolvimento da indústria de monômeros e, paralelamente, da indústria de polímeros. No princípio era utilizado o carvão como matéria-prima. Apenas em meados dos anos 50 aconteceu a substituição por petróleo.

O petróleo responde pela quase totalidade da produção dos plásticos industriais. Este, após ser obtido nos poços e plataformas, é levado a refinarias. Onde é destilado e separado em produtos como: gasolina, diesel, querosene, entre outros. Um dos produtos obtidos é a nafta, que vai para a indústria petroquímica e serve de matéria-prima para os plásticos.

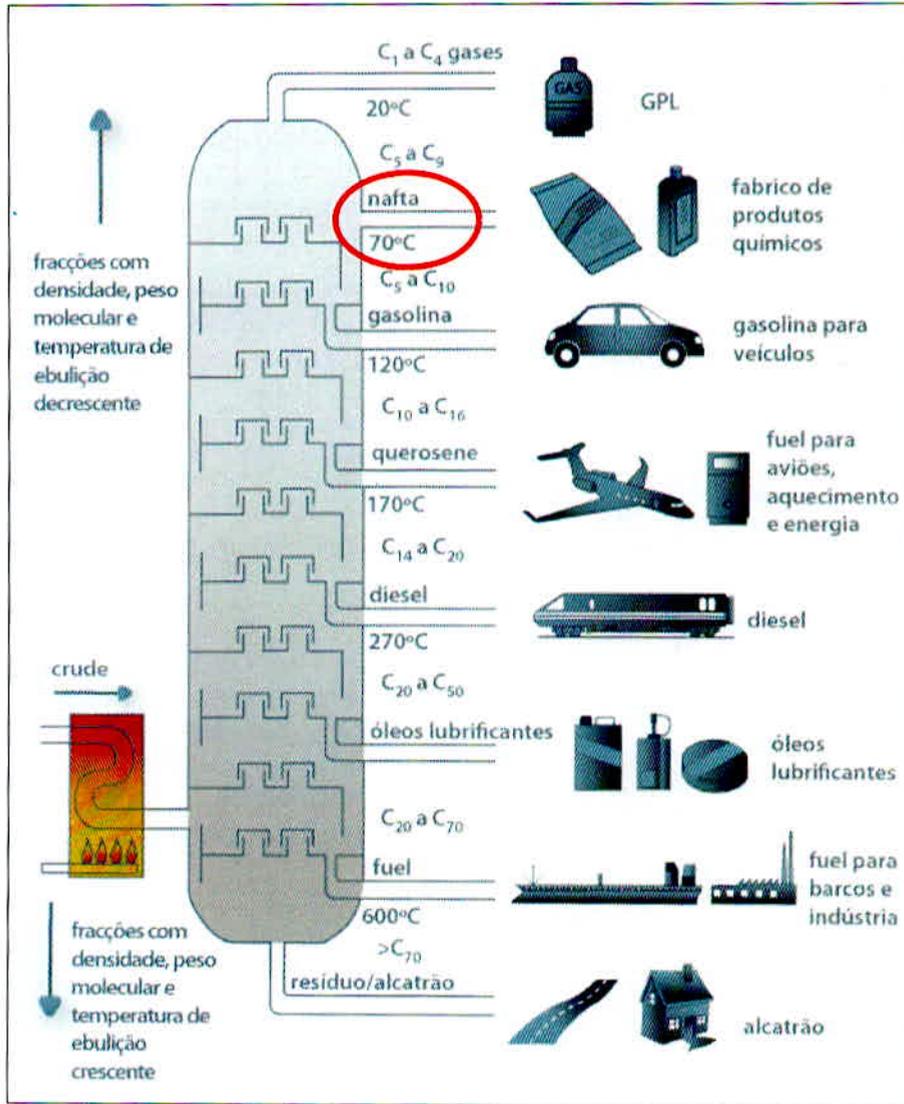


Figura 02 : Destilação do Petróleo. Fonte: CANEVAROLO,2002.

## 1.5. Termoplástico

São os chamados termoplásticos, constituindo a maior parte dos polímeros comerciais. A principal característica desses polímeros termoplásticos é poder ser fundido diversas vezes. Dependendo do tipo do termoplástico, também podem dissolver-se em vários solventes. Logo, sua reciclagem é possível, uma característica bastante desejável nos dias de hoje. As propriedades mecânicas variam conforme o plástico: sob temperatura ambiente, podem ser maleáveis, rígidos ou mesmo frágeis. (MARINHO, Jean R. D., 2005).

## 1.6 Termorrígidos ou Termofíxos

São rígidos e frágeis, sendo muito estáveis a variações de temperatura. Uma vez conformados, não mais se fundem. O aquecimento do polímero acabado a altas temperaturas promove decomposição do material antes de sua fusão. Logo, sua reciclagem é complicada.

Sua estrutura é formada por cordões ligados fisicamente entre si, formando uma rede ou reticulado. Eles estão presos entre si através de numerosas ligações, não se movimentando com alguma liberdade como no caso dos termoplásticos. Pode-se fazer uma analogia com uma rede de malha muito fina. (MARINHO, Jean R. D., 2005).

