

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE QUÍMICA

JÓICE MARIA SCHEIBEL

**DESENVOLVIMENTO DE MODELOS MOLECULARES PARA O ENSINO  
DE QUÍMICA ORGÂNICA A PARTIR DE MATERIAL RECICLADO**

Porto Alegre, 2015.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE QUÍMICA

JÓICE MARIA SCHEIBEL

**DESENVOLVIMENTO DE MODELOS MOLECULARES PARA O ENSINO  
DE QUÍMICA ORGÂNICA A PARTIR DE MATERIAL RECICLADO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado junto à atividade de ensino “Projeto Tecnológico” do Curso de Química Industrial como requisito parcial para a obtenção do grau de Químico Industrial.

Profª Dra. Rosane Michele Duarte Soares  
Orientadora

Porto Alegre, 2015.

## AGRADECIMENTOS

À UFRGS pelo ensino de qualidade e pelas oportunidades oferecidas durante o curso.

À minha querida orientadora Prof<sup>a</sup>. Dra. Rosane Michele Duarte Soares, por não medir esforços na realização deste trabalho, sempre me acompanhando e indicando o melhor caminho.

À minha grande amiga Gislene Zehetmeyer que sempre esteve no meu lado em todos os momentos, me ensinando tudo sobre a fascinante área de polímeros, mas principalmente me mostrando através de suas ações que com dedicação, persistência e muita humildade é possível realizar qualquer sonho.

Ao meu amigo Felipe Ornaghi pela sua amizade e indispensável ajuda nessa reta final de conclusão de curso.

Aos meus amigos da graduação: Maira, Martha, Lucas, Kátia, Chun, Vanessa e Thaís por todos os momentos de estudo coletivo e risadas.

Aos amigos do LINDIM pela primeira oportunidade de bolsa de iniciação, em especial a Andresa, pela sua amizade e ensinamentos, sem dúvida você me ensinou a dar os primeiros passos na minha vida acadêmica, te devo muito! Agradeço também a professora Nádyá pela orientação e a doutoranda Daiani pela amizade e auxílio sempre que preciso.

Aos meus amigos e vizinhos da Casa do Estudante da UFRGS, pela parceria e palavras de incentivo no dia a dia.

À minha colega de quarto Thaís Ferreira, pela companhia nos momentos de estudo e de lazer, mas principalmente pelas nossas conversas divertidíssimas.

Ao meu grande amor, companheiro e amigo agradeço pela compreensão e carinho que você me destinou durante a minha formação. Obrigada Gustavo, por ser o meu anjinho!

À minha família que me incentiva em todas as minhas decisões, por mais malucas que elas sejam e que está acima de tudo. Obrigada pai, mãe, mano e mana por acreditarem em mim, vocês foram essenciais para que esse sonho fosse realizado.

À Deus por tudo!!

## RESUMO

Neste trabalho foi proposto o desenvolvimento de modelos moleculares para auxiliar no ensino de química orgânica a partir de material reciclado, visando diminuir o impacto ambiental, bem como contribuir para um projeto sustentável e viável economicamente. Primeiramente foram escolhidos o Polipropileno (PP) e o Poliestireno (PS) para serem utilizados pós-consumo, pois são polímeros de fácil obtenção e ainda, possuem possibilidade de serem obtidos em diferentes colorações. Desta forma, não há necessidade de adição de pigmento, além disso, apresentam boa processabilidade. Para fins de caracterização, foram estudadas as propriedades térmicas dos materiais reciclados a partir da Análise Termogravimétrica (TGA) e pela Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC). As propriedades mecânicas através do Ensaio de tração. As análises termogravimétricas realizadas para os materiais reciclados apresentaram a  $T_{10\%}$ ,  $T_{50\%}$  e a  $T_{final}$  muito próximas dos valores encontrados na literatura. Já a  $T_{inicial}$  dos polímeros tiveram variação significativa apenas para a amostra de PS reciclado, quando comparado com os valores teóricos. Em relação ao DSC, foi possível visualizar para PP reciclado apenas o processo de fusão e cristalização. O PS reciclado apresenta somente a temperatura de transição vítrea. Com o Ensaio de Tração percebeu-se que, mesmo as amostras não possuindo geometrias iguais, os resultados foram satisfatórios, ou seja, PP e PS reciclados apresentaram boas propriedades mecânicas quando comparados com os polímeros virgens. A partir destas análises concluiu-se que os materiais reciclados apresentam potencial para serem utilizados na elaboração de modelos moleculares. O processo em escala industrial para o desenvolvimento do modelo molecular possui viabilidade técnica, devido especialmente à simplicidade do processo e sustentabilidade econômica. Além disso, o custo de matéria-prima foi significativamente reduzido devido à utilização de PP e PS reciclados.

*Palavras-chaves:* modelos moleculares, materiais reciclados, polipropileno, poliestireno e ensino de química orgânica.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Símbolos de identificação dos materiais plásticos.....	4
FIGURA 2 - Principais resinas termoplásticas consumidas no Brasil (2012).....	5
FIGURA 3 - Reciclagem de resíduo plástico por tipo de resina (2010).....	5
FIGURA 4 - Diagrama esquemático de um equipamento para moldagem por injeção.....	10
FIGURA 5 - Estrutura química do Polipropileno.....	13
FIGURA 6 - Estrutura química do Poliestireno.....	14
FIGURA 7 - Curvas de TGA para o PP e PS reciclados.....	16
FIGURA 8 - Curvas de DSC (1º resfriamento) a) PP reciclado e b) PS reciclado.....	20
FIGURA 9 - Curvas de DSC (2º aquecimento) a) PP reciclado e b) PS reciclado.....	24
FIGURA 10 - Propriedades mecânicas sob tração para o PP e PS reciclados.....	27
FIGURA 11 - Cartaz tema da coleta de tampas na universidade.....	27
FIGURA 12 - Lixeira utilizada para a coleta de copos plásticos descartados no RU da universidade.....	29
FIGURA 13 - Moinho granulador.....	32
FIGURA 14 - Injetora utilizada na produção dos modelos moleculares.....	33
FIGURA 15 - Imagem ilustrativa de uma possibilidade do arranjo espacial do produto final.....	34
Figura 16. Injetora utilizada na produção dos modelos moleculares.....	34
Figura 17. Diagrama de blocos da produção de modelos moleculares a partir de tampas plásticas.	
Figura 18. Diagrama de blocos da produção de modelos moleculares a partir de copos plásticos.	
Figura 19: Imagem ilustrativa de uma possibilidade do arranjo espacial do produto final.....	35

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Relação das vantagens e de modelos comerciais e alternativos...	17
TABELA 2: Resultados das propriedades térmicas obtidos a partir do TGA de PP e PS virgens e PP e PS reciclados.....	25
TABELA 3: Resultados das propriedades térmicas obtidos a partir do DSC de PP e PS virgens e PP e PS reciclados.....	28
TABELA 4: Resultados das propriedades mecânicas obtidos a partir do Ensaio de Tração de PP e PS virgens e PP e PS reciclados.....	30

## LISTA DE ABREVIATURAS

PP – Polipropileno

PS – Poliestireno

TGA – Análise Termogravimétrica

DSC – Calorimetria Exploratória Diferencial

$T_{inicial}$  – Temperatura Inicial

$T_{final}$  – Temperatura Final

$T_{10\%}$  - Temperatura com 10% de degradação

$T_{50\%}$  - Temperatura com 50% de degradação

$T_c$  – Temperatura de Cristalização

$T_m$  – Temperatura de Fusão

$T_g$  – Temperatura de Transição Vítrea

$X_c$  – Porcentagem de cristalinidade

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 ESTADO DA ARTE .....</b>	<b>3</b>
2.1 Reciclagem de materiais .....	3
2.1.1 <i>Reciclagem mecânica</i> .....	3
2.2 Impactos Ambientais .....	4
2.2.1 <i>Cooperativa mãos verdes</i> .....	6
2.3 Polímeros termoplásticos e termofixos.....	11
2.3.1 <i>Polipropileno</i> .....	12
2.3.2 <i>Poliestireno</i> .....	13
2.4 Processamento de polímeros.....	14
2.5 Modelos Moleculares .....	16
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
<b>4 PROPOSTA TECNOLÓGICA.....</b>	<b>19</b>
<b>5 METODOLOGIA .....</b>	<b>20</b>
5.1 Materiais.....	20
5.2 Equipamentos .....	20
5.3 Preparo dos filmes .....	20
5.4 Caracterização dos materiais reciclados .....	21
5.4.1 <i>Análise Termogravimétrica (TGA)</i> .....	21
5.4.2 <i>Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)</i> .....	21
5.4.3 <i>Ensaio de Tração</i> .....	22
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>23</b>
6.1 Caracterização dos filmes .....	23

6.1.1 <i>Análise Termogravimétrica (TGA)</i> .....	23
6.1.2 <i>Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)</i> .....	25
6.1.3 <i>Ensaio de Tração</i> .....	38
<b>7 FABRICAÇÃO DO PRODUTO EM ESCALA INDUSTRIAL</b> .....	<b>32</b>
7.1 Custo das matérias-primas.....	32
7.2 Produção Industrial .....	33
7.3 Molde.....	36
<b>8 IMPACTO AMBIENTAL</b> .....	<b>38</b>
<b>9 CONCLUSÕES</b> .....	<b>39</b>
<b>10 PERSPECTIVAS</b> .....	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>42</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>45</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Existem diversos recursos didáticos para o ensino de ciências, em particular na química, destacam-se os modelos moleculares. Os modelos moleculares são um tipo de modelo utilizado como recurso didático para representar, estudar e explicar as estruturas das partículas constituintes da matéria que são as moléculas. Para muitos alunos, a química orgânica é um assunto notoriamente difícil, a nomenclatura tediosa e as moléculas difíceis de serem visualizadas, tornando a química uma ciência abstrata.

O uso de modelos moleculares em sala de aula é uma excelente ferramenta para que o estudo de química não seja somente de memorização, pois auxilia os alunos a quebrar os estereótipos da disciplina, que muitas vezes, acaba se tornando muito complexa se trabalhada apenas de modo teórico. Mas com tantos benefícios, porque o uso destes materiais não é comum em sala de aula? Isso se deve principalmente ao fato dos kits de modelos moleculares disponíveis comercialmente possuírem alto valor agregado, sendo produzidos a partir de polímeros virgens.

Com base nesta problemática do uso de materiais didáticos no ensino de química, surgiu a motivação da produção de modelos moleculares de baixo custo a partir de plásticos reciclados. Assim, os alunos de ensino médio e de nível superior poderiam utilizá-los como recurso didático no estudo de estruturas tridimensionais de compostos orgânicos, possibilitando concomitantemente o desenvolvimento da percepção do arranjo espacial das moléculas.

O plástico é um dos produtos mais utilizados na sociedade atual, podendo ser reaproveitado através do processo de reciclagem. A reciclagem do plástico é de extrema importância para o meio ambiente, pois ao reciclar, evita-se que este tipo de material vá para os aterros sanitários ou ainda, seja descartado poluindo rios, lagos, solo e matas. Outro fator importante é que a reciclagem de plástico gera renda para milhares de pessoas no Brasil que atuam, principalmente, em empresas e cooperativas de catadores e recicladores.

Portanto, para efetivar o presente projeto e elucidar pontos importantes, plásticos reciclados foram analisados e comparados a polímeros virgens. Os materiais foram caracterizados quanto as suas propriedades térmicas utilizando as técnicas de Termogravimetria (TGA) e Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC). As propriedades mecânicas foram analisadas através dos ensaios de tração. Os presentes ensaios de caracterização, além de possibilitar a comparação com polímeros rotineiramente utilizados, mostraram como a utilização de polímeros reciclados pode ser uma proposta sustentável e viável economicamente.

