



**Série: Conversando sobre Ciências em Alagoas**



# **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**



**Tania Maria Piatti**

**Reinaldo Augusto Ferreira Rodrigues**



Maceió/AL, 2005



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

### Reitora

Ana Dayse Rezende Dorea  
**Vice-reitor**  
Eurico de Barros Lobo Filho

### USINA CIÊNCIA / UFAL Coordenadora

Profa. Dra. Tania Maria Piatti

### MUSEU DE HISTÓRIA NATURAL / UFAL Diretora

Profa. Dra. Flávia de Barros Prado Moura

### EDUFAL

#### Diretora

Sheila Diab Maluf

#### Conselho Editorial

Sheila Diab Maluf (Presidente)  
Cícero Péricles de Oliveira Carvalho  
Maria do Socorro Aguiar de Oliveira Cavalcante  
Roberto Sarmento Lima  
Iracilda Maria de Moura Lima  
Lindemberg Medeiros de Araújo  
Flávio Antônio Miranda de Souza  
Eurico Pinto de Lemos  
Antonio de Pádua Cavalcante  
Cristiane Cyrino Estevão Oliveira

#### Supervisão gráfica:

Márcio Roberto Vieira de Melo

#### Capa / Diagramação:

Edmilson Vasconcelos

Catálogo na fonte  
Universidade Federal de Alagoas  
Biblioteca Central – Divisão de Tratamento Técnico

---

P583p Piatti, Tânia Maria.  
Plásticos : características, usos, produção e impactos ambientais / Tânia Maria  
Piatti, Reinaldo Augusto Ferreira Rodrigues. - Maceió : EDUFAL, 2005.  
51p. : il. - (Conversando sobre ciências em Alagoas)

Bibliografia: p. 50-51

1. Plásticos. 2. Ciências - Estudo e ensino. I. Rodrigues, Reinaldo Augusto  
Ferreira. II. Título. III. Série. (Conversando sobre ciências em Alagoas)

CDU: 678.5

---

#### Direitos desta edição reservados à

Edufal - Editora da Universidade Federal de Alagoas  
Campus A. C. Simões, BR 104, Km, 97,6 - Fone/Fax: (82) 3214.1111  
Tabuleiro do Martins - CEP: 57.072-970  
Maceió - Alagoas  
E-mail: edufal@edufal.ufal.br  
Site: www.edufal.ufal.br

## Sumário

<b>Apresentação .....</b>	<b>5</b>
<b>Prefácio .....</b>	<b>7</b>
<b>Uma revolução silenciosa .....</b>	<b>10</b>
<b>A palavra plástico .....</b>	<b>12</b>
<b>Todos os plásticos são iguais? .....</b>	<b>13</b>
<b>Qual é a matéria-prima para a obtenção dos plásticos? .....</b>	<b>16</b>
<b>Polimerizações: as reações que levam à formação dos plásticos ...</b>	<b>17</b>
<b>A massa molecular dos polímeros .....</b>	<b>23</b>
<b>As propriedades dos polímeros .....</b>	<b>24</b>
<b>Os plásticos: polímeros com propriedades especiais .....</b>	<b>26</b>
<b>Aditivos: modificando as características de um plástico .....</b>	<b>27</b>
<b>Moldando os plásticos para produzir artefatos .....</b>	<b>29</b>
<b>Conhecendo as propriedades de alguns plásticos .....</b>	<b>31</b>
<b>Os Plásticos e o meio ambiente .....</b>	<b>36</b>
<b>A produção de PVC em Alagoas .....</b>	<b>39</b>
<b>Como é o processo de obtenção do PVC em Alagoas .....</b>	<b>42</b>
<b>Os plásticos através da História .....</b>	<b>46</b>
<b>O Tema “Plásticos” na Educação Básica .....</b>	<b>47</b>
<b>Um projeto de trabalho sobre o tema “Plásticos” .....</b>	<b>48</b>
<b>Bibliografia consultada .....</b>	<b>50</b>



## Apresentação

A série *Conversando sobre Ciências em Alagoas* é composta de cadernos que abordam seis temas científicos relevantes e atuais, tratados de maneira a destacar aspectos relacionados à realidade alagoana. Os cadernos temáticos foram criados com o intuito de contribuir com os professores e alunos de Ciências Naturais do ensino fundamental e médio, para a realização de um ensino contextualizado, interdisciplinar e motivador. A iniciativa surgiu da constatação de quão raras são as bibliografias disponíveis que tratam destes temas, direcionadas para o ensino básico e que abordem características e questões regionais. Esperamos que estes cadernos sejam fonte de atualização e aumentem o interesse de professores, alunos e do público em geral, em conhecer melhor o mundo em que vivem. Os temas abordados são os seguintes:

- **Eossistemas Marinhos: recifes, praias e manguezais**  
**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Monica D. Correia e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Hilda Helena Sovierzoski**
- **A Mata Atlântica em Alagoas**  
**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Flávia de B. Prado Moura e MSc. Selma Torquato da Silva**
- **Escorpiões, Aranhas e Serpentes: aspectos gerais e espécies de interesse médico no Estado de Alagoas**  
**MSc. Selma Torquato da Silva, Ingrid Caroline Soares Tiburcio, Gabriela Quintela Cavalcante Correia e Rafael Costa Tavares de Aquino.**
- **A Química dos Alimentos: carboidratos, lipídeos, proteínas, vitaminas e minerais**  
**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Denise M. Pinheiro, MSc. Karla R. A. Porto e Maria Emília S. Menezes**
- **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**  
**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Tania Maria Piatti e Prof. Dr. Reinaldo A.F. Rodrigues**
- **A Energia: dos tempos antigos aos dias atuais**  
**Prof. MSc. Antônio José Ornellas**

Este projeto foi uma iniciativa da Usina Ciência e do Museu de História Natural da UFAL, sendo financiado pela Secretaria de Ensino Superior do MEC. Teve como ponto de partida a realização de um Ciclo de Palestras abordando todos os seis temas, durante o qual foi possível dialogar com professores do ensino básico a fim de descobrir seus anseios e expectativas. Gostaríamos de agradecer a todos que colaboraram para sua realização e esperamos que ele seja apenas o início de uma parceria mais efetiva entre Universidade e ensino básico em Alagoas.

**Os autores**



## Prefácio

A educação deve promover o conhecimento do mundo natural e também a compreensão de como os seres humanos vêm intervindo na natureza, modificando-a. Os conhecimentos da Química são importantes e essenciais para esta compreensão. O ensino desta disciplina deve abordar as transformações químicas que ocorrem nos processos naturais e tecnológicos e suas relações com os sistemas produtivo, industrial e agrícola.

Neste caderno temático abordaremos o tema “Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais”. Esperamos que a leitura deste caderno ajude a responder a perguntas como: O que são plásticos? Como surgiram? Por que eles são tão utilizados? Quais são as matérias-primas usadas para produzi-los? Os plásticos são nocivos para o meio ambiente?

Devido às suas características tão especiais, o uso dos plásticos tem sido cada vez maior. Costuma-se dizer que estamos vivendo a “Era dos Plásticos”. Portanto, a abordagem deste tema no ensino de Química é recomendável e deverá ser feita visando contribuir para a construção de conhecimentos de forma integrada a outras ciências e dentro de contextos reais, propiciando o desenvolvimento de competências.

Em Alagoas é produzido um plástico de grande difusão: poli (cloreto de vinila), o PVC. Neste caderno, destacaremos suas características, usos e preparação, visando promover um maior entendimento sobre os processos que envolvem sua produção. Esperamos que estas informações sejam úteis para professores, alunos e público em geral, favorecendo o conhecimento dessa atividade industrial desenvolvida em nossa região.

Gostaríamos de introduzir neste caderno uma frase do químico Peter Atkins, que descreve tão bem como a natureza inspira os seres humanos em suas ações.