## 1.7. Algumas definições a respeito dos Polímeros

**Monômero:** Consiste em moléculas simples de produtos obtidos a partir do gás natural e principalmente do petróleo.

**Polímero:** Macromolécula obtida através da repetição (união) de unidades químicas simples (os monômeros).

**Polimerização:** Conjunto de reações controladas que ocorrem no reator onde os monômeros unem-se quimicamente formando as macromoléculas (monômeros + pressão + calor + catalisador + tempo).

**Homopolímeros:** Polímeros formados pela repetição de um único tipo de “mero”.

**Copolímeros:** Polímeros formados pela repetição de dois ou mais tipos de “meros” cujas unidades podem ser distribuídas de forma alternada em bloco ou randomicamente.

**Blendas:** São os polímeros obtidos através da mistura de dois ou mais polímeros com a finalidade de chegar a um produto cujas propriedades são intermediárias as de seus constituintes.

**Amorfo x Cristalino:** Os polímeros exibem dois tipos de morfologia no estado sólido. No polímero amorfo, as moléculas estão orientadas aleatoriamente e são em geral transparentes. No polímero cristalino, as moléculas exibem um empacotamento regular e ordenado. Devido às fortes interações intra-moleculares, os cristalinos são mais resistentes. Como as regiões cristalinas espalham a luz, estes polímeros são mais opacos.

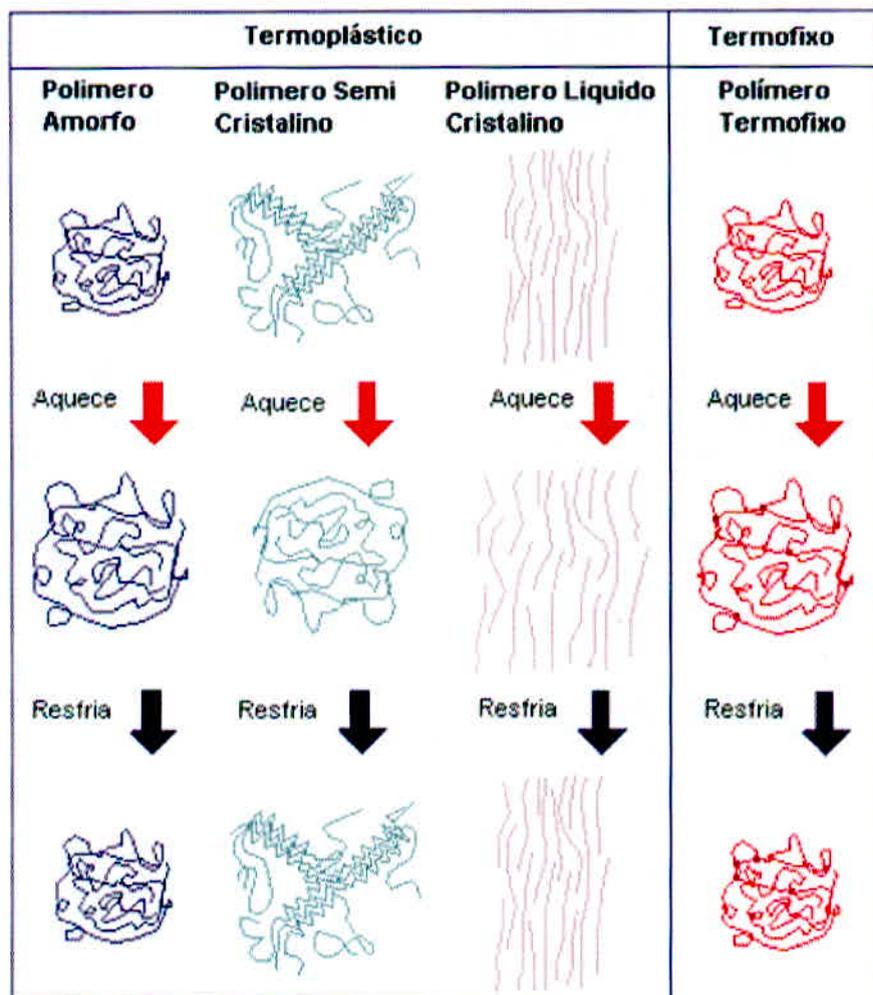


Figura 02: Arranjo Molecular Termoplásticos x Termofixos. Fonte: CANEVAROLO,2002.

## 1.8. Processo de fabricação dos Plásticos

Para fabricação dos plásticos, se segue a seguintes etapas:

1. Preparação das matérias-primas e os monômeros.
2. Realização das reações de polimerização.
3. Processamento dos polímeros em resinas de polímero finais.
4. Fabricação dos produtos com acabamento.

1ª ETAPA: As matérias-primas de hidrocarboneto são obtidas com o processo da destilação utilizada no refinamento de petróleo. Assim que vários hidrocarbonetos são obtidos

pela destilação, são processados quimicamente para formar os monômeros de hidrocarboneto e outros monômeros de carbono (tais como estireno, cloreto de vinil, acrilonitrila) utilizados nos plásticos.

2ª ETAPA: Em seguida, os monômeros realizam reações de polimerização em grandes usinas de polimerização. As reações produzem resinas de polímero, que são coletadas para um novo processo.

3ª ETAPA: O processo pode incluir a adição de plastificantes, tintas e substâncias químicas resistentes ao fogo. As resinas de polímero finais estão geralmente em forma de grânulos ou bolhas.