## 2 ESTADO DA ARTE

### 2.1 RECICLAGEM DE MATERIAIS

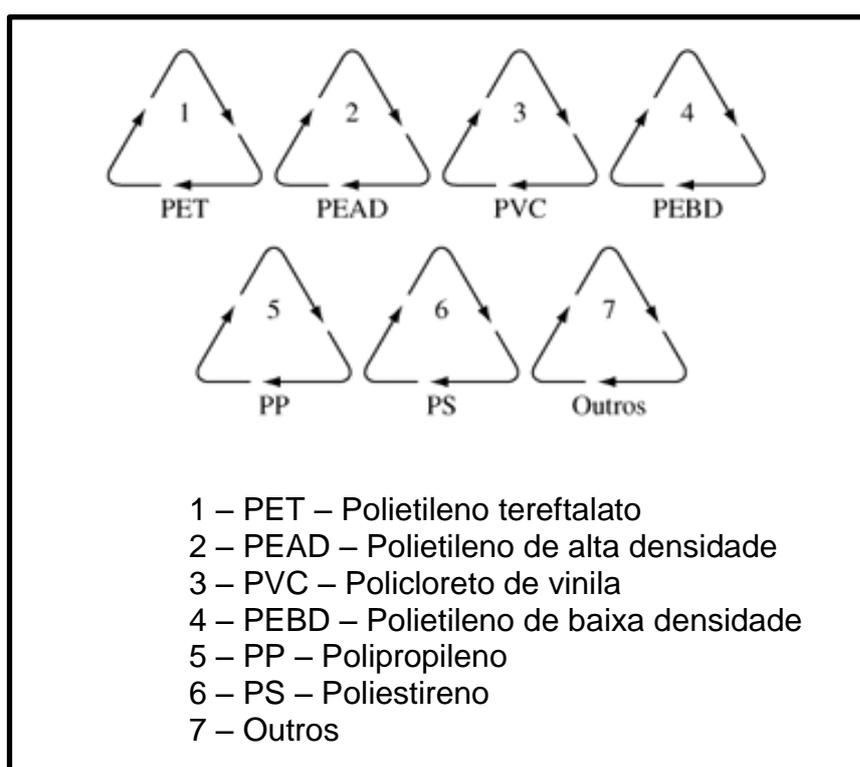
A reciclagem de polímeros é classificada em quatro categorias: primária, secundária, terciária e quaternária. Reciclagem primária consiste na conversão dos resíduos poliméricos industriais por métodos de processamento padrão, em produtos com características equivalentes aos produtos originais produzidos com polímeros virgens. A reciclagem primária caracteriza-se pela maior uniformidade das frações descartadas, consequência da aplicação de procedimentos implementados na linha de produção (SPINACÉ; DE PAOLI, 2005 p. 65-72) (FORLIN; FARIA, 2002, p. 1-10).

A não contaminação dos plásticos, por resíduos do alimento, torna estes materiais com maior valor agregado de reciclagem, em relação aos plásticos componentes de embalagens de alimentos descartadas pós-consumo. A reciclagem secundária está relacionada com a conversão dos resíduos poliméricos provenientes dos resíduos sólidos urbanos por um processo, ou uma combinação de processos, em produtos que tenham menor exigência do que o produto obtido com polímero virgem. Estes materiais possuem alto nível de contaminação (orgânica e inorgânica), heterogeneidade e baixo valor relativo para reciclagem, além de um alto impacto sanitário-ambiental (SPINACÉ; DE PAOLI, 2005 p. 65-72) (FORLIN; FARIA, 2002, p. 1-10).

A reciclagem terciária é um processo tecnológico de produção de insumos químicos ou combustíveis a partir de resíduos poliméricos. Esse processo ocorre termoquimicamente (por pirólise, quimólise, conversão catalítica) e pode originar novamente as resinas virgens ou outras substâncias interessantes para a indústria, como gases e óleos combustíveis. Já a reciclagem quaternária é um processo tecnológico de recuperação de energia de resíduos poliméricos por incineração controlada, obtendo-se dióxido de carbono, água e calor. A reciclagem primária e a secundária são conhecidas como reciclagem mecânica ou física, o que diferencia uma da outra é que na primária utiliza-se polímero pós-industrial e na secundária pós-consumo. A reciclagem terciária também é chamada de química e a quaternária de energética (SPINACÉ; DE PAOLI, 2005 p. 65-72).

Em 1988 foi introduzido um sistema de código de identificação de resinas pela Sociedade das Indústrias de Plásticos – *Society of Plastics Industry, Inc.* (SPI), com o intuito de facilitar a recuperação de recipientes plásticos descartados, auxiliando sua posterior separação, reciclagem e revalorização. A identificação de um plástico particular do qual o produto é feito, normalmente é realizada por um número de 1 a 7, dentro de um triângulo de três setas e sob esse triângulo está apresentada a sua abreviatura, como mostrado na Figura 1 (COLTRO; GASPARINO; QUEIROZ, 2008, p. 119-125).

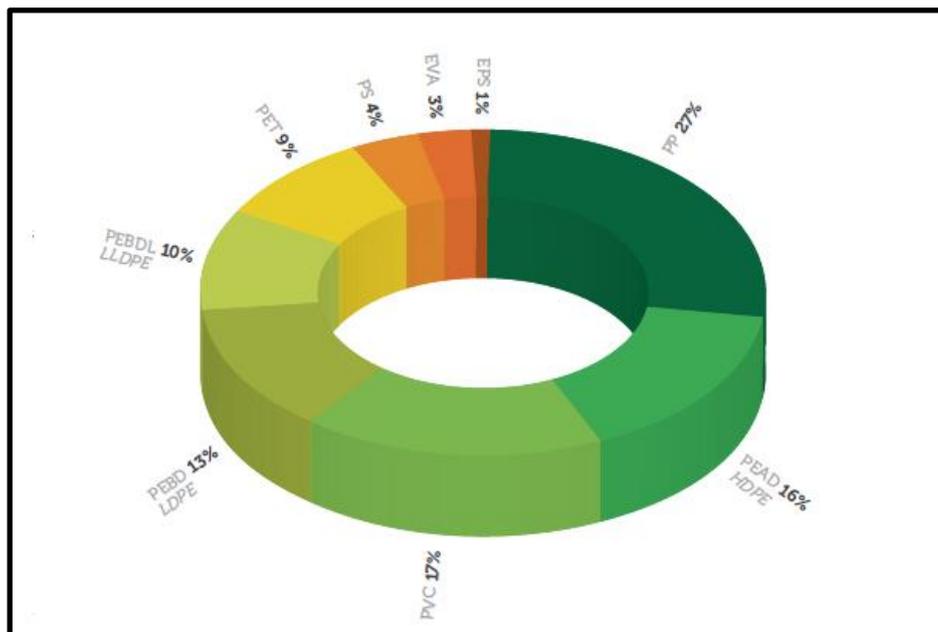
Figura 1: Símbolos de identificação dos materiais plásticos.



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT

Apesar da existência de uma grande variedade de termoplásticos, apenas cinco deles, ou seja, o PE, o PP, o PS, o PVC e o PET representam cerca de 90% do consumo nacional. A partir da Figura 2 é possível identificar que o PP é a principal resina consumida no país, representando mais de  $\frac{1}{4}$  do consumo nacional. Outras resinas que somam uma pequena parcela do volume total estão aos poucos ganhando participação, como é o caso das resinas PET, EVA e EPS (ABIPLAST, 2012).

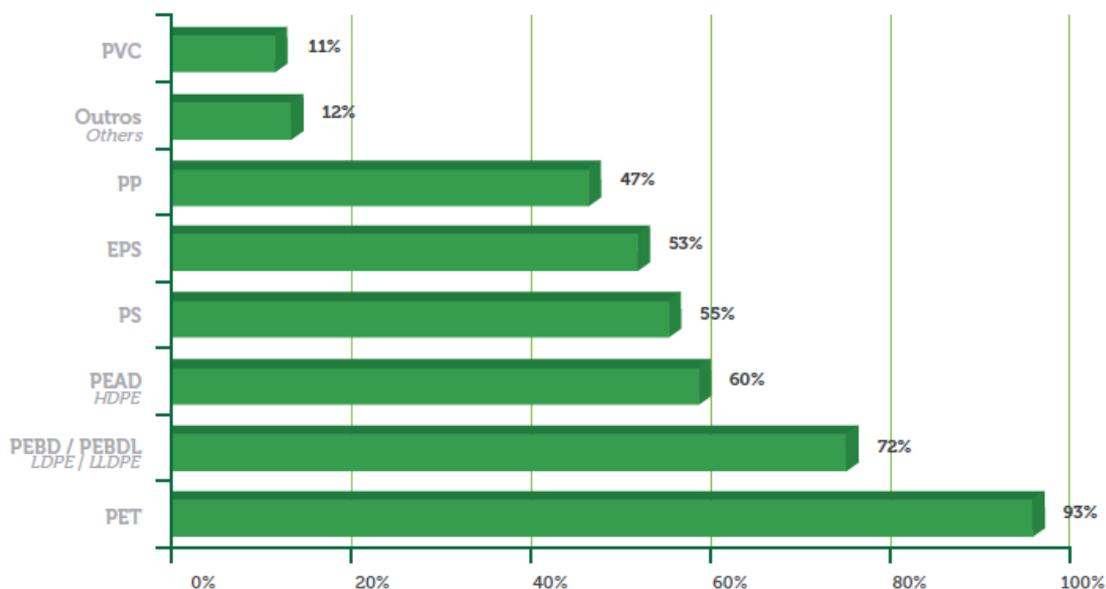
Figura 2: Principais resinas termoplásticas consumidas no Brasil (2012).



Fonte: PIA Produto (2010) e PIM/PF – IBGE.

Em contrapartida, mesmo que o PP seja uma das resinas mais utilizadas no Brasil, apenas 47% de seus resíduos são reciclados, como podemos visualizar na figura 3.

Figura 3: Reciclagem de resíduo plástico por tipo de resina (2010).



Fonte: Plastivida (2012).

De modo geral, as indústrias que estão mais interessadas em reciclar seus resíduos poliméricos são as dos segmentos de embalagens e automotivo. A energia gasta para o transporte é consideravelmente reduzida ao substituir embalagens de vidro por polímero. Por exemplo, um caminhão carregado de água mineral engarrafada em vidro está, na verdade, transportando 57% em massa (m/m) de água e 43% m/m de vidro. Em 2000 no Brasil, cerca de 15 a 26% dos produtos foram embalados por termoplásticos rígidos e flexíveis (SPINACÉ; DE PAOLI, 2005 p. 65-72).

A reciclagem de polímeros é uma alternativa viável para minimizar o impacto ambiental causado pela disposição destes materiais em aterros sanitários. Este tema vem se tornando cada vez mais importante, pois além dos interesses ambientais e econômicos, começam a surgir legislações cada vez mais rígidas no sentido de minimizar e/ou disciplinar o descarte dos resíduos sólidos. É importante ressaltar que a reciclagem de polímeros, bem como o método de reciclagem a ser empregado, depende de vários fatores, como a quantidade e a qualidade do material, o custo do material e do processamento e a existência de mercado para o produto final. Assim, a coleta seletiva dos resíduos sólidos facilitaria a separação prévia dos polímeros, diminuiria o custo e aumentaria a eficiência da reciclagem. Além disso, o investimento em pesquisas na área de reciclagem de polímeros, como por exemplo, o desenvolvimento de metodologias que permitam realizar a análise de contaminantes de forma mais rápida, é de fundamental importância para obtenção de produtos de melhor qualidade (SPINACÉ; DE PAOLI, 2005 p. 65-72).

### **2.1.1 Reciclagem mecânica**

A reciclagem mecânica é o método mais empregado no Brasil e consiste na conversão dos descartes plásticos pós-industriais ou pós-consumo em grânulos que podem ser reutilizados na produção de outros produtos, como sacos de lixo, solados, pisos, componentes de automóveis, embalagens não-alimentícias e outros (PIVA, WIEBECK, 2004) (CIVIERO, 2007).