Muito da arte da natureza consiste na habilidade de tecer complexidade a partir de simplicidade, ligando moléculas pequenas, móveis e facilmente transportáveis, em cadeias e redes. As moléculas resultantes, ou polímeros, são fibras, folhas e blocos que conhecemos na forma de borracha, seda, cabelo, lã. Os químicos procuram compreender e imitar a natureza neste processo e em muitas outras situações e têm conseguido, no caso de algumas substâncias, uma imitação tolerável. Em outras circunstâncias, eles superaram a natureza ao projetar moléculas para propósitos especiais. Atualmente, os polímeros não apenas brotam da pele na forma de cabelo e lã e exsudam de insetos como seda, mas também são transportados em caminhões de carga das fábricas na forma de plásticos, têxteis e revestimentos. (Atkins, P. 2000, p. 65)

**Tania Maria Piatti**  
**Reinaldo A. F. Rodrigues**





# Plásticos

Qual é a matéria-prima para a obtenção dos plásticos?  
Polimerizações: as reações que levam à formação dos plásticos  
A massa molecular dos polímeros  
As propriedades dos polímeros  
Os plásticos: polímeros com propriedades especiais  
Aditivos: modificando as características de um polímero  
Moldando os plásticos para produzir artefatos  
Conhecendo as propriedades de alguns plásticos  
Plásticos e o meio ambiente  
A produção de PVC em Alagoas  
Como é o processo de obtenção do PVC em Alagoas  
Os plásticos através da História  
O tema "plásticos" na Educação Básica  
Um projeto de trabalho sobre o tema "plásticos"  
Bibliografia consultada

## Uma revolução silenciosa

Durante sua longa caminhada, o ser humano vem modificando o meio em que vive. Com seu cérebro singular, pensa, observa, planeja, cria, elabora, modifica suas idéias, explica, ensina a seus descendentes, registra, e, felizmente, reflete sobre suas realizações. O conhecimento científico e a tecnologia são resultados de toda esta inquietação. Foi observando a natureza e muitas vezes imitando-a que os seres humanos começaram a construir instrumentos, ou seja, objetos capazes de ajudá-los a executar tarefas. Todos parecem concordar que o primeiro objeto foi feito a partir de uma pedra, que, portanto, foi considerada o primeiro material a ser usado pelo homem para fabricar algo. De lá para cá, a busca por novos e melhores materiais parece não ter fim. Atualmente, em qualquer atividade humana, quer na indústria, na agricultura, na construção civil, quer no setor de serviços, estamos sempre procurando por novas substâncias, materiais, objetos, que nos ajudem a solucionar os mais variados problemas (alguns destes também “criam” problemas!).

Os primeiros materiais utilizados como elementos estruturais, de proteção e na fabricação de instrumentos foram encontrados “prontos” na natureza, como pedras, madeiras, folhas de árvores etc. Foi através da observação de processos naturais que os seres humanos se inspiraram e, com algumas modificações, transformaram os materiais existentes, dando origem a materiais artificiais como cerâmica, vidro, papel, borracha, concreto etc.

Nem sempre estes materiais ditos “tradicionais”, que foram e ainda continuam sendo muito utilizados, reúnem as propriedades adequadas para a fabricação de artigos com as características que a sociedade atual deseja. Eles podem, por exemplo, ser resistentes a impactos, mas não ter a flexibilidade desejada, ou podem ser flexíveis, mas não ter a transparência adequada, ou ainda ser transparentes e resistentes, porém muito caros.

O que determina a utilização ou não de um material são as suas propriedades, mas também a relação custo/benefício, a estética, a eficiência, a durabilidade etc. Foi para atender às necessidades e exigências da sociedade moderna que se iniciou o que podemos chamar de “*revolução dos materiais*”.

No início do século XX foram desenvolvidos novos tipos de materiais denominados *plásticos*, que aos poucos foram cada vez mais utilizados na fabricação dos mais variados objetos. Sua versatilidade é tamanha que, desde então, eles vêm provocando mudanças no consumo, e em conseqüência, no estilo de vida das pessoas.

Um dos aspectos decisivos, responsáveis pela grande disseminação no uso do plástico, é o econômico, pois é possível confeccionar os mais diferentes artigos e objetos de plástico com custo reduzido, portanto mais acessíveis à população.

Vivemos num país com grandes diferenças sociais e que apresenta grande concentração de renda, mas não podemos negar que o desenvolvimento tecnológico acelerado que estamos experimentando, principalmente nos últimos cinquenta anos, tem propiciado às camadas menos favorecidas da população o acesso a bens de consumo que anteriormente eram de uso exclusivo de pequenas elites econômicas. Um dos responsáveis por esta revolução que vem transformando a maneira em que vivemos é, inegavelmente, o plástico. Se você tem alguma dúvida, basta observar no seu dia-a-dia como são variados os objetos e equipamentos confeccionados com estes materiais, como, por exemplo, utensílios domésticos, brinquedos, peças automotivas, peças de equipamentos eletrônicos, calçados, embalagens, pisos, revestimentos e, até mesmo, próteses que substituem partes de nossos corpos.

**Plexiglas** ou **polimetacrilato de metila**- sintetizado em 1935, este plástico tem propriedades interessantes: transparência, resistência a choques, estabilidade e pode substituir o vidro em várias aplicações. Este material especial foi utilizado pelos oftalmologistas para substituição do cristalino opaco dos olhos por uma lente artificial em pessoas que sofrem de uma doença chamada de catarata. Foi o primeiro plástico implantado em seres humanos.

Mas os plásticos não trazem apenas benefícios à humanidade. Em função de seu uso tão difundido, grande parte do lixo que produzimos diariamente é composta deste material. Eles se decompõem muito lentamente (alguns tipos necessitam de séculos para se degradar) e vêm acarretando sérios problemas ambientais. Têm sido necessários aterros sanitários cada vez maiores, e, portanto, mais distantes dos centros urbanos, para acolher o impressionante volume de lixo que produzimos diariamente, embora, nos últimos anos, várias iniciativas tanto técnicas quanto educativas (coleta seletiva, reciclagem etc.) têm sido propostas visando minimizar o problema.

### PARA NÃO PERDER A TRADIÇÃO

A marca de sabonetes Phebo, lançada em 1930 em Belém do Pará, esteve nos últimos quinze anos nas mãos de multinacionais.

Nesse período, o produto mudou de fórmula e de embalagem. Agora, voltou ao mercado com a cara e o cheiro de antigamente. Outros produtos mantiveram a forma original, com poucas alterações

Fontes: empresas

				
<b>TEMPO NO MERCADO</b>	94 anos	90 anos	85 anos	76 anos
<b>MUDANÇAS NO PERÍODO</b>	A embalagem, tradicionalmente de madeira, ganhou versão de plástico	Embora a pomada nunca tenha sido alterada, a embalagem de metal passou a ser de plástico em 1992	A empresa mantém a embalagem original de metal, mas lançou um pote plástico para ser armazenado em geladeira	A embalagem de vidro foi substituída por um frasco de plástico rosa, mas a fórmula foi mantida

Este quadro publicado pela revista Veja (abril, 2005) mostra alguns produtos tradicionais que permaneceram os mesmos, apesar do longo tempo que estão no mercado. Podemos observar que as únicas mudanças ocorridas foram nas embalagens: em todos eles materiais como madeira, metal e vidro foram substituídos por plástico.

## A palavra plástico

A palavra plástico vem do grego *plástikos*. Ela é empregada em várias áreas do conhecimento humano, apresentando um espectro de significados, mas em geral se refere a algo moldável. Assim, quando falamos de cirurgião plástico ou artista plástico estamos nos referindo a profissionais que tentam dar novas formas, moldar, reconstituir, modelar.