4ª ETAPA: Por fim, as resinas de polímero são processadas em produtos plásticos finais. Geralmente, são aquecidos, moldados e resfriados. Há diversos processos envolvidos nesta etapa, dependendo do tipo de produto:

**Extrusão:** os grânulos são aquecidos e misturados mecanicamente em uma longa câmara, forçados através de uma pequena abertura e resfriados com ar ou água. Este método é utilizado para fazer filmes plásticos.

**Moldagem por injeção:** os grânulos de resina são aquecidos e misturados mecanicamente em uma longa câmara, forçados sob bastante pressão para dentro de um molde que já esfriou.

**Moldagem por sopro:** esta técnica é utilizada juntamente à moldagem por extrusão ou injeção. Os grânulos de resina são aquecidos e comprimidos em um tubo líquido. A resina entra no molde frio e o ar comprimido é soprado para dentro do tubo da resina. O ar expande a resina contra as paredes do molde. Este método é utilizado para fazer garrafas plásticas.

**Moldagem por rotação:** os grânulos de resina são aquecidos e resfriados em um molde que pode ser girado em três dimensões. A rotação distribui o plástico igualmente ao longo das paredes do molde. Esta técnica é utilizada para fazer objetos plásticos grandes e ocos (brinquedos, móveis, equipamentos esportivos, fossas, latas de lixo e caiaques).

### 1.9. ABS (acrilonitrila butadieno-estireno)

Identifica-se como uma ampla família de polímeros termoplásticos de engenharia, com uma faixa de características de alto desempenho. Versatilidade, conforme refletida pelo espectro aplicacional e a gama de técnicas pela qual o material pode ser processado, é uma característica inerente do ABS uma vez que suas propriedades podem ser facilmente projetadas para um processo e aplicação, pela variação dos três constituintes básicos: acrilonitrila, butadieno e estireno. (PEREIRA, Francisco Sávio Gomes. Pág.234, 2009). Em termos gerais, o acrilonitrila contribui para a elevação da resistência química, resistência ao calor, dureza superficial e resistência à flexão do material resultante; o butadieno confere resistência ao impacto e tenacidade geral, e o estireno é responsável pela rigidez, processabilidade e brilho. Aumentando-se o teor de butadieno ou o peso molecular, a resistência ao impacto é aumentada, porém o fluxo é diminuído. O butadieno também controla a retenção de propriedades de impacto do ABS a baixas temperaturas. Por outro lado, aumentando-se o teor de estireno a resistência ao impacto é reduzida, porém melhorando o fluxo, portanto, a processabilidade.

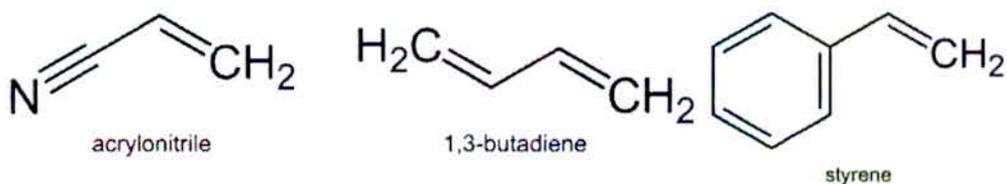


Figura 06: Fórmula química ABS. Fonte: CANEVAROLO,2002.

Estes materiais, desenvolvidos nos Estados Unidos em 1948, são copolímeros produzidos tanto por mistura mecânica de estireno-acrilonitrila (SAN) com elastômeros baseados no butadieno, como por enxerto de estireno-acrilonitrila em polibutadieno na forma de látex.

Os materiais ABS são geralmente fornecidos na forma de grânulos e numa grande variedade de cores opacas, proporcionando uma superfície de alto brilho. A seleção do grau adequado para uma dada aplicação é determinada não somente pelos requisitos funcionais do projeto como também pelo método de transformação a ser usado. (MARINHO, Jean R. D., 2005).

## 2. METODOLOGIA E MÉTODOS

Estudo de caso sobre o reaproveitamento dos resíduos provenientes do processo de injeção, realizando uma análise dos resultados obtidos do ensaio de tração e teste de fluidez entre o material virgem e o reciclado, sempre norteados pela viabilidade econômica e pela responsabilidade social.

### 2.1. Proposta de reaproveitamento

Durante o processo de injeção de termoplásticos, resíduos são gerados. A idéia é através de um granulador de facas rotativas, promover a moagem destes resíduos e posteriormente voltá-los ao processo de injeção.

Conforme a figura abaixo, os resíduos de ABS são os canais de injeção que não fazem parte do produto final, ou produtos que por alguma variação no processo sairão com alguma não conformidade e não atendem os padrões de qualidade. O canal de injeção tem como finalidade direcionar o material polimérico fundido até a cavidade do molde para o seu total preenchimento e formação do produto desejado.



Foto 01: Rabichos de ABS. Fonte: Rafael José N. Rosa, 2011.

Depois de gerados, estes resíduos deverão ser armazenados de forma correta, para que não ocorra contaminação do material.