Este tipo de processo passa pelas seguintes etapas:

**Separação:** Separação em uma esteira dos diferentes tipos de plásticos, de acordo com a identificação ou com o aspecto visual. Nesta etapa são separados também rótulos de diferentes materiais, tampas de garrafas e produtos compostos por mais de um tipo de plástico, embalagens metalizadas, grampos, etc. Por ser uma etapa geralmente manual, a eficiência depende diretamente da prática das pessoas que executam essa tarefa. Outro fator determinante da qualidade é a fonte do material a ser separado, sendo que aquele oriundo da coleta seletiva é mais limpo em relação ao material proveniente dos lixões ou aterros;

**Moagem:** Após separados os diferentes tipos de plásticos, estes são moídos e fragmentados em pequenas partes;

**Lavagem:** Após triturado, o plástico passa por uma etapa de lavagem com água para a retirada dos contaminantes. É necessário que a água de lavagem receba um tratamento para a sua reutilização ou emissão como efluente;

**Aglutinação:** Além de completar a secagem, o material é compactado, reduzindo-se assim o volume que será enviado à extrusora. O atrito dos fragmentos contra a parede do equipamento rotativo provoca elevação da temperatura, levando à formação de uma massa plástica. O aglutinador também é utilizado para incorporação de aditivos, como cargas, pigmentos e lubrificantes;

**Extrusão:** A extrusora funde e torna a massa plástica homogênea. Na saída da extrusora, encontra-se o cabeçote, do qual sai um "espaguete" contínuo, que é resfriado com água. Em seguida, o "espaguete" é picotado em um granulador e transformando em pellet (grãos plásticos) (PIVA, WIEBECK, 2004).

## 2.2 IMPACTOS AMBIENTAIS

Os polímeros são considerados os grandes vilões ambientais, pois podem demorar séculos para se degradar e por ocuparem grande parte do volume dos aterros sanitários, no entanto os problemas ambientais não são causados pelos polímeros e sim pelo seu descarte de forma inadequada em

lixões, rios e encostas. A reciclagem sistemática dos polímeros é a solução para minimizar esse impacto ambiental. Vários aspectos motivam a reciclagem dos resíduos poliméricos contidos nos resíduos sólidos urbanos, a economia de energia, a preservação de fontes esgotáveis de matéria-prima, a economia com a recuperação de áreas impactadas pelo mau acondicionamento dos resíduos, o aumento da vida útil dos aterros sanitários, a redução de gastos com a limpeza e a saúde pública e a geração de emprego e renda (ROMÃO; SPINACÉ; DE PAOLI, 2009, p. 121-132) (SANTOS; SPINACÉ; DE PAOLI, 2004, p. 307-312).

Além do impacto ambiental, existem outros dois fatores que impulsionam o recente interesse dos fabricantes em ampliar o uso de materiais reciclados na indústria alimentícia. O fator econômico relacionado à redução do custo da reciclagem e fator social relacionado à combinação de pressões por parte de órgãos legislativos e da sociedade em benefício à prática da reciclagem (ROMÃO; SPINACÉ; DE PAOLI, 2009, p. 121-132).

Nesse contexto, para atingir uma diminuição no impacto ambiental foi criada uma política dos 3R's: reduzir, reutilizar e reciclar. Essas iniciativas, além de contribuir para não esgotar a capacidade dos aterros sanitários, contribuem para preservar os recursos naturais (energia elétrica e insumos primários), reduzir o consumo de energia, educar e conscientizar ambientalmente a população (SANTOS; SPINACÉ; DE PAOLI, 2004, p. 307-312).

Um dos grandes desafios para as indústrias de embalagens, frente à competitividade globalizada no setor, tem sido o atendimento às certificações ISO 9000 (gestão da melhoria da qualidade) e atualmente a ISO 14000, que considera a gestão ambiental dos processos produtivos, além dos parâmetros de qualidade. Essas normas objetivam a redução das implicações ambientais negativas relacionadas a produtos e serviços, através da conscientização de fabricantes, consumidores e instituições públicas sobre as vantagens de optar por produtos e serviços que causem o menor dano ambiental possível durante o seu ciclo de vida. A análise do ciclo de vida de um produto ou serviço que compatibiliza os impactos ambientais é decorrente de todas as etapas envolvidas, desde a sua concepção mercadológica, planejamento, extração e

uso de matérias-primas, gasto de energia, transformação industrial, transporte, consumo, até o seu destino final (no caso de embalagens), pela disposição destas em aterro sanitário ou a sua reciclagem (FORLIN; FARIA, 2002, p. 1-10).

As principais vantagens decorrentes da utilização da análise do ciclo de vida no setor de embalagens são: (a) a visão sistêmica do setor em relação ao impacto ambiental; (b) propiciar a identificação das partes críticas da produção e do uso, orientando as ações voltadas à melhoria do sistema; (c) sensibilizar todos os componentes do sistema para os problemas ambientais envolvidos; (d) oferecer elementos para a orientação de discussões no âmbito sistêmico do processo, em detrimento a pontos específicos; (e) proporcionar informações básicas para a discussão e avaliação de assuntos ambientais. O conceito de eco-eficiência também vem sendo adotado por empresas do mundo inteiro, como apelo para assegurar que seus sistemas de produção, produtos e serviços estejam comprometidos com uma performance econômica e ambiental corretas. Nesse sentido, a empresa que busca a eco-eficiência passa a adotar condutas como a minimização do consumo de matérias-primas virgens e sua substituição por materiais reciclados, a concentração de esforços para diminuir a toxicidade de seus produtos, aumentando-lhes sua vida útil, a redução de gastos de energia em seus processos, entre outros. As conceituações de análise do ciclo de vida e de rotulagem ambiental são elementos já observados e exigidos em muitos mercados e legislações internacionais de embalagens de alimentos, merecendo rigorosa avaliação nos setores de produção, comercialização de produtos/alimentos e reciclagem, sendo definitivamente seletivos para o sucesso ou a inviabilização de empreendimentos envolvidos direta ou indiretamente com o setor de embalagem e conservação de alimentos (FORLIN; FARIA, 2002, p. 1-10).

### **2.2.1 Cooperativa Mãos Verdes**

A maior parte do suprimento de resíduos do setor produtivo é proveniente da atividade de catadores. Dessa forma, a legalização, o incentivo

e profissionalização dos catadores pela formação de cooperativas, além de inserir essa parcela da população dentro da sociedade economicamente ativa, pode contribuir como uma forma de viabilização da coleta seletiva em âmbito nacional (SANTOS; SPINACÉ; DE PAOLI, 2004, p. 307-312).

A Cooperativa Mãos Verdes é uma Cooperativa dos Trabalhadores e Gestores Socioambientais que reúne lideranças de unidades de triagem do Rio Grande do Sul, técnicos especialistas em materiais recicláveis e gestão de resíduos e líderes de entidades (MÃOS VERDES).

Os integrantes possuem condições para a realização de projetos de sustentabilidade com foco na área de reciclagem e gerenciamento de resíduos. No contexto da reciclagem, a Mãos Verdes atua sobre sistemas de coleta seletiva e centros de triagem, beneficiamento e destinação de resíduos, sendo que os principais serviços oferecidos são: Assessoria a iniciativas de sustentabilidade, elaboração e execução de projetos em gerenciamento e reciclagem de resíduos, formação de pessoas e elaboração de estudos técnicos (MÃOS VERDES).

Figura 4: Logo dos Projetos de sustentabilidade.



Fonte: (MÃOS VERDES).

Dentre os principais objetivos da “Mãos Verdes” está a construção de uma cooperativa sustentável, reconhecida como agente transformador da reciclagem em cadeia profissional sistêmica, com inclusão dos catadores e agentes da triagem, criando condições para o desenvolvimento socioambiental da região sul do Brasil (MÃOS VERDES).

A cooperativa possui a experiência em parcerias entre entidades do terceiro setor, governos e empresas privadas, dando origem a uma bem sucedida caminhada de projetos, com resultados relevantes, para centros populares de triagem de resíduos pós-consumo, conhecidos como galpões de reciclagem. A motivação da Cooperativa Mãos Verdes é promover uma sólida experiência de cooperação técnica e financeira na gestão de resíduos, com inclusão social, convocando a todos para construir mudanças e edificar negócios sustentáveis (MÃOS VERDES).

Dentre os projetos existentes, está o “Caminhos da Reciclagem”, promovido pela Braskem, o qual visa proporcionar aos professores das escolas de ensino médio e fundamental da rede privada de Porto Alegre, o conhecimento sobre a cadeia produtiva da reciclagem e os benefícios que ela traz para a sociedade, na dimensão econômica, social e ambiental. O projeto promoveu um dia de imersão no ciclo de vida do plástico: produção, transformação, consumo e reciclagem (MÃOS VERDES).

A Mãos Verdes, com apoio do SINEPE/RS – Sindicato do Ensino Privado, idealizou a metodologia do projeto e realizou a prospecção, abordagem e formalização de parcerias com as escolas da rede privada de Porto Alegre. Propôs a sensibilização e integração dos professores através da execução das visitas guiadas, avaliando, por fim, a experiência dos participantes para consolidação do resultado atingido (MÃOS VERDES).

### 2.3 POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS E TERMOFIXOS

Um esquema de classificação dos materiais poliméricos é feito de acordo com sua resposta mecânica a temperaturas elevadas. Os termoplásticos amolecem quando são aquecidos, passando para o estado líquido e quando resfriados voltam para o estado sólido. Essa capacidade é caracterizada por um processo reversível, podendo ser repetido várias vezes. A maioria dos polímeros lineares e aqueles que possuem algumas estruturas ramificadas com cadeias flexíveis são termoplásticos, sendo relativamente moles e dúcteis (CALISTER; WILLIAM, 2012, p. 259-260).

Os termoplásticos possuem boa aparência, são isolantes térmico e elétrico, são resistentes ao impacto e possuem baixo custo, portanto, apresentam uma larga faixa de aplicações. Devido a estas propriedades o consumo dos polímeros vem crescendo no Brasil e no mundo (SPINACÉ; DE PAOLI, 2005 p. 65-72).

Em nível molecular, de acordo com o aumento da temperatura as forças de ligação secundárias são diminuídas, de modo que o movimento relativo das cadeias adjacentes é facilitado quando uma tensão é aplicada. Alguns exemplos de polímeros termoplásticos são: PET, PVC, PE, PP, PMMA, entre outros (CALISTER; WILLIAM, 2012, p. 327-357).

Por outro lado, os polímeros termofixos se tornam permanentemente duros quando submetidos à aplicação de calor e não amolecem com o aquecimento subsequente. Ligações cruzadas covalentes são formadas entre cadeias moleculares adjacentes, durante o tratamento térmico inicial. Essas ligações conectam as cadeias entre si e as fazem resistir aos movimentos vibracionais e rotacionais em temperaturas elevadas. Os polímeros termofixos são geralmente mais duros, mais fortes e mais frágeis do que os polímeros termoplásticos, além disso, possuem melhor estabilidade dimensional. Dentro da classe dos termofixos se encontram os Epóxi, as Poliuretanas, Poliésteres Insaturados, entre outros (CALISTER; WILLIAM, 2012, p. 327-357).

### **2.3.1 Polipropileno**

O Polipropileno (PP) é um material termoplástico, onde o monômero utilizado é o propeno. O PP é um dos polímeros mais utilizados atualmente devido ao seu baixo custo, fácil processabilidade, reciclabilidade e por possuir excelentes propriedades físicas, mecânicas e térmicas, quando utilizado em aplicações a temperatura ambiente. É utilizado principalmente na fabricação de para-choques para automóveis e embalagens de alimentos.

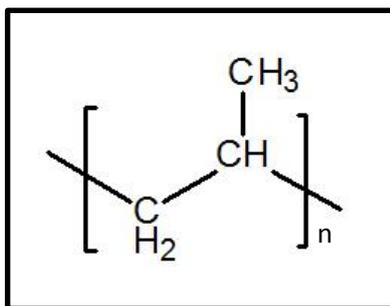
Sua importância comercial se deve ao fato de possuir ótimas propriedades intrínsecas, como alto ponto de fusão, baixa densidade, e relativamente boa resistência a impacto. Estas propriedades podem ser alteradas através da modificação na estereoregularidade da cadeia (taticidade)

(KISSEL; HAN; MEYER, 2003, p. 15-38).

O PP é considerado um polímero *commodity*, ou seja, de baixo custo agregado, o que faz com que diversos fabricantes de polipropileno invistam na conversão desta resina em produtos especializados.