Vejam algumas definições encontradas nos dicionários para a palavra plástico, e para a expressão matéria plástica:

**Plástico:** [Do grego *plástikos*, ‘relativo às dobras de argila’, pelo latim *plastiku*, ‘que modela’] *Adjetivo*. **1.** Relativo à plástica **2.** Que tem propriedade de adquirir determinadas formas sensíveis, por efeito de uma ação exterior: *O barro é um material plástico* **3.** *Artes Plásticas*. Diz-se do relacionamento expressivo (numa obra de arte) dos elementos cores, formas, linhas, volumes etc.) **4.** Diz-se de artista que se dedica às artes plásticas. **5.** Por extensão Que tem características de beleza e harmonia: *os aspectos plásticos da paisagem carioca* **6.** *Medicina*. Relativo à cirurgia plástica.

**Matéria Plástica:** Matéria sintética de constituição macromolecular, dotada de grande maleabilidade, facilmente transformada mediante o emprego de calor e pressão e que serve de matéria-prima para a fabricação dos mais variados objetos: vasos, toalhas, cortinas, bijuterias, carrocerias, roupas, sapatos etc.

Na linguagem da Química, a palavra plástico pode ser assim definida:

**Plástico:** material cujo constituinte fundamental é um polímero, principalmente orgânico e sintético, sólido em sua condição final (como produto acabado) e que em alguma fase de sua produção foi transformado em fluido, adequado à moldagem por ação de calor e/ou pressão.

## Todos os plásticos são iguais?

Os objetos de plástico têm sido cada vez mais usados para substituir aqueles que até há pouco tempo eram feitos de madeira, vidro, tecido e papel. Mas todo plástico é igual? Basta observarmos a aparência e as características de artigos tão diferentes feitos de plástico, como potes de margarinas, sacolas, garrafas de refrigerantes, lentes de óculos, brinquedos, disquetes para computadores, para concluirmos que não.

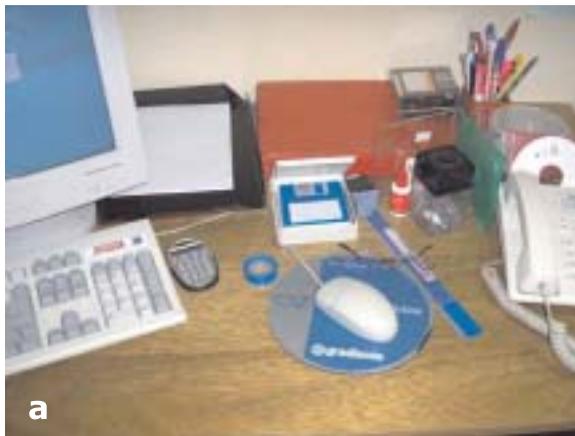
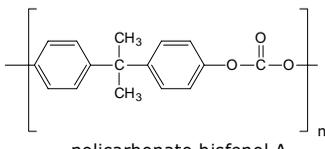


Figura 1- Objetos feitos de plástico (a) materiais de escritório, peças de computador, telefone, canetas etc. (b) cadeira, rede de pesca, mangueira, botijão etc. (c) brinquedos infláveis (d) painel de carro.

Da mesma maneira que a palavra metal se refere a materiais tão diferentes como ouro ou ferro, o termo plástico não se refere a um único tipo de material. No quadro abaixo podemos comparar propriedades, composição e utilização de dois plásticos bastante conhecidos: o polietileno e o policarbonato.

Embora apresentem diferenças marcantes na composição química e conseqüentemente nas propriedades físico-químicas e aplicações, ambos os compostos recebem a denominação de plástico, pois possuem importantes características comuns: são passíveis de ser moldados e são polímeros.

Tipo de plástico	Composição química	Propriedades	Aplicações	Custo aproximado (R\$/Kg)*
Polietileno	$-(\text{CH}_2-\text{CH}_2)-_n$	Alta resistência à umidade e ao ataque de substâncias químicas.	Produtos para embalagens, brinquedos, utensílios domésticos etc.	5,55
Policarbonato	 <p>policarbonato bisfenol A</p>	Transparente e resistente. Parece com o vidro, porém é mais resistente ao impacto.	Placas resistentes ao impacto, janelas de segurança, lentes para óculos etc.	17,09

\*Preço publicado pela Revista Plástico Moderno, novembro de 2004.

Os polímeros (a palavra tem origem grega: poli (muitas) e mero (partes)), são moléculas muito grandes formadas pela conexão de muitas moléculas menores, denominadas monômeros.

Estas moléculas, formadas por milhares ou até mesmo milhões de átomos, são denominadas de macromoléculas. Abaixo estão representadas a molécula do monômero estireno e a macromolécula do polímero poliestireno:

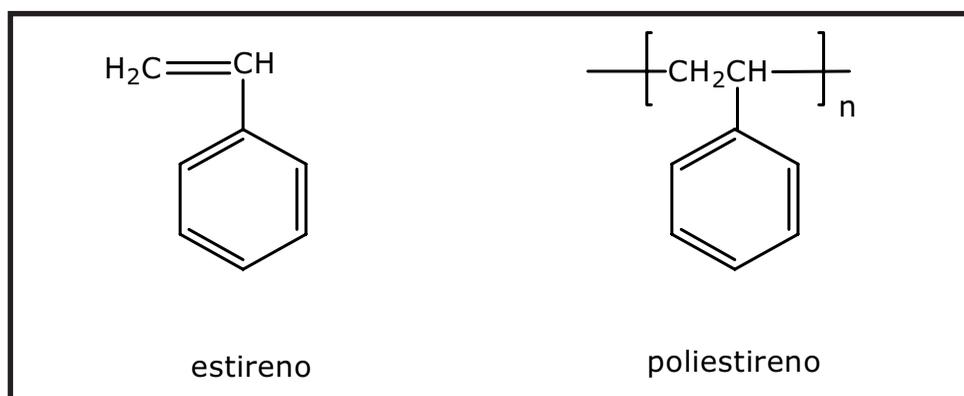


Figura 2 - Representação de um monômero e de um polímero.

Observando a macromolécula acima notamos a maneira especial como ela é representada: a denominada unidade de repetição do polímero é colocada entre parênteses, e a letra n significa que esta unidade se repete n vezes formando as cadeias poliméricas.

Todos os plásticos são polímeros, porém, nem todos os polímeros são considerados plásticos. Em geral, os químicos dividem os materiais poliméricos em três principais categorias: plásticos, fibras e elastômeros.



Figura 3 – Da esquerda para a direita, artigos feitos de plástico, fibra e elastômero.

Muitos polímeros são naturais, produzidos pelo metabolismo de seres vivos. As proteínas, o DNA, que são constituintes de nossos corpos, os polissacarídeos como o amido, a poliamida da seda etc. Entre estes, a celulose, que, de acordo com Peter Atkins, “é uma substância onipresente que se espalha como grandes florestas e amacia a face do planeta”.

Assim, não se pode dizer que os polímeros surgiram recentemente. Na verdade os polímeros estão presentes entre os seres humanos desde o início dos tempos. Com materiais feitos de polímeros naturais como a madeira, a lã, a seda, estamos construindo moradias, utensílios domésticos, vestimentas, há milênios.

Se forem submetidos a processos de modificação química, os polímeros naturais passam a ser chamados polímeros artificiais. É o caso do celulóide, obtido pela modificação da celulose.

Outros polímeros têm sido desenvolvidos em laboratórios, os chamados polímeros sintéticos. É assim que é obtida a maioria dos plásticos que utilizamos atualmente.



Figura 4 – Da esquerda para direita artigos feitos de polímeros sintéticos: garrafas PET, jaqueta de *nylon* e meias de *nylon*.

## Qual é a matéria-prima para a obtenção dos plásticos?

As substâncias utilizadas como matéria-prima na preparação de plásticos são obtidas principalmente a partir do petróleo e são denominadas monômeros.

**Matéria-prima:** 1. Substância principal que se utiliza no fabrico de alguma coisa. 2. fig. Qualidade do que está em estado bruto, que precisa ser trabalhado, lapidado; base, fundamento.