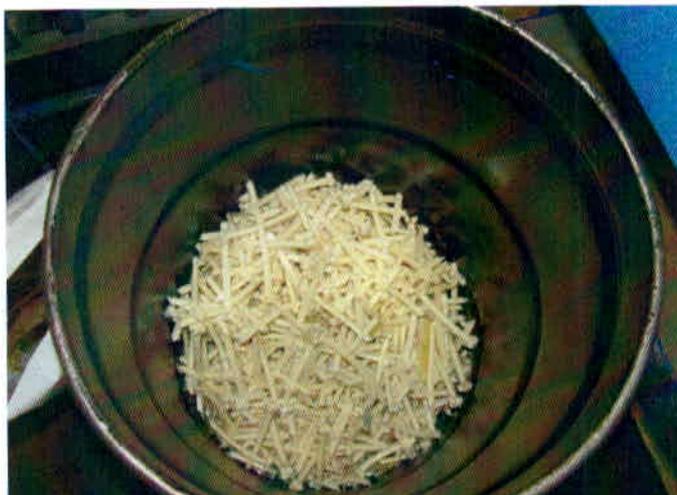


Foto 02 – Armazenamento dos resíduos de ABS gerados no processo de injeção. Fonte: Rafael José N. Rosa, 2011.

Para transformar os resíduos de ABS na forma de grânulos, se utiliza uma máquina granuladora alimentada de forma manual, dotada por um motor elétrico que aciona um mecanismo de facas rotativas, gerando os grãos de ABS.



Foto 03: Granulador para moagem do ABS  
Fonte: Rafael José N. Rosa, 2011.

Após o processo de moagem dos resíduos, o material polimérico toma a forma de granulado, podendo então, passar novamente pelo processo de injeção.



Foto 04: Material de ABS moído. Fonte: Rafael José N. Rosa, 2011.

Por ser um material higroscópico, é necessário submeter à matéria-prima por um novo processo de secagem, em estufas com duração de quatro horas a uma temperatura 80°C.



Foto 05: Estufa de matéria-prima para retirada de umidade do material. Fonte: Rafael José N. Rosa, 2011.

Após estufado, o material já pode sofrer novo processo de injeção. Depois de injetado, temos um novo produto de ABS que deverá atender as necessidades especificadas.

### **3. HIPÓTESES**

#### **3.1 Primeira Hipótese**

Comprovar que o material reaproveitado consiga atender as especificações sem que haja considerável divergência entre os resultados obtidos com o material virgem, com isso se consegue redução de custos no processo de injeção, eliminando a geração de refugos e borras.

#### **3.2 Segunda Hipótese**

Diminuir o desperdício e a geração de resíduos contaminantes ao meio ambiente.

## 4. ESTUDO DE CASO

O material polimérico de ABS utilizado para o estudo foi fornecido pela empresa LUSTRAN POLYMERS, onde a produção dos corpos de prova e as análises laboratoriais foram todas obtidas de forma padronizada, para que se possa ter uma análise mais confiável das variações entre o material virgem e o reciclado.

### 4.1 Produção dos corpos de prova

Para a produção da placa de ABS que foi utilizado para obtenção dos corpos de prova no ensaio de tração, o material sofreu processo de estufagem durante quatro horas a uma temperatura média de 80°C em uma estufa desumidificadora, e processada por uma máquina injetora modelo HAITIAN HTF 530X de 530 toneladas. Os parâmetros de injeção utilizados estão dispostos na tabela abaixo.

	Pressão (bar)	Velocidade (mm/s)	Tempo (s)
<b>Injeção</b>	140	40	17
<b>Recalque</b>	100	30	10
<b>Dosagem</b>	100	55	-
Temperatura (°C)			
	Canhão	Câmara Quente	
<b>Bico</b>	270	-	
<b>Zona 1</b>	265	250	
<b>Zona 2</b>	265	250	
<b>Zona 3</b>	260	240	
<b>Zona 4</b>	255	250	
<b>Zona 5</b>	250	250	

Tabela 01: Parâmetros de injeção. Fonte: Rafael José N. Rosa, 2011.

Para o material reciclado, os resíduos produzidos no processo de injeção foram moídos em uma máquina granuladora de fâcas rotativas e posteriormente sofreu todos os processos de estufagem e injeção com os mesmos parâmetros que o do material virgem. Todos os ensaios foram realizados em um ambiente de prova a uma temperatura de 23°C ± 2°C e a uma umidade relativa do ar entre 45% a 70%.

## 4.2 Teste de Fluidez

O ensaio de índice de fluidez será utilizado para indicar a uniformidade da taxa de fluxo do polímero no processo de injeção e para comparar sua processabilidade do material depois de reciclado.

Durante o ensaio é determinada a massa em gramas que flui através de uma matriz especificada, sob condições pré-determinadas de pressão e temperatura em um tempo padronizado de dez minutos. O valor obtido em gramas por dez minutos [g / 10 minutos], constitui o índice de fluidez do plástico. Este valor está relacionado com a viscosidade do material. Quanto mais viscoso for o plástico fundido, menos o material fluirá (BROGNOLI, R., 2006).

Os equipamentos utilizados para o ensaio:

- Plastômero MICROTTEST 407 B.
- Balança eletrônica (Precisão  $\pm 0,001$ g).
- Cronômetro.



Foto 06: Plastômero Microtest 4107 B.  
Fonte: Rafael José N. Rosa, 2011.