O polipropileno é obtido através da polimerização do gás propeno (que é o monômero), utilizando catalisadores do tipo Ziegler-Natta. Os processos de polimerização são através de: solução; suspensão em um solvente (*slurry*); massa (*bulk*); e a fase gasosa, sendo esta última, a de tecnologia mais moderna. A estrutura do PP é o  $(C_3H_6)_n$ , apresentada na Figura 5.

Figura 5: Estrutura química do Polipropileno:



Fonte: Elaborado pela Própria autora.

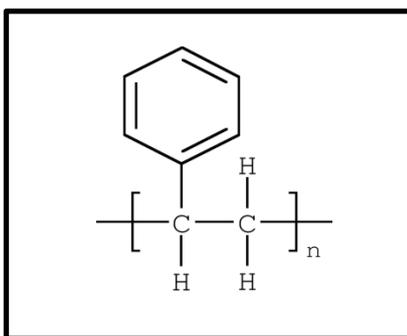
### 2.3.2 Poliestireno

O Poliestireno (PS) é o pioneiro entre os termoplásticos, tendo iniciado a produção comercial em 1930 na Alemanha, apresentando-se sob várias formas, a saber: 1) A resina cristal ou *standard*, de uso geral, cujas características principais são a transparência e a fácil coloração. Os maiores usos são para embalagens (principalmente copos e potes para indústria alimentícia), copos descartáveis e caixas de CD's; 2) O poliestireno expandido ou EPS (mais conhecido no Brasil pela marca comercial Isopor®, da BASF), que é uma espuma obtida através da expansão da resina PS durante sua polimerização por meio de um agente químico. O PS é utilizado, basicamente, como embalagem protetora e como isolante térmico; e 3) O poliestireno de alto impacto (HIPS) que é um PS modificado com elastômeros de polibutadieno.

Existe, também, o PS sindiotático (sPS) oriundo de catalisadores de metallocenos (BNDS).

O PS é obtido através da polimerização do estireno, sendo que esta polimerização pode ser em massa ou em suspensão. A estrutura do PS é o  $(C_8H_8)_n$ , apresentada na Figura 6:

Figura 6: Estrutura química do Poliestireno:



Fonte: Elaborado pela Própria autora.

Este polímero é um termoplástico que se caracteriza por sua dureza, sua facilidade de processamento e seu baixo custo. Sua coloração é excelente. É disponível em vários tipos apropriados para várias aplicações e processamentos.

## 2.4 PROCESSAMENTO DE POLÍMEROS

Processamento de polímeros é definido como a atividade de engenharia preocupada com operações realizadas em materiais ou sistemas poliméricos para aumentar a sua utilidade. Trata-se da conversão de materiais poliméricos brutos em produtos acabados. Para isso, uma variedade de técnicas é empregada na conformação de materiais poliméricos, onde o método utilizado para um polímero específico depende de diversos fatores: (1) se o material é termoplástico ou termofixo; (2) se ele é termoplástico, que temperatura ele amolece; (3) a estabilidade atmosférica do material que está sendo conformado; (4) a geometria e o tamanho do produto acabado (CALISTER;

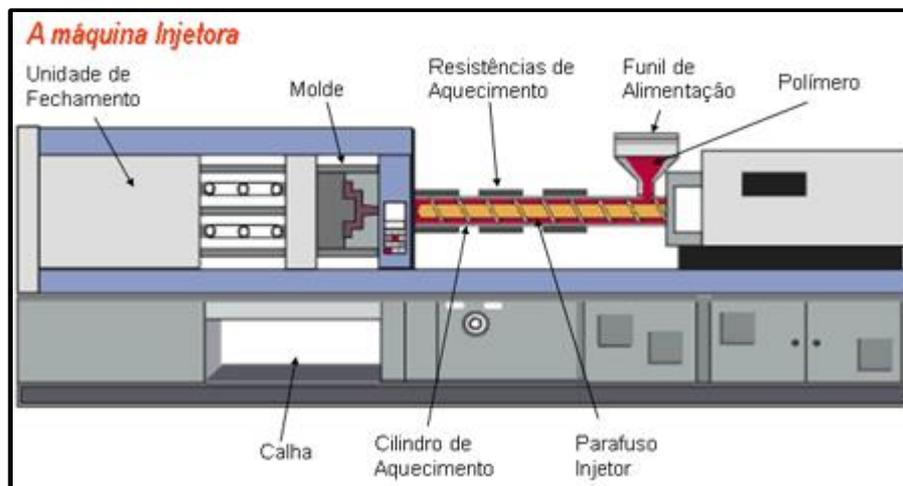
WILLIAM, 2012, p. 327-357).

A fabricação de materiais poliméricos ocorre normalmente a temperaturas elevadas e, com frequência, com a aplicação de pressão. Os termoplásticos são conformados acima das suas temperaturas de transição vítrea, se amorfos, ou acima das suas temperaturas de fusão, se semicristalinos. Um benefício econômico significativo de se usar termoplásticos é o fato de eles poderem ser reciclados. As peças de termoplásticos refugadas podem ser novamente fundidas e processadas em novas formas (CALISTER; WILLIAM, 2012, p. 327-357).

Já a fabricação de polímeros termofixos é realizada normalmente em dois estágios. Em primeiro lugar ocorre a preparação de um polímero linear e então esse material é convertido no produto final, duro e rígido, durante o segundo estágio, que é chamado de “cura”. A moldagem é o método mais comum para a conformação de polímeros plásticos, onde um plástico finamente peletizado ou granulado é forçado a uma temperatura elevada e com pressão, a escoar para o interior, preencher e assumir a forma da cavidade de um molde. Para isso, existem técnicas de moldagem que incluem a moldagem por compressão, transferência, insuflação, injeção e extrusão (CALISTER; WILLIAM, 2012, p. 327-357).

A moldagem por injeção é a técnica mais amplamente difundida para a fabricação de materiais termoplásticos. Um diagrama esquemático mostrando o equipamento utilizado nesse processo está ilustrado na Figura 7. O material peletizado é inserido no equipamento através de um funil de alimentação, onde é carregado para o interior do cilindro a partir de um parafuso injetor. Nessa etapa, onde a carga é empurrada para frente, ocorre o aquecimento do material termoplástico e esse funde-se, formando um líquido viscoso. Em seguida, o plástico é impelido através de um bico injetor para o interior da cavidade fechada do molde. Após esse processo, o molde é aberto e a peça é ejetada, para que um novo ciclo de injeção ocorra. A moldagem por injeção caracteriza-se pela velocidade com que as peças são produzidas, comumente dentro de um intervalo de 10 a 30 segundos.

Figura 7: Diagrama esquemático de um equipamento para moldagem por injeção.



Fonte: (GALDAMEZ;CARPINETTI,2004, p. 121-134).

## 2.5 MODELOS MOLECULARES

No ensino da química, o modo como alguns temas específicos são abordados em sala de aula, tais como: (a) ligações químicas, (b) estruturas moleculares e (c) estereoquímica, leva o estudante do ensino médio ou superior, a imaginar a química como uma ciência abstrata e complexa, o que o distancia de uma forma de aprendizagem eficaz e significativa. Assim, cabe aos profissionais do ensino da química buscar alternativas didáticas que promovam a melhoria do aprendizado, mostrando aos alunos que a química é uma ciência cujos conceitos e leis, são uma consequência direta do comportamento da natureza. O uso de modelos moleculares é simples e de grande valia para este propósito, pois apoia a visualização das ligações químicas existentes entre os núcleos atômicos que compõem uma molécula, como também possibilita desenvolver no aluno a percepção do arranjo espacial destas. A construção de modelos moleculares pode ser feita de várias formas e usando os mais variados materiais. A Tabela 1 mostra comparativamente as vantagens e desvantagens de modelos comerciais e de modelos alternativos que estão propostos na literatura (LIMA; LIMA-NETO, 1999, p. 903-906).

Dentre as aplicações para o uso de modelos temos: a verificação dos elementos de simetria numa molécula, a avaliação do grau de impedimento estérico, a diferenciação de isômeros, o estabelecimento de mecanismos de reação, a determinação da configuração R/S em torno de um centro quiral (LIMA; LIMA-NETO, 1999, p. 903-906).

Tabela 1: Relação das vantagens e de modelos comerciais e alternativos.

<b>Tipo</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Comerciais</b>	Acabamento fino, ângulos corretos.	Importados, caros, limitado números de peças, são específicos, fácil desgaste, configuração espaciais restritas.
<b>Bolas de isopor com palitos de dente</b>	Acessível e versátil com ampla e pronta aplicação.	Ocupa muito espaço e é de fácil desgaste.
<b>Canudos de bebida</b>	Fácil aquisição, cores variadas.	Montagem definitiva, frágil e muito leve.
<b>Balões de aniversário</b>	Acessível, cores variadas.	Definitivo, frágil, muito leve.
<b>Arame</b>	Fácil construção.	Difícil manuseio da estrutura, uso restrito.
<b>Bolas de isopor com canudos, alfinetes e arames</b>	Versátil, ampla aplicação em química, acessível.	Montagens definitivas, difícil posicionamento dos ângulos.

Fonte: Adaptado de (LIMA; LIMA-NETO, 1999, p. 903-906).

### 3 OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo propor o desenvolvimento de um modelo molecular didático, prático e com resistência mecânica, através da utilização de polímeros reciclados.

A obtenção destes modelos moleculares a partir de materiais reciclados visa também manter as propriedades térmicas e mecânicas encontradas nos modelos feitos a partir de matéria prima virgem. A comparação entre o polímero virgem e reciclado será realizada utilizando análise térmica e mecânica do material reciclado, bem como os dados existentes na literatura para o polímero comercial.

Ao final deste trabalho será realizada uma análise da viabilidade técnica-econômica-ambiental do modelo molecular proposto e uma comparação com os modelos já disponíveis no mercado.

#### 4 PROPOSTA TECNOLÓGICA

A proposta tecnológica desse trabalho é a obtenção de modelos moleculares a partir de polipropileno e poliestireno reciclados, através do processo de injeção de materiais plásticos. PP reciclado será coletado em forma de tampas pós-consumo de garrafas de água, refrigerante e suco, enquanto que o PS reciclado será obtido a partir de copos pós-consumo do restaurante universitário da UFRGS. Os materiais foram escolhidos levando em conta a facilidade de obtenção e reciclagem, bem como a diversidade de cores, para que no momento da produção seja possível fazer a identificação e diferenciação dos átomos como o Carbono, Hidrogênio, Oxigênio, Nitrogênio, Enxofre, entre outros.

O impacto ambiental gerado pela matéria-prima utilizada foi de grande importância para a escolha dos mesmos, pois optou-se por materiais reciclados pelo fato da reciclagem ser um processo de conversão de um material que primeiramente seria desperdiçado, em materiais ou produtos de potencial utilidade. Além de tudo, este processo permite reduzir o consumo de matérias-primas virgens, de utilização de energia e principalmente reduzir a poluição do ar e da água.

Na etapa de execução do presente projeto, pretende-se alcançar os objetivos propostos e, desta forma, obter modelos moleculares de forma sustentável, o que vai de encontro à preocupação global com o meio ambiente.

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 MATERIAIS

No desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas as seguintes matérias-primas para o preparo dos modelos moleculares, e estão ilustradas na Figura 8:

- PP proveniente de tampas de garrafas de refrigerante e água;
- PS proveniente de copos plásticos;

Figura 8: Matérias-primas coletadas na universidade.



### 5.2 EQUIPAMENTOS

- Moinho SEIBT;
- Injetora Battenfeld 360 Plus;
- Prensa quente (Carver Inc., Modelo 3710-ASTM, Wabash, IN, EUA);
- TGA Q50 (TA Instruments);
- DSC Q20 da (TA Instruments);
- DMTA Q800 (TA Instruments).

### 5.3 PREPARO DOS FILMES

O PP utilizado nesse trabalho é proveniente de tampas de garrafas pós-consumo de refrigerante e água mineral (diversas marcas comerciais). Foram

selecionadas as tampas de três cores: azuis, vermelhas e verdes. Já o PS utilizado foi obtido a partir de copos pós-consumo coletados no restaurante universitário da UFRGS. A preparação das amostras constitui em uma pré-lavagem das tampas em um tanque de água, apenas para retirar o excesso de resíduos, na sequência as tampas e os copos foram secos a temperatura ambiente por 48 horas. Os copos de PS reciclado não passaram pelo processo de pré-lavagem, pois foram utilizados apenas com água no restaurante universitário.