O petróleo é constituído por uma mistura de compostos orgânicos, principalmente hidrocarbonetos. Através do processo de destilação fracionada do óleo cru, que ocorre nas refinarias, são obtidas várias frações (ver figura 5): o gás liquefeito, a nafta, a gasolina, o querosene, o óleo diesel, as graxas parafínicas, os óleos lubrificantes, o piche.

A fração da qual são obtidos os monômeros é a nafta, que submetida a um processo de craqueamento térmico (aquecimento na presença de catalisadores), dá origem a várias substâncias, entre elas, etileno, propileno, butadieno, buteno, isobutileno, denominados *petroquímicos básicos*. Estes, por sua vez, são transformados nos chamados *petroquímicos finos*, tais como polietileno, polipropileno, policloreto de vinila etc. Na etapa subsequente, os petroquímicos finos são modificados quimicamente ou transformados em produtos de consumo.

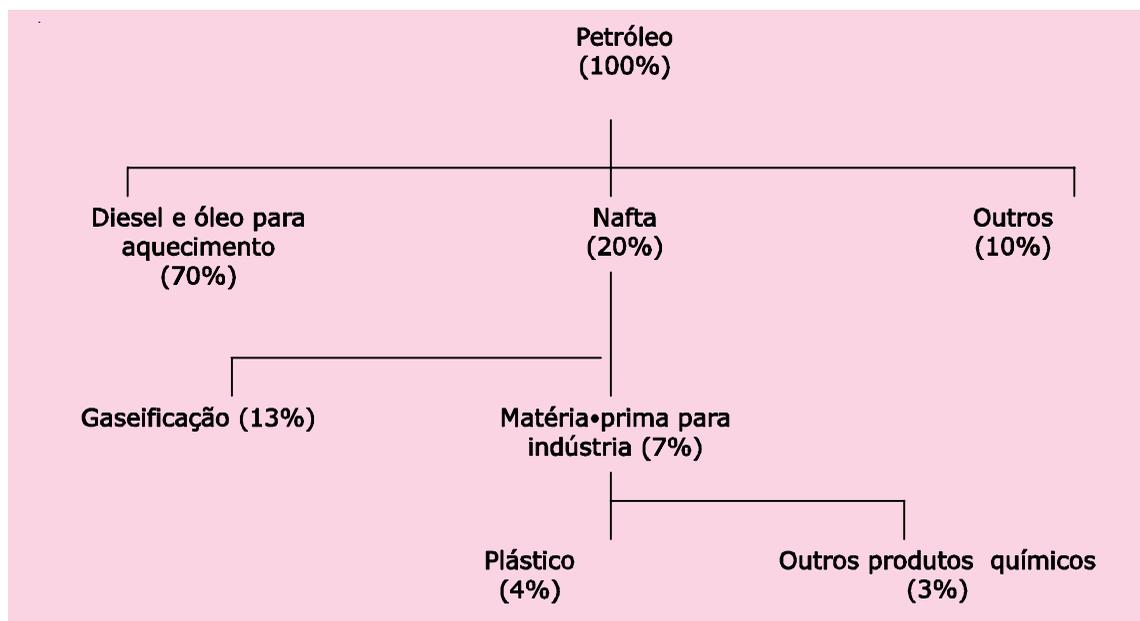


Figura 5- Esquema de obtenção de plásticos a partir do petróleo.

## Polimerizações: as reações que levam à formação dos plásticos

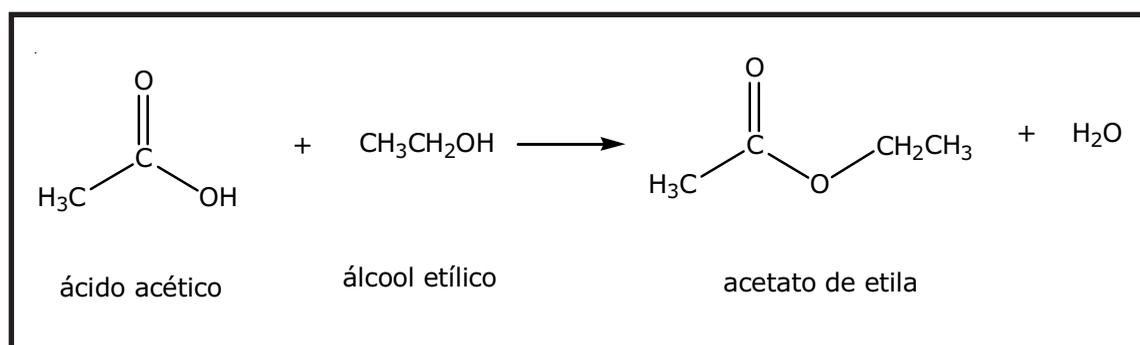
As reações que levam à formação dos plásticos são chamadas polimerizações. Uma polimerização é uma transformação química na qual moléculas pequenas, denominadas monômeros, juntam-se para formar moléculas gigantes, as macromoléculas.

Uma polimerização lembra um jogo de encaixe onde a união de blocos pode formar cadeias de tamanhos variados, com ou sem ramificações (cadeias laterais ligadas às cadeias principais). Dependendo dos monômeros e das condições de reação utilizados, pode-se obter uma enorme variedade de polímeros com propriedades específicas e que servem às mais diferentes aplicações.

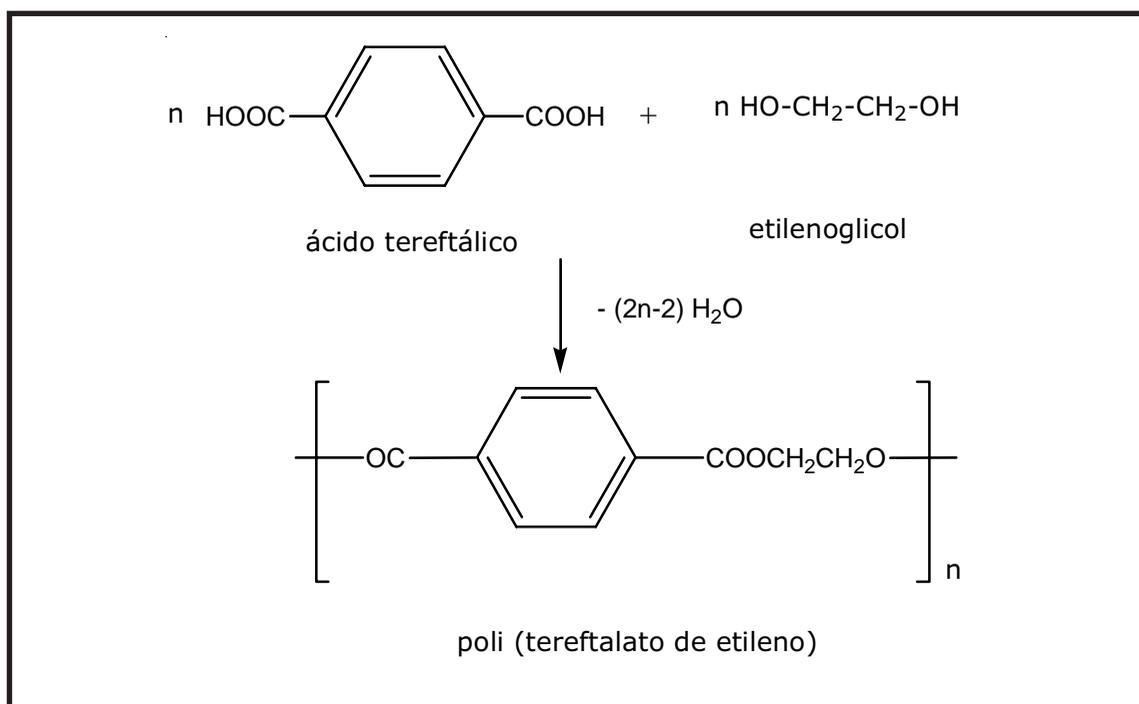
Para que uma reação de polimerização aconteça é necessário que os compostos de partida, isto é, os monômeros, possuam no mínimo funcionalidade igual a dois.