De acordo com a especificação de matéria prima dada pelo fornecedor do material e segundo norma ISO 1133, para medição de índice de fluidez, o plastômero foi regulado a uma temperatura de 220°C. O material passou por processo de estufagem durante uma hora a

100°C para retirada de umidade antes do ensaio. Foram retiradas três amostras de cada tipo de material reciclado e virgem de lotes e dias diferentes. Os resultados das análises obtidas estão na tabela abaixo.

<b>Material Virgem</b>			
<b>Amostra</b>	1	2	3
<b>Dia</b>	31/08/2011	10/09/2011	13/09/2011
<b>Lote</b>	4080845	7071040	29081056
<b>Resultado (g/10min)</b>	<b>22,65</b>	<b>23,05</b>	<b>22,55</b>
<b>Material Reciclado</b>			
<b>Amostra</b>	1	2	3
<b>Dia</b>	31/08/2011	10/09/2011	13/09/2011
<b>Lote</b>	4080845	7071040	29081056
<b>Resultado (g/10min)</b>	<b>22,95</b>	<b>23,15</b>	<b>22,6</b>

Tabela 02: Ensaio Índice de Fluidez. Fonte: Rafael José N. Rosa, 2011.

De acordo com a especificação de matéria-prima dada pelo fornecedor, para o Índice de Fluidez do material polimérico ABS no ensaio segundo ISO 1133 o resultado deve ser entre 10 g/10min a 29 g/10min. Logo, os resultados obtidos tanto para o material virgem quanto para o reciclado atendem as especificações do fornecedor.

### 4.3 Teste de Tração

O ensaio de tração consiste em submeter um material sob a forma de teste a um esforço que tende a alongá-lo até a sua ruptura. Geralmente, o ensaio é realizado em um corpo de prova com formas e dimensões padronizadas, para que os resultados obtidos possam ser comparados ou, se necessário, reproduzidos. Este corpo é fixado a uma máquina de ensaios que aplica esforços crescentes em sua direção longitudinal, sendo medidas as deformações correspondentes. Os esforços ou cargas são medidas na própria máquina (CHIAVERINI, V.,1986).

Nesse experimento, os corpos de prova com formas padronizadas segundo a ISO – 527 é preso por suas extremidades em presilhas de pressão e estirado a uma aplicação de carga constante de 5 mm/min utilizando um dinamômetro.

O teste de tração ajudará a verificar se houve alterações na estrutura do material depois

de reciclado e se essas alterações foram significativas, o objetivo do teste é saber qual a carga máxima que o material resiste.

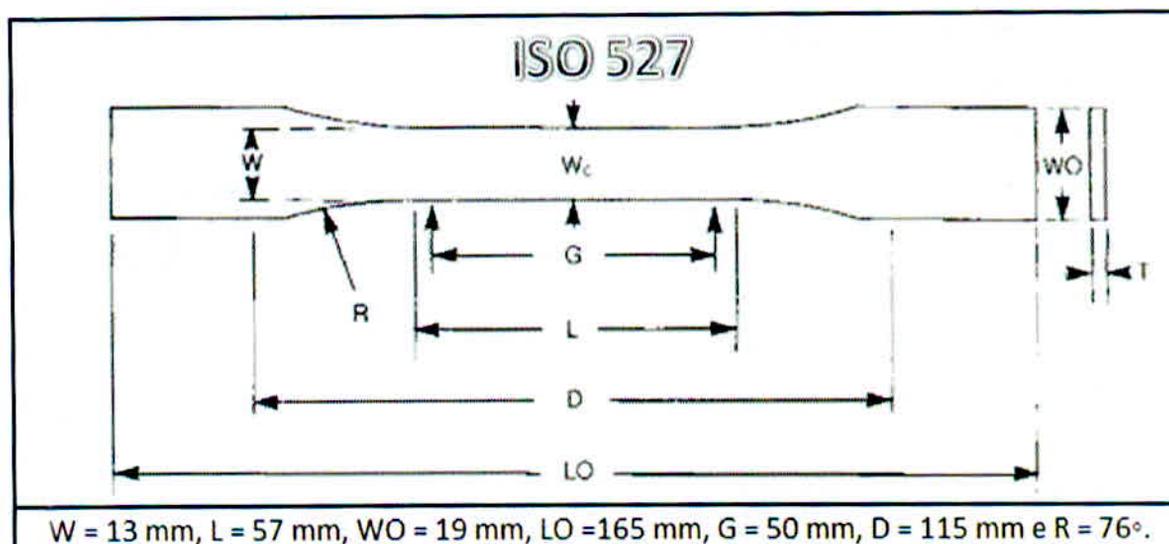


Figura 08: Corpo de prova segundo ISO 527. Fonte: ISO 527-1:1993 - Plastics - Determination of tensile properties - Part 1: General principles.

Para obtenção do corpo de prova segundo norma ISO 527, foi utilizado um gabarito para tracejar as placa de ABS produzidas no processo de injeção e um estilete para o corte do corpo de prova.