Após a secagem, com o auxílio de um moinho, os materiais foram picotados para a posterior prensagem.

## 5.4 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS RECICLADOS

### 5.4.1 Análise Termogravimétrica (TGA)

Os experimentos foram realizados em um equipamento TA Instruments modelo TGA Q50 (New Castle, DE, USA). Para a realização da análise foram utilizadas em torno de 10mg de amostra na forma de filmes finos. As amostras foram aquecidas de 25 °C a 800 °C a uma razão de aquecimento de 20 °C min<sup>-1</sup>, sob atmosfera de nitrogênio (50 mL min<sup>-1</sup>). Foram determinadas as temperaturas características de degradação  $T_{10\%}$  e  $T_{50\%}$ , que são respectivamente a temperatura de decomposição inicial (para 10% de perda de massa) e a temperatura da máxima taxa de degradação.

### 5.4.2 Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)

Para determinar o comportamento térmico do PP e do PS reciclados, foram determinados os valores de temperatura de fusão ( $T_m$ ), de cristalização ( $T_c$ ) e temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ). As análises foram realizadas no equipamento de análise térmica DSC Q20 da TA Instruments (New Castle, DE, USA).

Para a realização das análises foram utilizadas em torno de  $7,0 \pm 0,3$  mg de amostra na forma de filmes. O programa de aquecimento adotado consistiu em aquecer as amostras de 25 °C até 200°C, mantê-las nessa temperatura

durante 2 minutos e, em seguida, resfriá-las até 0°C. Uma varredura de aquecimento consistiu em aquecê-las novamente até 260°C. Todas as corridas foram conduzidas a uma taxa de aquecimento de 20 °C min<sup>-1</sup> e as análises foram realizadas sob fluxo de nitrogênio (50 mL min<sup>-1</sup>).

A partir dessas medidas foram avaliadas a temperatura de fusão ( $T_m$ ), e a temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ) dos materiais pelo segundo aquecimento, a temperatura de cristalização ( $T_c$ ) e a entalpia de cristalização ( $\Delta H_c$ ) foram obtidos no resfriamento. O grau de cristalinidade ( $X_c$ ) dos materiais foi determinado a partir da seguinte relação:

Equação 1 
$$X_c = \frac{\Delta H_m}{w \cdot \Delta H_m^0} \cdot 100$$

onde  $\Delta H_m$  é a entalpia de fusão (J g<sup>-1</sup>) da amostra,  $w$  é a fração em massa do PP encontrada no experimento e  $\Delta H_m^0$  é a entalpia de fusão teórico, que para o PP é de 190 (J g<sup>-1</sup>) (AMASH; ZUGENMAIER, 1997).

#### 5.4.3 Ensaio de Tração

Resistência à tração ( $\sigma$ ), módulo elástico ( $E$ ) e deformação na ruptura ( $\epsilon$ ), foram determinados através do equipamento DMTA Q800 (TA Instruments), utilizando a geometria de filme. O experimento foi conduzido à temperatura ambiente aplicando uma força de pré-carga de 0,001 N, com rampa de força de 2,0 N / min, sendo a força limite superior de 18 N. Os testes foram realizados em triplicata.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES

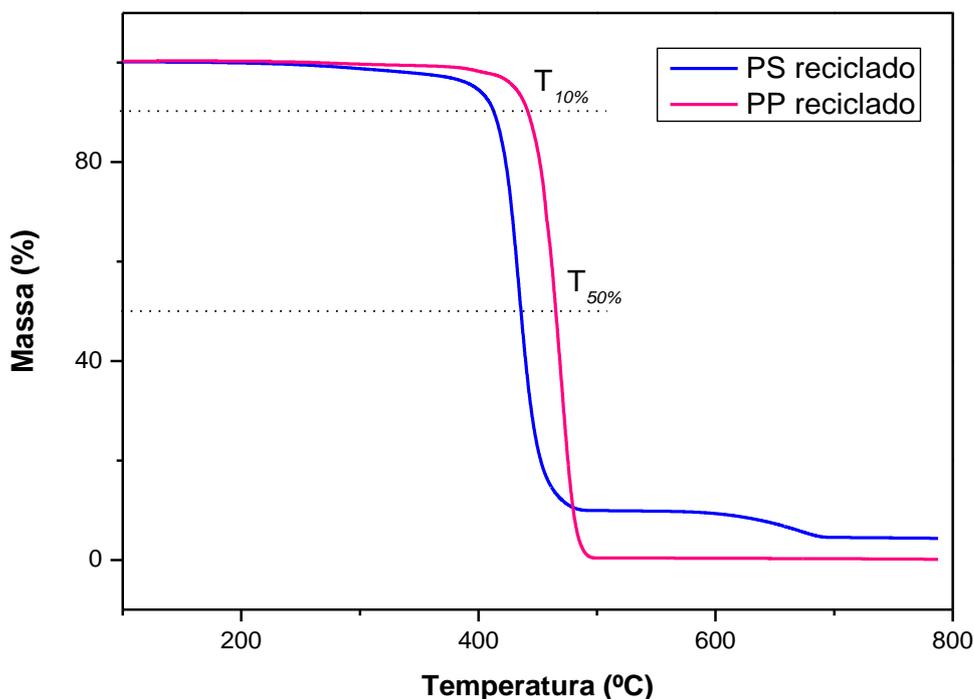
#### 6.1.1 Análise Termogravimétrica (TGA)

Análises termogravimétricas (TGA) foram realizadas para determinar o perfil de degradação das amostras de PP e PS recicladas. A análise termogravimétrica é definida como um processo que envolve a medida da variação de massa de uma amostra em função da temperatura (varredura da temperatura) (CHECCHINATO, 2007).

A Figura 9 mostra as curvas de TGA para o PP e PS reciclados. Em relação ao PP reciclado, podemos visualizar que o mesmo não sofre degradação até uma temperatura de 200°C. Este polímero começa a sua degradação/decomposição em torno de 280°C e termina em torno de 500°C, apresentando mais de 90% de perda de massa. A degradação do PP envolve reações de quebra da cadeia principal formando cadeias menores e apresentando radicais internos e em seguida cisão  $\beta$ , formando produtos voláteis e resíduos de polímeros (CASTEL, 2008). Para o PS reciclado, a temperatura de degradação inicial foi de aproximadamente 214 °C e a final foi obtida em torno de 690 °C.

Diferentemente do PP reciclado, a amostra de PS reciclado apresentou menor porcentagem de perda de massa. Pode-se dizer que o PP reciclado degrada totalmente, enquanto que o PS reciclado apresentou uma porcentagem de resíduos inorgânicos, que possivelmente seja Carbonato de Cálcio (CHECCHINATO, 2007).

Figura 9. Curvas de TGA para o PP e PS reciclados.



Fonte: Elaborado pela Própria autora.

A Tabela 2 apresenta as temperaturas de decomposição inicial e final, sendo representado respectivamente por  $T_{inicial}$  e  $T_{final}$ . Também são apresentados os valores de  $T_{10\%}$  e  $T_{50\%}$  as quais correspondem, respectivamente, a temperatura de decomposição com 10% de degradação e a temperatura máxima de degradação.

Comparando os dados obtidos a partir dos materiais reciclados e os dados presentes na literatura, é possível perceber que as temperaturas encontradas para as amostras de PP virgem e reciclado são próximas, ou seja, a estabilidade térmica não foi afetada de forma significativa (VASSILIOU; BIKIARIS; CHRISAFIS; et al, 2008).

No entanto, os valores encontrados para o PS virgem e reciclado tiveram uma variação significativa quando comparado  $T_{inicial}$ , porém a  $T_{final}$ ,  $T_{10\%}$  e a  $T_{50\%}$  apresentaram maior proximidade com os valores encontrados na literatura (CHECCHINATO, 2007).

Estes resultados indicam que as propriedades térmicas dos materiais reciclados são mantidas principalmente para a amostra de PP reciclado. Ainda, é importante ressaltar que as propriedades térmicas de polímeros variam conforme o fornecedor, lote e se tratando de PP, ocorre também variação de taticidade.

Uma comparação com dados da literatura para polímeros virgens e reciclados foi realizada (Tabela 2) com o intuito de demonstrar que PP e PS reciclados possuem uma boa estabilidade térmica (BIANCHI, 2011) (SANTOS; LIBERMAN; OVIEDO, MAULER, 2009), podendo assim ser utilizados no desenvolvimento de modelos moleculares.

Tabela 2: Resultados das propriedades térmicas obtidos a partir do TGA de PP e PS virgens e PP e PS reciclados.

<b>Amostra</b>	<b>T<sub>inicial</sub>(°C)</b>	<b>T<sub>final</sub>(°C)</b>	<b>T<sub>10%</sub>(°C)</b>	<b>T<sub>50%</sub>(°C)</b>
<b>PP virgem*</b>	273	500	420	452
<b>PP reciclado</b>	280	495	440	466
<b>PS virgem*</b>	275	460	420	425
<b>PS reciclado</b>	214	490	412	434

Fonte: Elaborado pela Própria autora.

\* Dados encontrados na literatura. (VASSILIOU; BIKIARIS; CHRISAFIS; et al, 2008) e (CHECCHINATO, 2007).

### **6.1.2 Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)**

O grau de cristalinidade de um polímero depende da taxa de resfriamento durante o processo de solidificação, bem como da configuração da cadeia polimérica. Durante a cristalização, com o resfriamento, as cadeias que por sua vez são altamente aleatórias e geralmente encontram-se embaraçadas e entrelaçadas, precisam assumir uma configuração ordenada. Para que isso seja possível, deve-se dar um tempo suficiente para que as cadeias se movam e se alinhem umas em relação às outras (CALISTER; WILLIAM, 2012). O comportamento da cristalização e da fusão da amostra de

PP reciclado é apresentado nas Figuras 10(a) pelas curvas de DSC do primeiro resfriamento e 11(a) pelas curvas de DSC do segundo aquecimento, respectivamente.

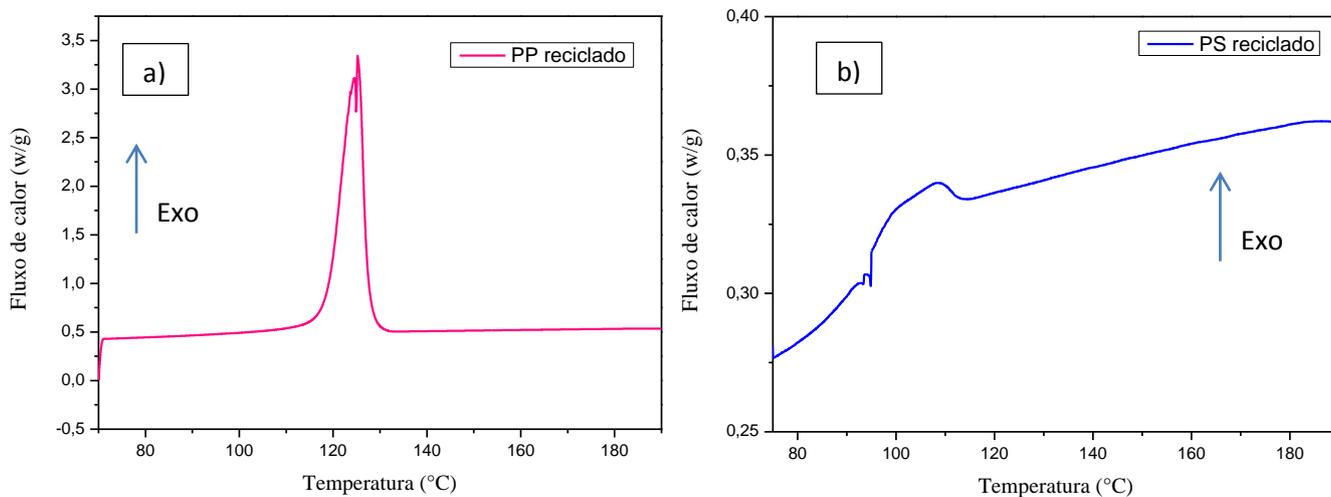
Na Figura 10(a) é possível visualizar a temperatura que ocorre a cristalização da amostra de PP reciclado, chamada  $T_c$ . A mesma é indicada pelo ponto máximo da curva obtida pelo resfriamento e ocorreu em aproximadamente 129 °C. Este ponto indica a temperatura onde ocorre a maior taxa de cristalização. Estas curvas são características de um processo onde ocorre a liberação de calor, dito como processo exotérmico (CALISTER; WILLIAM, 2012).