**Funcionalidade:** número de pontos reativos (passíveis de sofrer uma reação em condições adequadas) presentes em uma molécula.

Por exemplo, a reação entre o ácido acético, que é um ácido carboxílico, e o etanol, que é um álcool, não leva à formação de uma cadeia polimérica, já que ambas as substâncias têm funcionalidade 1. Nesta reação forma-se um éster chamado acetato de etila e água:



No entanto, um ácido dicarboxílico e um diálcool têm funcionalidade 2. Portanto, se houver condições favoráveis, estas duas moléculas podem reagir formando uma cadeia:



As reações entre ácidos dicarboxílicos e dialcoóis são exemplos de uma classe de reações chamadas condensações, onde ocorre a formação de um novo grupo funcional (neste caso, um éster), com eliminação de uma molécula pequena (neste caso, a água). Na figura 7 temos um esquema explicativo dessas reações.



Figura 6 - Artigos feitos com polímeros obtidos a partir de reações de condensação: patins com rodas de poliuretano e garrafas de poli (tereftalato de etileno).

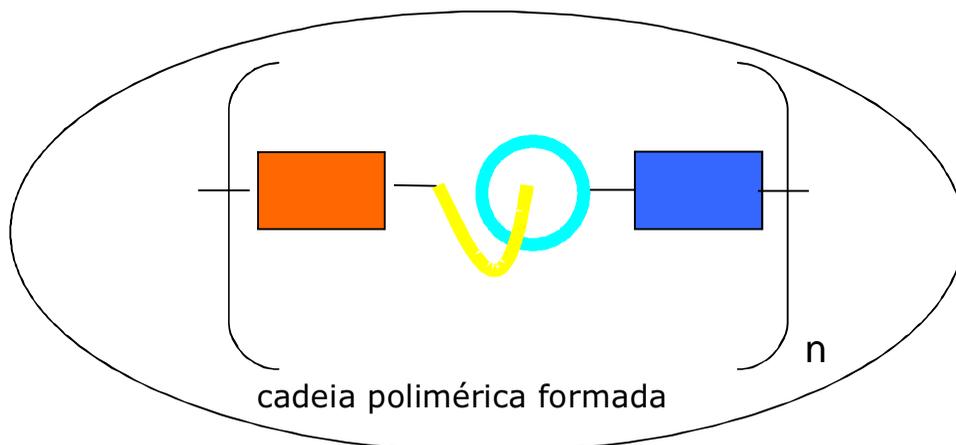
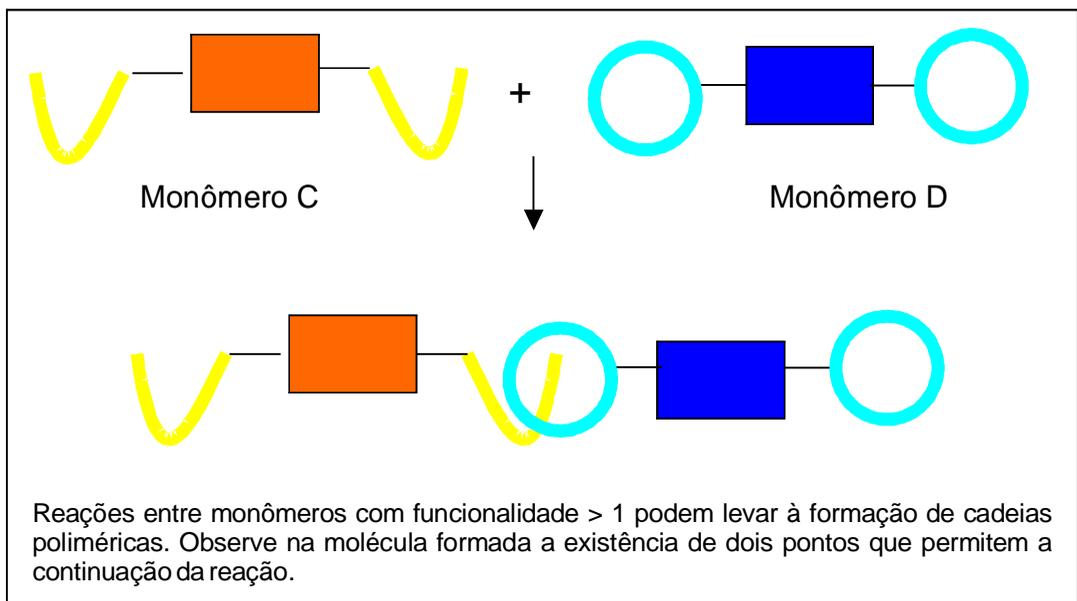
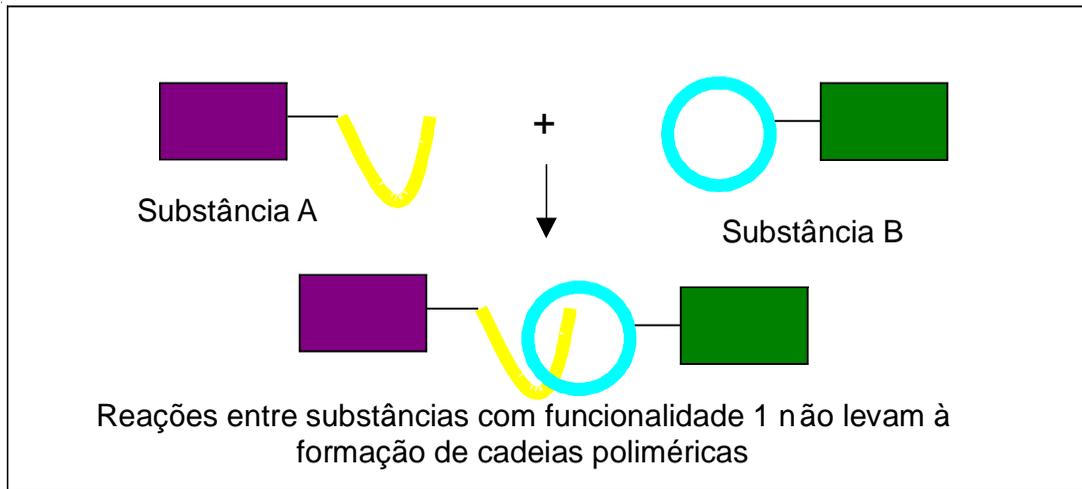
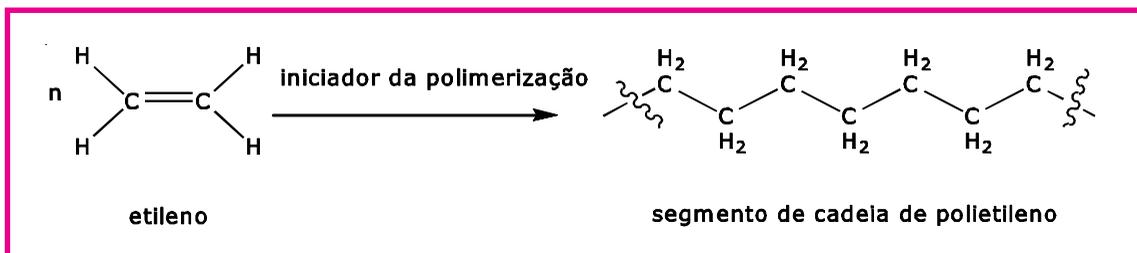


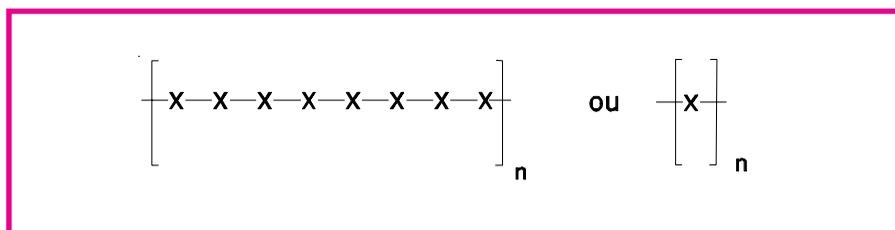
Figura 7- Representação de reações entre substâncias com funcionalidade 1 e maior que 1.