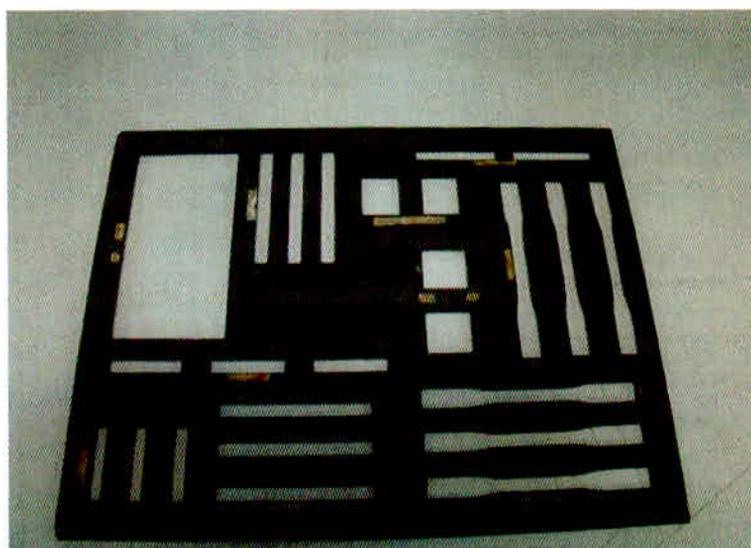


Foto 07: Gabarito de corpos de prova. Fonte: Rafael José N. Rosa, 2011.



Foto 08: Gabarito para ensaio de tração ISO 527. Fonte: Rafael José N. Rosa, 2011.

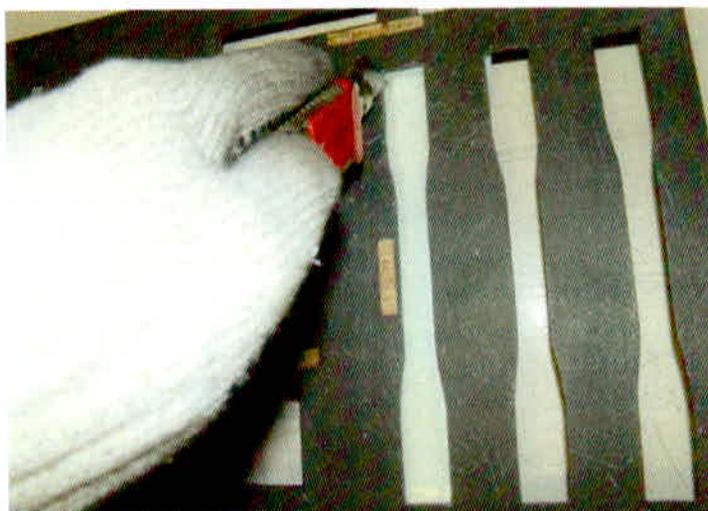


Foto 09: Marcação da placa de ABS. Fonte: Rafael José N. Rosa, 2011.



Figura 10: Placa de ABS. Fonte: Rafael José N. Rosa, 2011.

O equipamento para a realização do ensaio de tração foi um dinamômetro modelo MTS DY34 equipado com o software Test Works 4.

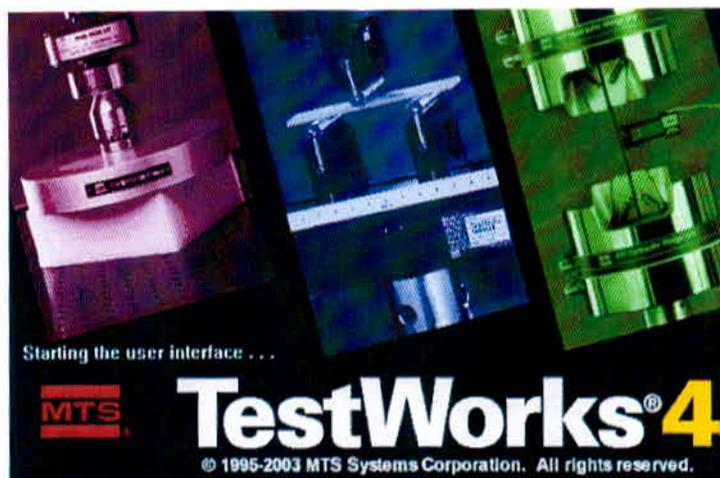


Figura 09: Software utilizado. Fonte: Rafael José N. Rosa, 2011.



Foto 11: Dinamômetro MTS DY34. Fonte: Rafael José N. Rosa, 2011.

Os corpos de prova foram devidamente presos no equipamento, e após regulado com os parâmetros requisitados pela norma o ensaio foi iniciado.



Foto 12: Ensaio de tração. Fonte: Rafael José N. Rosa, 2011.

Foram ensaiados três corpos de prova de material termoplástico 100% virgem e três 100% reciclados, sendo os resultados obtidos descritos conforme tabela abaixo:

Material Virgem			
Amostra	1	2	3
Dia (injeção)	31/08/2011	10/09/2011	13/09/2011
Dia (ensaio)	05/10/2011	05/10/2011	05/10/2011
Lote	4080845	7071040	29081056
Força de Ruptura (N)	998,15	983,68	930,33
Material Reciclado			
Amostra	1	2	3
Dia (injeção)	31/08/2011	10/09/2011	13/09/2011
Dia (ensaio)	05/10/2011	05/10/2011	05/10/2011
Lote	4080845	7071040	29081056
Força de Ruptura (N)	801,36	824,78	798,83

Tabela 03: Resultado ensaio de tração. Fonte: Rafael José N. Rosa, 2011.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante os testes de fluidez nas amostras de material reciclado e o virgem, os resultados obtidos não mostraram grande variação e também não atingiram valores fora do especificado pelo fornecedor do material. Sendo a média de valores obtidos do material reciclado e virgem foram respectivamente 22,90 g/10 min e 22,75 g/10 min.