Por outro lado, na Figura 11(a) é possível visualizar a mudança de fase do estado sólido para o estado fundido da amostra de PP reciclado, que ocorreu em torno de 169°C. Este ponto denominado  $T_m$  caracteriza o processo de fusão. Esta curva é caracterizada pela absorção de calor da amostra durante a possível mudança de fase, e é caracterizado como sendo um processo endotérmico (CANEVAROLO, 2007).

O formato da curva de fusão determinado pelo ensaio de DSC permite que se tirem conclusões sobre a distribuição dos tamanhos de cristalitos. Dessa forma, um pico de fusão largo denota uma variada distribuição de tamanhos de cristalitos. Um pico de fusão dentro de uma faixa estreita de temperatura indica cristalitos grandes e bem formados (KNAPPE, 2010).

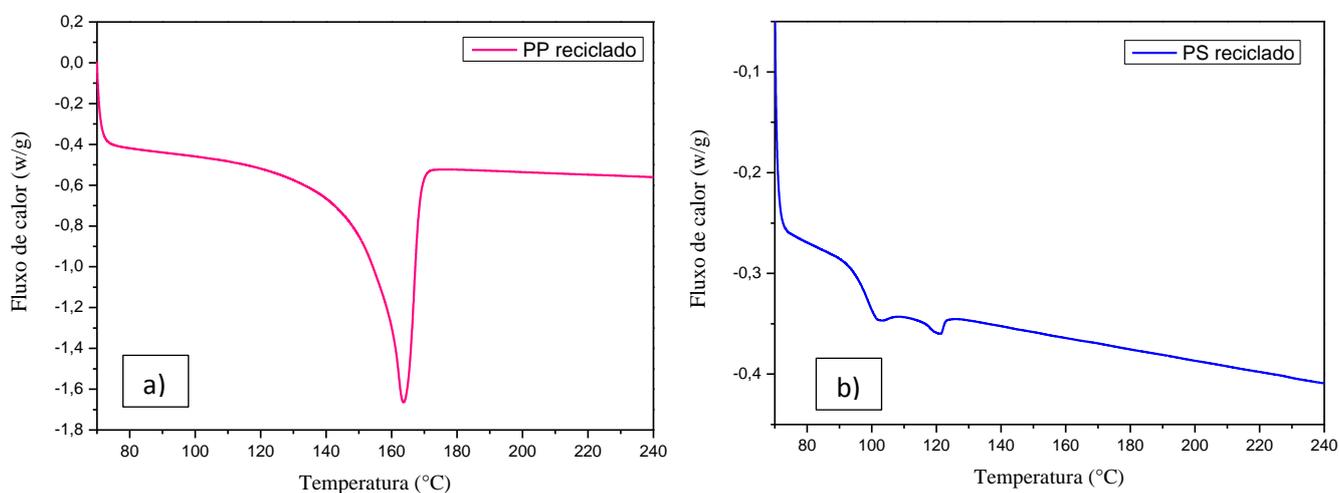
As Figuras 10(b) e 11(b) apresentam as curvas do primeiro resfriamento e do segundo aquecimento, respectivamente, obtidas a partir da análise de DSC para a amostra de PS reciclado. A amostra não apresentou  $T_m$  e nem  $T_c$ . Isso acontece pelo fato do PS ser um polímero amorfo, apresentando somente temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ), que para o material virgem é bem definida em 95 °C (CHECCHINATO, 2007). A amostra de PS reciclado apresentou a  $T_g$  muito próxima ao valor encontrado na literatura, sendo visualizada na Figura 11(b) em 94°C.

Figura 10. Curvas de DSC (1º resfriamento): a) PP reciclado e b) PS reciclado.



Fonte: Elaborado pela Própria autora.

Figura 11. Curvas de DSC (2º aquecimento): a) PP reciclado e b) PS reciclado.



Fonte: Elaborado pela Própria autora.

Na Tabela 3 pode ser observado o resumo das transições térmicas observadas e calculadas pela técnica de DSC. Tanto o PP reciclado, quanto o PS reciclado apresentaram propriedades térmicas muito semelhantes aos polímeros virgens, e estes dados também corroboram com valores encontrados

pela técnica de TGA, pois evidenciam que os materiais reciclados possuem boa estabilidade térmica e são ótimas alternativas para a substituição de polímeros virgens.

Tabela 3: Resultados das propriedades térmicas obtidos a partir do DSC de PP e PS virgens e PP e PS reciclados.

Amostra	$T_g(^{\circ}\text{C})$	$T_m(^{\circ}\text{C})$	$T_c(^{\circ}\text{C})$	$X_c(\%)$
PP virgem*	-18	169	129	62
PP reciclado	-	164	125	54
PS virgem*	95	-	-	-
PS reciclado	94	-	-	-

Fonte: Elaborado pela Própria autora.

\* Dados encontrados na literatura. (CALISTER; WILLIAM, 2012), (ZEHETMEYER, 2012) e (CHECCHINATO, 2007).

O valor da  $T_g$  da amostra de PP reciclado não foi determinado, pois a segunda corrida de aquecimento iniciou em  $0^{\circ}\text{C}$ , sendo assim não obtivemos o valor onde ocorria transição vítrea, tendo o conhecimento que a  $T_g$  do polímero virgem é -18. A porcentagem de cristalinidade do PP, obtida através do DSC, foi muito próxima ao valor descrito pelos autores.

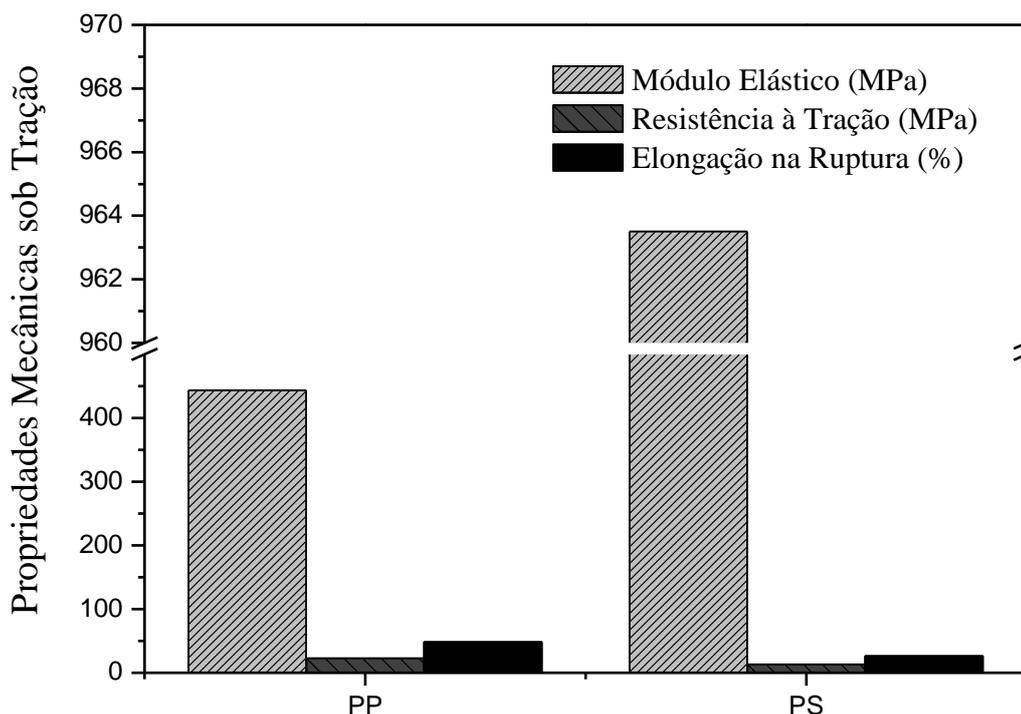
### 6.1.3 Ensaio de Tração

As propriedades mecânicas dos polímeros são caracterizadas pelo modo como estes materiais respondem às solicitações mecânicas aplicadas, podendo estas ser do tipo tensão ou deformação. A natureza desta resposta depende da estrutura química, temperatura, tempo e história (condições) de processamento do polímero. A estrutura molecular dos polímeros proporciona um comportamento viscoso, como líquidos, superposto com um comportamento elástico, como os sólidos (CANEVAROLO, 2007).

As propriedades mecânicas das amostras poliméricas podem ser influenciadas pelas condições de preparação e ensaio das amostras, o grau de cristalinidade do material e peso molecular (CALISTER; WILLIAM, 2012). Para

determinar se o material reciclado possui propriedades mecânicas diferentes dos polímeros virgens, as amostras de PP e PS reciclados foram submetidas ao ensaio de tração, e o módulo elástico ( $E$ ), resistência à tração ( $\sigma$ ) e a elongação na ruptura ( $\epsilon$ ) estão apresentados na Figura 12.

Figura 12. Propriedades mecânicas sob tração para o PP e PS reciclados.



Fonte: Elaborado pela Própria autora.

De acordo com os testes mecânicos, o módulo elástico ( $E$ ) do PP reciclado foi de 443 MPa, a resistência à tração ( $\sigma$ ) foi de 22 MPa e a elongação na ruptura ( $\epsilon$ ) foi de 48 %, enquanto que os valores encontrados para o PS reciclados em relação ao módulo elástico ( $E$ ) foi de 964 MPa, a resistência à tração ( $\sigma$ ) foi de 13 MPa e a elongação na ruptura ( $\epsilon$ ) foi de 26%.

Tendo em vista que o módulo elástico está relacionado com a energia necessária para deformar os ângulos e a distância de ligações entre os átomos da cadeia polimérica, e que quanto mais rígida a cadeia polimérica, maior será o módulo elástico (CANEVAROLO, 2007), é confirmado que a amostra de PS reciclado é mais rígida que a amostra de PP reciclado.

Essa diferença na rigidez entre as duas amostras está relacionada com a variedade de comportamentos físico-mecânicos que um polímero pode apresentar (CANEVAROLO, 2007). Na temperatura ambiente, o PS se encontra abaixo de sua temperatura de transição vítrea e neste baixo nível energético, as suas cadeias poliméricas não têm energia suficiente para apresentar mobilidade, respondendo preferencialmente de forma elástica às solicitações mecânicas. A componente viscosa (deformação plástica) existe, mas sua contribuição é minoritária e sendo assim o PS se comporta como um polímero rígido e frágil (CANEVAROLO, 2007).

Diferente do PS, o PP na temperatura ambiente, se encontra acima de sua temperatura de transição e abaixo de sua temperatura de fusão e nesta faixa de temperatura, o nível energético é suficiente para dar mobilidade a fase amorfa, mantendo a fase cristalina rígida. Ocorre uma flexibilidade da massa polimérica em função da mobilidade gerada pela fase amorfa, mas ainda com certa restrição causada pela fase cristalina. Por conseguinte, o PP tem um valor de módulo elástico inferior que o do PS.

A Tabela 4 resume as propriedades mecânicas do PP reciclado e também do PS reciclado. Os valores representam a média dos resultados obtidos.

Tabela 4: Resultados das propriedades mecânicas obtidos a partir do Ensaio de Tração de PP e PS virgens e PP e PS reciclados.

<b>Amostra</b>	<b>Módulo Elástico (MPa)</b>	<b>Resistência à Tração (MPa)</b>	<b>Elongação na Ruptura (%)</b>
<b>PP*</b>	1140 - 1550	31 – 41,4	100 - 600
<b>PP</b>	443	22	48
<b>PS*</b>	2280 - 3280	35,9 – 51,7	1,2 – 2,5
<b>PS</b>	964	13	26

Fonte: Elaborado pela Própria autora.