Moléculas que possuem ligações duplas carbono-carbono, como o etileno, também podem sofrer polimerização. Sob a ação de um iniciador ou catalisador, a dupla ligação é rompida e duas ligações simples com outras moléculas do etileno são formadas. É assim que é obtido o polietileno:



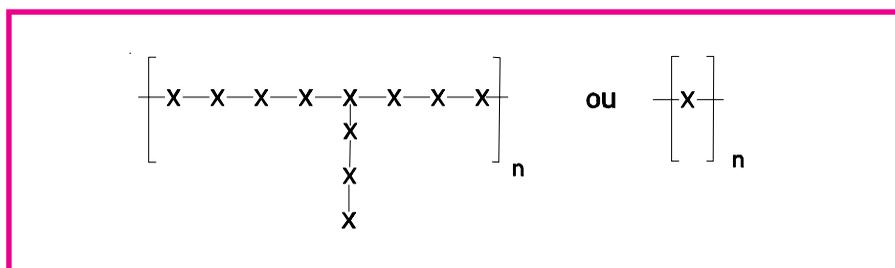
Nas diferentes reações de polimerização, dois tipos principais de cadeias podem ser formados:

- Cadeias lineares: quando os átomos são encadeados em uma única direção no espaço.

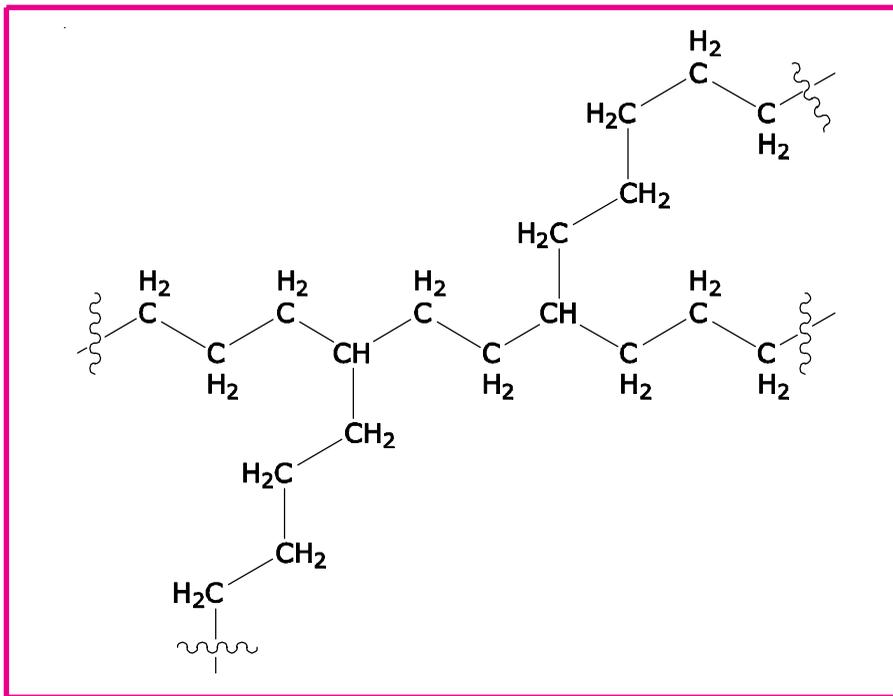


Um exemplo deste tipo de polímero é o polietileno linear representado acima.

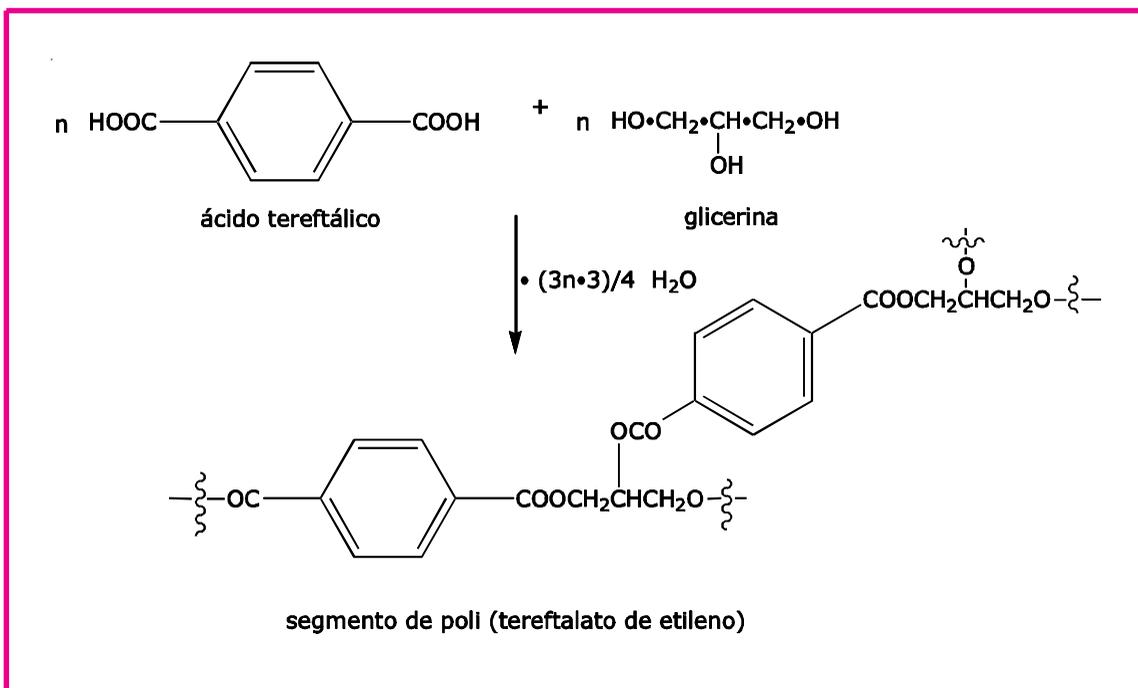
- Cadeias ramificadas: nelas há ramificações de moléculas de monômeros, que ligam-se à cadeia principal, como galhos de uma árvore.



Um exemplo deste tipo de polímero é o polietileno ramificado, representado a seguir:



Na reação abaixo, o ácido tereftálico e a glicerina (as moléculas de glicerina possuem funcionalidade 3) reagem produzindo um polímero ramificado:



Quando cadeias poliméricas são ligadas entre si em pontos diferentes das suas extremidades, dizemos que os polímeros possuem ligações cruzadas. Estas ligações cruzadas

amarram uma cadeia às outras impedindo seu deslizamento e acarretando grandes variações nas propriedades. São denominados polímeros reticulados.