Podemos observar melhor esta pequena diferença no gráfico abaixo.

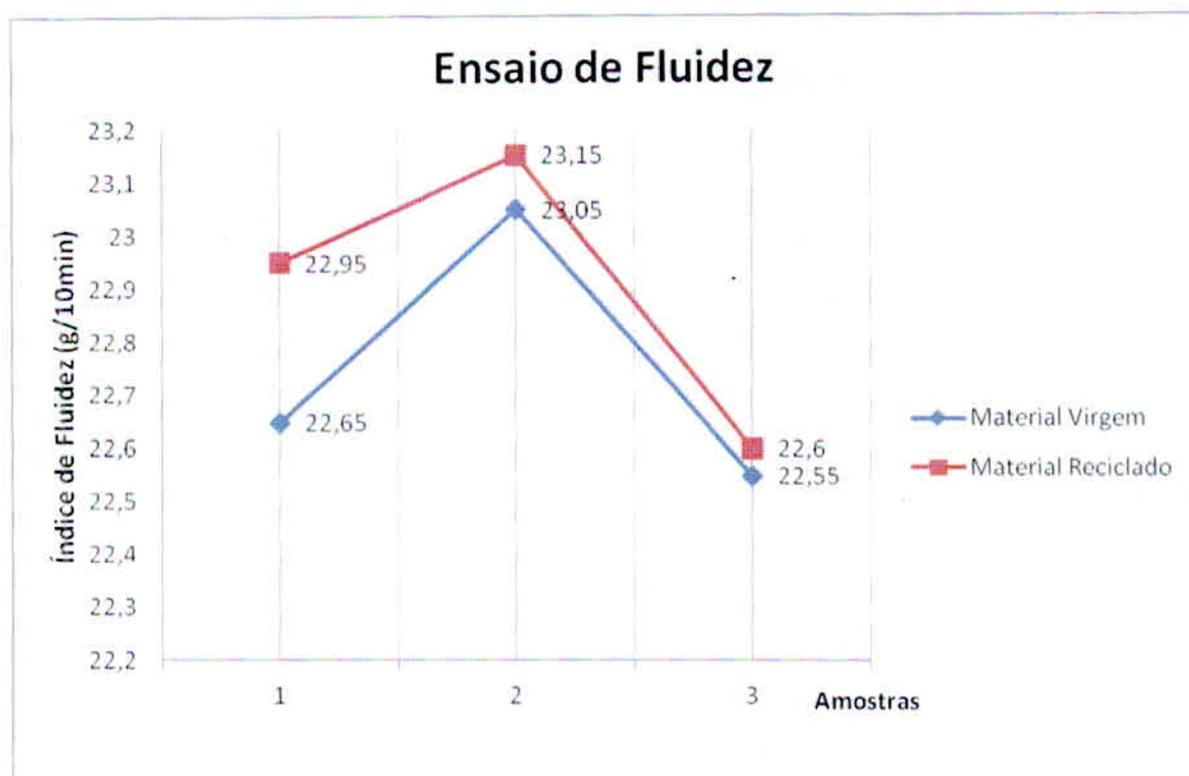


Gráfico 01: Comparativa do ensaio de índice de fluidez. Fonte: Rafael José N. Rosa, 2011.

Considerando a especificação técnica do material para o índice de fluidez que pode variar de 10 g/10min a 29 g/10min. Podemos afirmar que quanto à viscosidade do material, ela não foi afetada de maneira significativa, já que a diferença da média dos resultados dos dois tipos de materiais é de 0,25g/10min. Quanto a esse parâmetro não haverá restrições para o reprocesso do material.

Os resultados do ensaio de Tração nos mostraram que a tensão de ruptura dos corpos de prova tiveram diferenças entre suas médias de 162,4 N. Considerando a especificação de matéria prima estipulada pelo fabricante para ensaios de tração, o valor mínimo para a tensão de ruptura do material é de 550 N.