\* Dados encontrados na literatura (CALISTER; WILLIAM, 2012), (ZEHETMEYER, 2012) e (CHECCHINATO, 2007).

Na Tabela 4 é possível perceber uma grande diferença nas propriedades mecânicas encontradas experimentalmente para os polímeros reciclados. Uma das razões para este comportamento pode ser devido ao formato das amostras analisadas, uma vez que a tensão mecânica é inversamente proporcional a área da amostra (CANEVAROLO, 2007). Na literatura, os autores utilizam as amostras no formato de barra, de acordo com a norma ASTM 638-II, já as amostras que utilizamos neste trabalho eram no formato de filmes.

Em relação a rigidez dos materiais, espera-se que a mesma não interfira na qualidade do produto final, porém após a confecção dos modelos moleculares é necessário novas análises para identificar a resistência obtida.

## 7 FABRICAÇÃO DO PRODUTO EM ESCALA INDUSTRIAL

### 7.1 CUSTO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

Para a produção dos modelos moleculares em escala industrial, primeiramente foi realizada uma coleta seletiva das matérias-primas. A coleta das tampas de garrafas de plástico, para a obtenção de PP reciclado, foi efetuada dentro das dependências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no Campus do Vale e teve como cartaz tema da coleta a Figura 13. Nesta etapa é realizada uma espécie de triagem manual dos materiais, com o intuito de separar as cores de tampas coletadas.

Figura 13. Cartaz tema da coleta de tampas na universidade.



Fonte: Elaborado pela Própria autora.

A coleta de copos plásticos, para a obtenção do PS reciclado, foi efetuada no restaurante universitário da UFRGS, no campus do vale, onde já conta com a devida separação de papéis e plásticos, através de diferentes cores dos sacos de lixo. A Figura 14 mostra a lixeira de saco azul que é utilizada para a coleta dos copos plásticos.

Figura 14. Lixeira utilizada para a coleta de copos plásticos descartados no RU da universidade.



Fonte: Imagem registrada pela Própria autora.

A obtenção das matérias primas não agregam nenhum custo para o produto final, pois tanto o PP reciclado, como o PS reciclado são materiais pós-consumo descartados na universidade.

## 7.2 PRODUÇÃO INDUSTRIAL

A segunda etapa do processo consiste em moer os materiais coletados em um moinho granulador, que está ilustrado na Figura 15, para a obtenção dos materiais em uma granulometria de aproximadamente 40 mm de espessura. O carregamento do equipamento é feito de forma manual na parte lateral do moinho (SANTOS, 2013).

Figura 15. Moinho granulador.



Fonte: Imagem registrada pela Própria autora.

Após a etapa de moagem, os materiais foram lavados em um tanque com água que tem por função a descontaminação e limpeza do material (SANTOS, 2013). Atualmente, os copos coletados no RU estão sendo utilizados apenas no consumo de água e por isso o processo de lavagem não foi necessário para o PS reciclado. Em seguida todos os materiais picotados foram secos a temperatura ambiente por 48 horas. A etapa seguinte é a injeção dos materiais, sendo que uma cor é injetada de cada vez. A injetora utilizada está ilustrada na Figura 16.

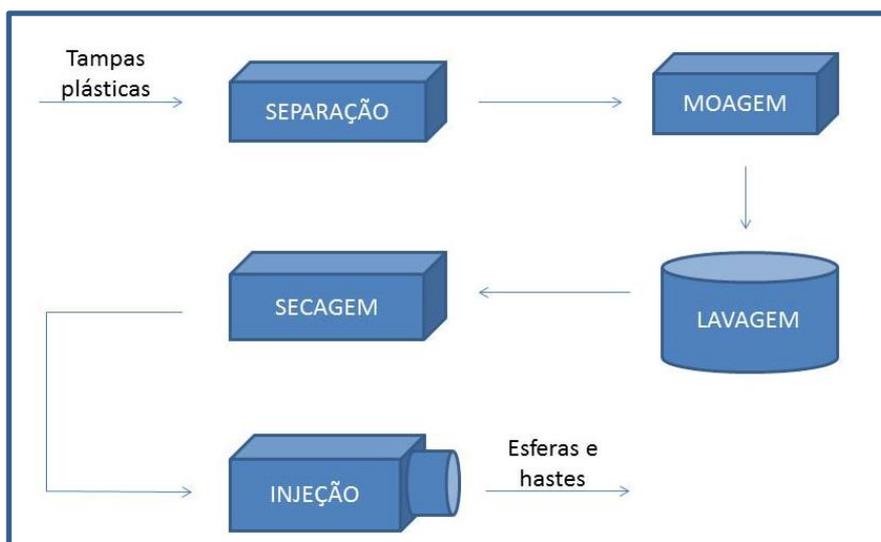
Figura 16. Injetora utilizada na produção dos modelos moleculares.



Fonte: Imagem registrada pela Própria autora.

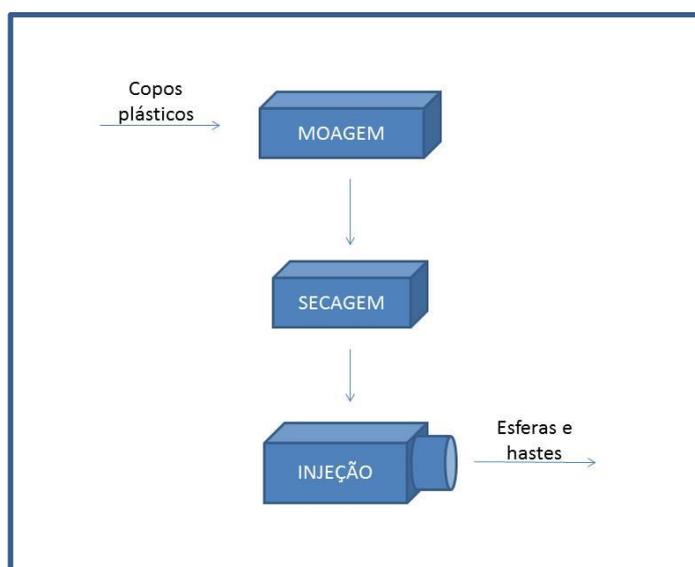
Na Figura 17 e 18 estão ilustrados os diagramas de blocos da produção de modelos moleculares a partir de tampas plásticas e copos plásticos, respectivamente. Através dos diagramas é possível visualizar as diferenças entre os dois processos, pois os copos de PS não necessitam das etapas de separação e lavagem.

Figura 17. Diagrama de blocos da produção de modelos moleculares a partir de tampas plásticas.



Fonte: Elaborado pela Própria autora.

Figura 18. Diagrama de blocos da produção de modelos moleculares a partir de copos plásticos.



Fonte: Elaborado pela Própria autora.

A produção industrial dos modelos moleculares envolve custos com o consumo de água e energia, todavia como a produção foi realizada na universidade, estes dados não foram contabilizados.

### 7.3 MOLDE

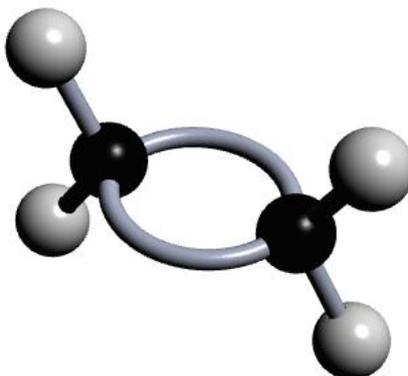
A produção em escala industrial dos modelos moleculares envolve um custo inicial para a obtenção de equipamentos como o moinho e a injetora, mas estes não foram contabilizados pelo fato da universidade já possuir os mesmos. Porém o molde da injetora necessitou ser projetado e usinado. Primeiramente foram feitos três orçamentos com diferentes empresas, sendo este, um procedimento seguido pela universidade para aquisição de novos materiais, neste contexto, a empresa que projetou com o menor valor foi a escolhida para a aquisição. Os três orçamentos encontram-se em anexo.

O molde projetado para a obtenção dos modelos moleculares produz 4 peças de cada vez:

- 1 esfera com 4 cavidades
- 1 esfera com 1 cavidade
- 1 haste para ligação simples
- 1 haste para ligação dupla

A Figura 19 apresenta uma imagem ilustrativa de como o produto final pode ser arranjado.

Figura 19: Imagem ilustrativa de uma possibilidade de arranjo espacial do produto final.



Fonte: Imagem disponibilizada pela empresa Fersul.

É importante ressaltar que os modelos moleculares convencionais possuem uma grande variação de valor comercial, podendo variar entre R\$ 89,90 à R\$ 394,96 (LOJA DO PROFESSOR), (LIVRARIA DA FÍSICA) e (ATO DE LER). O preço do produto comercializado é muito elevado para que estudantes de redes públicas tenham acesso e por este fator que os modelos moleculares desenvolvidos neste projeto serão distribuídos gratuitamente.

Contudo, se os modelos moleculares produzidos a partir de material reciclado fossem comercializados, o custo do produto final seria inferior ao valor dos produtos comerciais, devido à redução do custo das matérias-primas.

## 8 IMPACTO AMBIENTAL

O desenvolvimento de modelos moleculares para o ensino de química orgânica a partir de material reciclado implica em um menor impacto ambiental do que a produção dos mesmos a partir de matéria-prima virgem, pois ocorre a reutilização de produtos descartados.

As fontes do efluente gerado advêm do tanque de lavagem, porém não há contaminação da água, tendo em vista que os materiais reciclados não foram misturados com outras matérias orgânicas no momento do descarte pós-consumo. Neste contexto, não se faz necessário um tratamento do efluente antes que seja descartado no corpo hídrico receptor.

## 9 CONCLUSÕES

Neste trabalho, as amostras de polipropileno reciclado e poliestireno reciclado foram caracterizadas quanto as suas propriedades térmicas e mecânicas, avaliando a aplicação destes materiais na produção de modelos moleculares.

As análises Termogravimétricas realizadas nos materiais reciclados mostraram que o PP reciclado apresenta estabilidade térmica até uma temperatura de 280 °C e o PS reciclado até 214 °C. A faixa de temperatura de processamento dos dois polímeros são inferiores a estas temperaturas, dessa forma é possível realizar a injeção dos materiais sem que ocorra a decomposição dos mesmos.

Quando o perfil de degradação das amostras de PP e PS reciclado foi comparado com os dados da literatura, foi possível identificar grande similaridade principalmente nas temperaturas com 10% de perda de massa e 50% de perda de massa, o que indica que os materiais reciclados possuem boa estabilidade térmica.

Com os resultados obtidos a partir da Calorimetria Exploratória Diferencial observou-se que o PP reciclado apresenta temperaturas de fusão e cristalização próximas dos valores encontrados na literatura para os polímeros virgens e que o PS reciclado apresenta temperatura de transição vítrea próxima aos valores teóricos para o PS virgem. Os dados encontrados pela análise de DSC corroboram com os dados obtidos a partir do TGA, pois evidenciam que os materiais reciclados possuem boas propriedades térmicas, podendo ser utilizados na fabricação de modelos moleculares.

Os Ensaio de Tração indicaram que o PS reciclado é um material mais rígido que o PP reciclado e essa diferença na rigidez, pode estar relacionada com a variedade de comportamentos físico-mecânicos que um polímero pode apresentar. Essa diferença na rigidez também é observada para os polímeros virgens, porém com valores diferentes devido a variação da área onde a tensão mecânica foi aplicada. Sendo assim as propriedades mecânicas dos materiais reciclados foram coerentes com as propriedades mecânicas apresentadas para os materiais virgens.

Quanto à produção em escala industrial, obteve-se um processo

bastante simples e economicamente viável. O custo relativo às matérias-primas do modelo molecular foi reduzido ao se comparar com o material virgem, conseqüentemente é possível reduzir o valor do produto final se o mesmo fosse comercializado. Sendo assim, é possível concluir que a produção do modelo molecular possui viabilidade econômica, bem como tecnológica e ambiental.