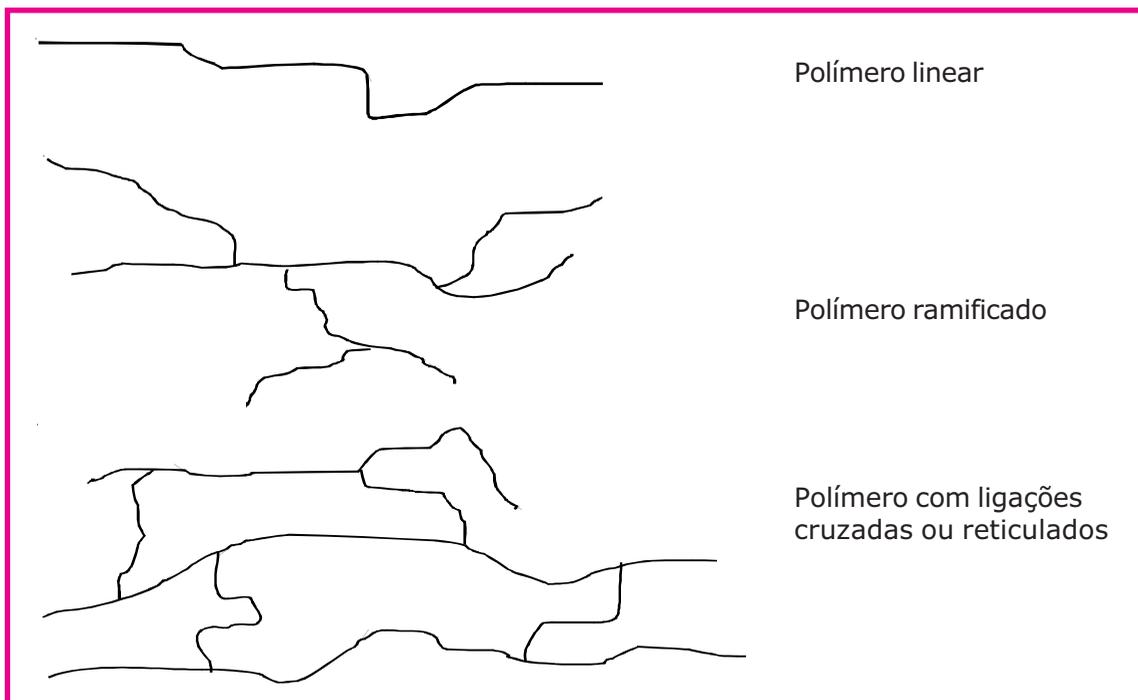
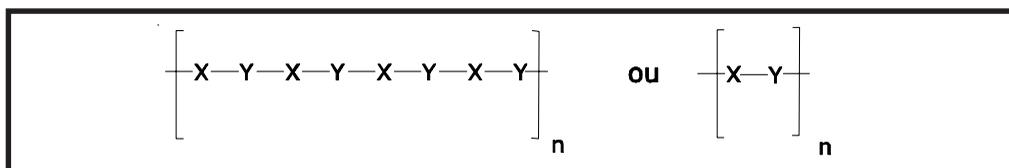


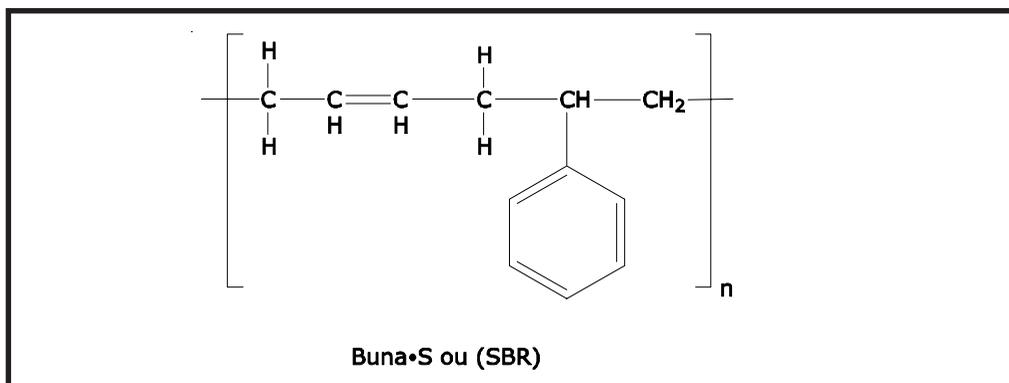
Figura 8- Representação de polímeros lineares, ramificados e reticulados.

Quando um polímero é sintetizado a partir de um único tipo de monômero, é chamado de homopolímero. O polietileno é um exemplo de homopolímero.

Quando os monômeros de partida são diferentes, temos a formação de um copolímero:



A borracha butadieno-estireno é um exemplo de copolímero:



## A massa molecular dos polímeros

Por serem moléculas contendo milhares ou milhões de átomos, os polímeros têm massas moleculares muito grandes.

Quando nos referimos à massa molecular de compostos que não são macromoléculas, estamos nos referindo a algo bem definido. Assim, a água, cuja fórmula é  $H_2O$ , tem massa molecular 18 g/mol. Quando consideramos uma amostra de uma determinada substância, sabemos que ela é formada por moléculas pequenas que são idênticas. Portanto, todas as moléculas de água possuem a mesma massa molecular.

Por outro lado, durante o processo de polimerização são formadas cadeias poliméricas de tamanhos variados. Algumas cadeias crescem mais que outras, embora todas elas tenham a mesma estrutura química. Assim, são formadas macromoléculas de tamanhos diferentes e, portanto, de massas moleculares diferentes. Temos, então, uma distribuição de massas moleculares em torno de um valor médio, que é utilizado como a massa molecular média do polímero.

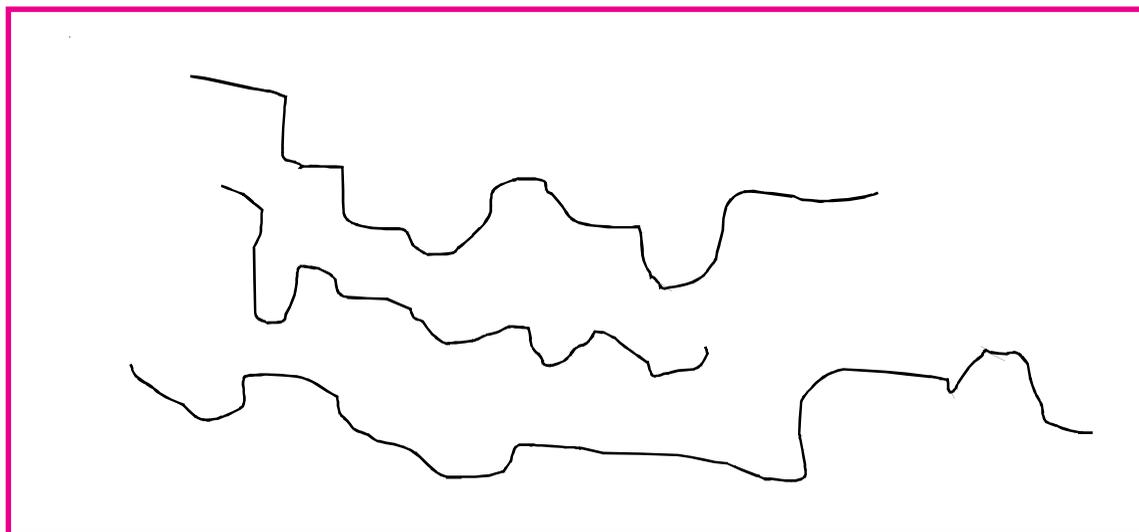


Figura 9 - Representação de macromoléculas de tamanhos diferentes.

## As propriedades dos polímeros

As propriedades especiais tão peculiares aos polímeros são consequência principalmente de sua alta massa molecular. Quanto maiores as macromoléculas, melhores suas propriedades mecânicas. Polímeros de interesse comercial apresentam geralmente massas moleculares médias superiores a 10.000.

Os polímeros, como vimos, são constituídos de moléculas formadas pelo encadeamento de milhares ou milhões de átomos. Por serem muito longas, estas cadeias se entrelaçam formando um emaranhado que interage fortemente. Esta é uma das razões da grande resistência mecânica dos polímeros, o que possibilita que sejam utilizados na confecção de muitos objetos, tais como móveis, peças automotivas e peças para construção civil.

Se as cadeias de macromoléculas estiverem não apenas entrelaçadas, mas unidas através de ligações químicas, as chamadas ligações cruzadas, a resistência mecânica é aumentada, permitindo a confecção de peças e objetos bastante resistentes. Estes polímeros conseguem suportar condições relativamente drásticas de uso, como choques, atritos ou tração. Outras vantagens da presença de muitas ligações cruzadas entre as cadeias de macromoléculas são a estabilidade e resistência térmica.

São propriedades como resistência mecânica, resistência térmica, estabilidade frente a substâncias químicas, resistência elétrica, permeabilidade a gases etc. que irão determinar como o polímero vai ser utilizado.