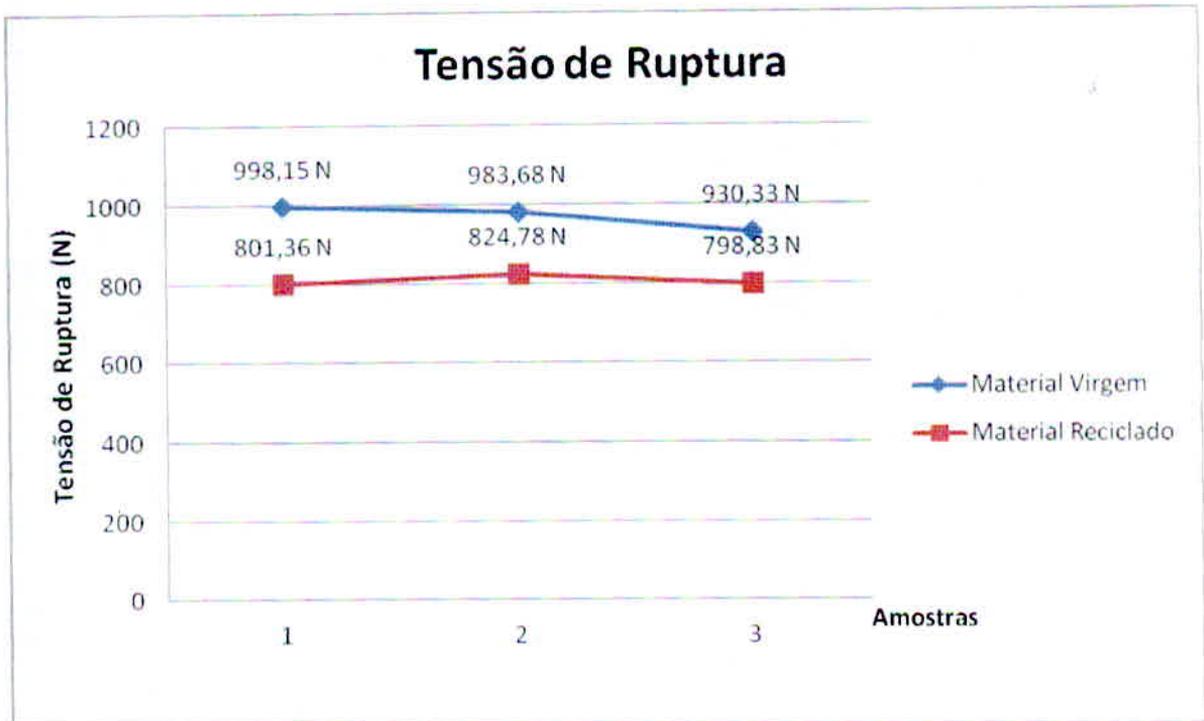


Gráfico 02: Comparativa dos ensaios de tração. Fonte: Rafael José N. Rosa, 2011.

Analisando os valores encontrados, existe uma considerável diferença entre os resultados obtidos no material virgem e no reciclado, mas comparando as exigências especificadas pelo fabricante, os valores para o material reciclado se apresentam com uma boa margem de segurança.

## 6. CONCLUSÃO

Analisando os valores obtidos nos ensaios do material reciclado comparados com os resultados do material virgem, pode se afirmar que para esses requisitos analisados, o produto manufaturado com matéria prima reaproveitada conseguirá atender as especificações. Mas é importante lembrar que são necessários outros testes para análise de outros fatores que também são importantes.

Mas a intenção principal do desenvolvimento deste trabalho é mostrar primeiramente o compromisso de todos em contribuir com um desenvolvimento sustentável. Sendo a reciclagem de termoplásticos uma atividade de grande interesse social e econômica que nos pode ser muito vantajosa em ambos os aspectos. Além do compromisso social, o que pude notar durante a fase de execução deste trabalho é a dificuldade em se obter embasamento teórico e disponibilidade de informações, literaturas e artigos que abordam de forma concisa e profunda o assunto tema deste trabalho. Além das poucas estruturas laboratoriais necessárias para realização de outros testes de análises estruturais que também são necessários para se obter resultados mais confiáveis. Por isso tomei a iniciativa, mesmo sabendo das dificuldades e utilizando de meu conhecimento adquirido na vivência prática para contribuir para futuros estudos sobre o assunto e para que acima de tudo estimule o desenvolvimento desta área ainda tão pouco focada em relação as outras matérias consideradas tradicionais.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PEREIRA, Francisco Sávio Gomes. **Polímeros Fundamentos Científicos e Tecnológicos** - Recife, Instituto Federal de Pernambuco, 2009.

CHIAVERINI, Vicente.; **TECNOLOGIA MECÂNICA – Estrutura e Propriedades das Ligas Metálicas V.1.** 4. Ed. - São Paulo: McGraw-Hill Ltda, 1986.

BENTO, Daniela A., **Fundamentos de resistência dos materiais** – Florianópolis - SC, SENAI, 2003.

MARINHO, Jean Richard D. **Macromoléculas e Polímeros.** 1ª edição Editora Manole. Barueri. 2005.

BLASS, Arno. **Processamento de Polímeros.** 2ª edição Editora da UFSC. Florianópolis. 1988.

CANEVAROLO Jr., Sebastião V. **Ciências dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros.** Ed. Artliber. São Paulo. 2002.

MANRICH, Silvio. **Processamento de termoplásticos: rosca única, extrusão e matrizes, injeção e moldes.** Ed. Artliber. São Paulo. 2004.

MANO, Eloisa B. e MENDES, Luis Cláudio. **Introdução a polímeros.** 2ª Ed. Edgar Blücher Ltda. São Paulo. 2004.

FERNANDES, Roger e SANTO, Ana Maria E.. **COMPORTAMENTO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DA POLIAMIDA 6.6 (NYLON 6.6) APÓS A RECICLAGEM.** São Paulo. 2009.

ISO 527-1:1993 - Plastics - Determination of tensile properties - Part 1: General principles.

ISO 1133-1:2005 - Plastics - Determination of the melt mass-flow rate and the melt volume-flow rate of thermoplastics - Part 1: General principles.

Softwares – **EXCEL e Test Works 4.**