## 10 PERSPECTIVAS

As próximas etapas do trabalho serão a de extrusão dos materiais coletados e a realização da distribuição de kits moleculares para alunos de ensino médio e na Universidade Federal do Rio Grande do Sul para alunos da disciplina de Química Orgânica I. Cada aluno receberá um manual de apresentação, juntamente com o kit de modelos moleculares, com a indicação das cores correspondentes aos átomos de Carbono, Hidrogênio, Oxigênio, Enxofre e Nitrogênio. Neste manual também constará alguns exemplos simples de moléculas que podem ser montadas no modelo esfera e bastão.

## REFERÊNCIAS

ABIPET - Associação Brasileira da Indústria do PET. **Benefícios das Garrafas e Frascos de PET**. Disponível em: <<http://www.abipet.com.br>>. Acesso em: 27 de setembro de 2014.

ABIPLAST – Associação Brasileira da Indústria do Plástico. Disponível em: <<http://www.abiplast.org.br/>>. Acesso em: 27 de setembro de 2014.

AMASH, A.; ZUGENMAIER, P.; *J. Appl. Polym. Sci.* **1997**, 63, 1143.

ATO DE LER. Disponível em: <[http://www.atodeler.com/exatas/modelos moleculares](http://www.atodeler.com/exatas/modelos_moleculares)>. Acesso em: 11, junho, 2015.

AWAJA, F.; PAVEL, D.; **Recycling of PET**. *European Polymer Journal*, vol. 41, p. 1453–1477, 2005.

BIANCHI, O.; **Preparação e caracterização de nanocompósitos de poliestireno e poliedros oligoméricos silsesquioxanos**. 2011. 187 f. Tese (Doutorado em Ciências dos Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

BNDS - Banco Nacional do Desenvolvimento. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/relato/poliesti.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/relato/poliesti.pdf)>. Acesso em 18 de março de 2015.

CALISTER, J.; WILLIAM, D. **Características, aplicações e o processamento de polímeros**. *Ciência Engenharia de Materiais: uma introdução*. 8<sup>a</sup>. LTC. 2012. Cap. 16, p. 327-357.

CANEVAROLO, JR. S. V.; **Técnicas de caracterização de polímeros**. Arliber. São Paulo, 2007.

CASTEL, D. C.; **Estudo sobre compatibilizantes em nanocompósitos de polipropileno-montmorilonita**. 2008. 78 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

CHECCHINATO, F.; **Síntese, caracterização e incorporação via polimerização em suspensão do poliestireno de materiais bactericidas obtidos a partir da modificação estrutural do poliestireno e do poli(álcool vinílico)**. 2007. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

CIVIERO, E.; **Preparação e caracterização de blendas poliméricas recicladas**. 2007. 27 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

COLTRO, L.; GASPARINO B. F.; QUEIROZ, G. C. **Reciclagem de materiais plásticos: A importância da identificação correta**. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 18, n. 2, p. 119-125, 2008.

COUTINHO, F. M. B.; COSTA, M. P. M.; GUIMARÃES, M. J. O. C.; et al. **Estudo comparativo de diferentes tipos de polibutadieno na tenacificação de poliestireno**. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 17, p. 318-324, 2007.

FORLIN, F. J.; FARIA, J. A. F. **Considerações sobre a reciclagem de embalagens plásticas**. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 12, n. 1, p. 1-10, 2002.

GALDAMEZ, E. V. C.; CARPINETTI, L. C. R. **Aplicação das técnicas de planejamento e análise de experimentos no processo de injeção plástica**. *Gestão e Produção*, vol. 11, n. 1, p. 121-134, 2004.

KNAPPE, S.; SAUSENG, B.; **Plástico Industrial** 2010, 140, 96.

KISSEL, J.; HAN, J. H.; MEYER J. A. **Polypropylene: Structure, Properties, Manufacturing Processes, and Applications**. In: KARISN, H. G. *Handbook of Polypropylene and Polypropylene*. 2ª.CRC Press.2003. Cap. 2, p. 15-38.

LIMA, M. B.; LIMA-NETO P. **Construção de modelos para ilustração de estruturas moleculares em aulas de Química**. *Química Nova*, vol. 22(6), p. 903-906, 1999.

LOJA DO PROFESSOR. Disponível em: <<http://www.lojadoprofessor.com.br/kit-molecular>>. Acesso em: 11, junho, 2015.

LIVRARIA DA FÍSICA. Disponível em: <<http://www.livrariadafisica.com.br>>. Acesso em: 11, junho, 2015.

MÃOS VERDES - Cooperativa dos Trabalhadores e Gestores Socioambientais. Disponível em: <<http://www.maosverdes.com.br>>. Acesso em 27 de setembro de 2014.

PERSICO, P.; AMBROGI, V.; CARFAGNA, C.; CERRUTI, P.; et al. *Polym. Eng. Sci.* 2009, 49, 1447.

PIVA, A.M.; WIEBECK, H.; **Reciclagem do Plástico**. 1a ed. São Carlos: Artliber, 2004.

ROMÃO, W.; SPINACÉ, M. A.; DE PAOLI, M. A. **Poli(Tereftalato de Etileno), PET: Uma revisão sobre os processos de síntese, mecanismos de degradação e sua reciclagem**. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 19, n. 2, p. 121-132, 2009.

SANTOS, C. D. M.; **Avaliação de uma tecnologia social de reciclagem mecânica de plásticos implantada na cidade de Dois Irmãos**. 2013. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SANTOS, A. S. F.; AGNELLI, J. A. M.; MANRICH, S. **Tendências e desafios da reciclagem de embalagens plásticas**. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 14, n. 5, p. 307-312, 2004.

SANTOS, K. S.; LIBERMAN, S. A.; OVIEDO, M. A. S., MAULER, R. S.; **Optimization of the mechanical properties of polypropylene-based nanocomposite via the addition of a combination of organoclays**. *Composites: Part A*, vol 40, p. 1199-1209, 2009.

SILVA, W. A. A.; **Modelos moleculares no ensino de geometria molecular: uma reflexão do uso e de concepções**. 2014. 35 f. Monografia (Licenciatura plena em Química) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

SPINACÉ, M. A. S.; DE PAOLI, M. A. **A tecnologia da reciclagem de polímeros**. *Química Nova*, vol. 28, n. 1, p. 65-72, 2005.

VASSILIOU, A.; BIKIARIS, D.; CHRISAFIS, K.; et al; **Nanocomposites of isotactic polypropylene with carbon nanoparticles exhibiting enhanced stiffness, thermal stability and gas barrier properties**. *Composites Science and Technology*, vol. 68, p. 933–943, 2008.

ZEHETMEYER, G.; **Nanocompósitos de polipropileno/montmorilonita: avaliação das propriedades e sua aplicação como embalagens de alimentos**. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

## ANEXOS

### ANEXO A – Orçamento da Empresa EGN



Rua Valente Comério, 310  
Bairro: Bela Vista - Cep: 95072-490  
Caxias do Sul - RS

SOLUÇÕES EM LIGAGEM E FERRAMENTARIAS

#### Orçamento nº. 375/15

A/C: Joice Scheibel

**Serviço:** Fabricação de molde de injeção plástica para kit de química conforme modelo.

**Características do molde:**

- Placas principais em aço P20, contendo quatro meia esfera, duas ligações curvas e duas ligações retas, demais placas em aço SAE 1045;
- Extração das peças com pinos extratores;
- Fixação de placas através de parafusos Allen;
- Sistema de injeção direto;
- Dimensão aproximada do molde 160 mm x 200 mm x 180 mm de altura;
- Placas sem tratamento térmico;
- Cavidades com polimento funcional ( semi brilho ).

**Valor do investimento:** R\$ 9.250,00

**Condições de pagamento:** 50% entrada (pedido), 50% na entrega.

**Colocamo-nos a sua inteira disposição para qualquer esclarecimento adicional.**

**(054) 3222 2710**

**(054) 8126 9176**

**Caxias do Sul. 01 de Junho de 2015.**

EGN INDÚSTRIA DE PEÇAS PARA MÁQUINAS MOLDES E MATRIZES LTDA  
RUA VALENTE COMÉRIO - Nº. 310  
BAIRRO: BELA VISTA - CEP: 95072-430 - CAXIAS DO SUL, RS  
FONE: (54) 3222 2710

## ANEXO B – Orçamento da Empresa Rosthy



A/C: Joice Scheibel [joice.scheibel@ufrgs.br]

Serviço: Fabricação de molde de injeção plástica de kit de química conforme modelo.

Características do molde:

Placas principais em aço P20, contendo quatro meia esfera, duas ligações curvas e duas ligações retas, demais placas em aço SAE 1045.

Extração das peças com pinos extratores.

Fixação de placas através de parafusos Allen.

Sistema de injeção direto.

Dimensão aproximada do molde 160 mm x 200 mm x 180 mm de altura.

Placas sem tratamento térmico.

Cavidades com polimento funcional ( semi brilho ).

Valor do investimento: R\$ 5.500,00

Condições de pagamento: à vista via depósito bancário ou transferência.

Dúvidas ou sugestões entre em contato: 54 30216239 ; 54 81350222.

Caxias do Sul. 02 de Junho de 2015.

Rua Hilário Santo Pasquali, 70. - CEP: 95041-220 - Caxias do Sul- RS – Fone : (54) 30216239

[www.rosthy.com.br](http://www.rosthy.com.br)

## ANEXO C – Orçamento da Empresa FERSUL

<b><u>FERSUL</u> Indústria e Comércio Ltda</b>	<b>Rua Lateral a RS 020, nº 1600.</b>
<b>CNPJ: 07.144.690/0001-00</b>	<b>Morada do Vale I – Gravataí - RS</b>
<b>Insc.Estadual: 057/0235332</b>	<b>CEP: 94100-250 Fone: 51 34413973.</b>
<b>Email: <a href="mailto:fersul.ind@hotmail.com">fersul.ind@hotmail.com</a></b>	<b>51 8404 6785.</b>
<b>Cliente : UFRGS</b>	<b>Pessoa de Contato: Alex Sandro</b>
<b>Orçamento:101</b>	<b>Data: 05/06/2015</b>

Conforme solicitado estamos enviando o orçamento da confecção do Molde dos Átomos .

**Descrição do Serviço:**

- Molde com cinco (5) cavidades, o material a ser usado na confecção das Cavidades será P20 , com Estrutura em SAE 1045 .

➤ **Observações Comerciais:**

1. **Condições de Pagamento:** 50% de Entrada, 30% na entrega, 20% 20 dias após entrega do serviço.
2. **Prazo de Entrega:** 75 dias, a partir do desenho do ultimo nível .
3. **Impostos:** já inclusos.
4. **Condições Gerais do(s) Pedido(s):**
  - 4.1 A validade do orçamento é de 10 dias.
  - 4.2 O prazo estipulado para entrega do molde é considerado a partir da entrega de todas as informações necessárias para o projeto e fabricação do mesmo.Favor enviar os desenhos em 3D na linguagem PARASOLID X-T.
  - 4.3 No caso de haver alteração no produto, ou falta de informações do mesmo, que paralise o andamento e desenvolvimento do serviço, o prazo de entrega será reavaliado, bem como valores destas alterações.
  - 4.4 Toda e qualquer alteração no serviço, deverá ser comunicada e formalizada por escrito, para que a mesma tenha efeito.Neste caso, uma alteração de custo e/ou de prazo será fornecida pela Fersul.
  - 4.5 O pré-projeto deverá ser aprovado pelo cliente no prazo de 10 dias da entrega do mesmo.
  - 4.6 As despesas com frete e seguro correrão por conta do comprador.
  - 4.7 Já estão inclusos nos custos as texturas e gravações nas cavidades e/ou gavetas do molde.
  - 4.8 Todos os bicos e câmaras quentes , quando utilizados, serão definidos previamente com o cliente, Sistema de Câmara Quente Polimold/Leonan.
  - 4.9 O material plástico para try-out deverá ser fornecido pelo comprador, com o frete pago posto na Fersul ou Empresa de sua preferência.

Valor do Molde com 02 Cavidades : R\$ 13.300,00.

*Alex Mesquita Cardoso*

---

Fersul Industria e Comercio Ltda.