De acordo com seu comportamento mecânico, os polímeros podem ser classificados como elastômeros, fibras, plásticos rígidos ou plásticos flexíveis.

É possível obter polímeros com propriedades e características tecnológicas preestabelecidas através do controle sistemático das reações de polimerização. Fatores como condições de reação (temperatura, pressão, catalisadores etc.), introdução de substâncias capazes de promover reticulações e/ou copolimerizações, são determinantes.

Uma prática bastante comum na indústria de polímeros é a adição de substâncias denominadas aditivos, que conferem propriedades especiais à resina polimérica.

As fibras são matérias termoplásticas que possuem cadeias poliméricas posicionadas paralelamente em sentido longitudinal. Elas apresentam alta resistência à deformação, mas podem sofrer alongamentos. São comumente utilizadas na confecção de roupas. Ex.: raíom, *nylon*, viscosa, acetato de celulose etc.

Denomina-se elastômero um polímero que pode sofrer alongamentos reversíveis muito grandes. São utilizados, por exemplo, na confecção de pneus, sola de sapatos etc.

A borracha natural apresenta propriedades elásticas e é um elastômero. Ela é obtida a partir do látex extraído da planta chamada seringueira, a *Hevea brasiliensis*. O processo de vulcanização da borracha por aquecimento com enxofre, proposto por Charles Goodyear

em 1839, conferiu à borracha propriedades tais como resistência mecânica e térmica, expandindo o seu uso em todo o mundo.

**Elastômero:** polímero que à temperatura ambiente pode ser deformado repetidamente a pelo menos duas vezes o seu comprimento. Uma vez o esforço retirado, ele volta ao formato original. Polímeros que possuem alta elasticidade.

A borracha natural é um elastômero. Segundo o historiador Tordesillas, o uso da borracha natural é anterior à descoberta do continente americano pelos europeus. Os índios usavam bolas feitas com este material, o qual chamavam de Caucho, que vem de caa, que significa madeira e o-chu, que significa que chora.



Figura 10 - Extração do látex da seringueira *Hevea brasiliensis* e botas fabricadas com borracha natural.

## Os plásticos: polímeros com propriedades especiais

Os plásticos são um grupo de polímeros que possuem propriedades mecânicas intermediárias entre aquelas apresentadas pelos elastômeros e pelas fibras. No que diz respeito ao processo tecnológico de preparação e ao comportamento durante o aquecimento, os plásticos são divididos em dois grupos:

**Termoplástico** - material polimérico que possui capacidade de amolecer e fluir quando aquecido, podendo ser moldado no formato desejado. Esta alteração é uma transformação física e reversível. Ex.: polietileno, policloreto de vinila, poliestireno etc.

**Termorrígido** - são produtos de polimerização em que ocorre formação de ligações cruzadas entre cadeias, tornando-os rígidos, fenômenos conhecido como “cura”. Após a “cura”, tornam-se infusíveis, insolúveis e não-recicláveis. Ex.: poliuretano, resina epóxi, baquelite etc.

Os plásticos rígidos são caracterizados pela alta resistência à deformação e são usados, por exemplo, em lentes de óculos e em utensílios domésticos. Os plásticos flexíveis são usados em filmes para empacotamento, embalagens etc.



Figura 11-Aviões modernos têm vários componentes feitos com diversos tipos de plástico. Na ilustração, o interior de um Air bus A-380, onde a maioria dos artigos é feita de plástico.

## Aditivos: modificando as características de um plástico

Os plásticos são leves se comparados com a madeira, metais e cerâmicas. A utilização de peças de plástico tornou os automóveis e aviões muito mais leves, portanto, mais econômicos.

Além disso, os plásticos são facilmente processáveis a temperaturas baixas se comparadas com a temperatura de processamento de outros materiais tais como o aço e o alumínio. Portanto, o consumo de energia é relativamente baixo, o que se reflete no custo de fabricação.

Muitas outras propriedades tornam o plástico um material versátil: baixa condutibilidade elétrica e térmica; alta resistência ao ataque químico de substâncias tais como o oxigênio, ácidos, bases etc.

Uma outra vantagem é que as resinas plásticas podem ser facilmente misturadas com outras substâncias que podem lhes conferir novas propriedades, sendo possível alterar cor, cheiro, elasticidade, resistência a impactos, resistência ao calor e à luz etc., ampliando as possibilidades de aplicações. Estas substâncias são denominadas aditivos. O quadro abaixo mostra os principais aditivos e sua função:

Quadro 2- Principais aditivos usados na fabricação de plásticos e sua função.	
Aditivo	Função
Plastificante	Aumentar a flexibilidade
Estabilizante térmico	Evitar a decomposição por aquecimento
Estabilizante UV	Evitar a decomposição causada por raios UV solares
Retardador de chamas	Reduzir a inflamabilidade
Lubrificante	Reduzir a viscosidade
Carga	Aumentar a resistência ao desgaste por abrasão e reduzir o custo do material
Antioxidante	Minimizar a oxidação provocada por oxigênio e ozônio atmosféricos
Pigmentos	Conferir a cor desejada
Antiestático	Evitar eletrização por atrito
Aromatizante	Conferir odores desejados. Mascaram odores indesejados
Biocida	Inibir a degradação por microorganismos

Dependendo da maneira como são obtidos (condições de reações) e/ou do tipo de aditivo usado, alguns polímeros podem se comportar como elastômero ou plástico, como é o caso do poliestireno. Outros, por sua vez, podem ter características de plástico ou fibra, como é o caso do poliéster (ver quadro 3).

Quadro 3- Classificação de alguns polímeros quanto às propriedades mecânicas.			
Polímero	Elastômero	Plástico	Fibra
Polisopreno			
Poliisobutileno			
Poliestireno			
Poli (cloreto de vinila)			
Poliuretana			
Polisiloxana			
Polietileno			
Politetrafluoroetileno			
Poli (metil metacrilato)			
Fenol-formaldeído			
Uréia-formaldeído			
Melamina-formaldeído			
Poliamida			
Poliéster			
Celulósicos			
Polipropileno			
Poliacrilonitrila			

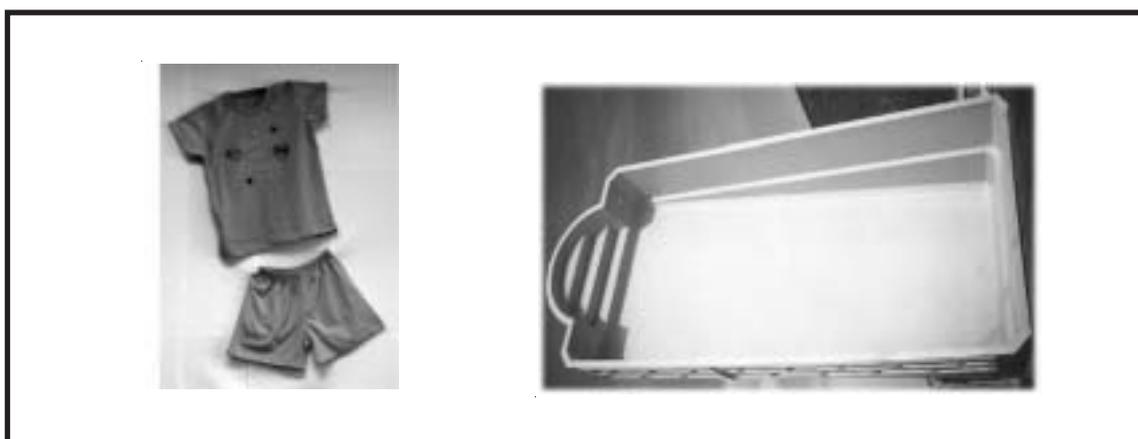


Figura 12 - O polímero poliéster pode ter características de fibra, como o usado na roupa infantil e de plástico, como o usado na fabricação da piscina.

## Moldando os plásticos para produzir artefatos

**Resina:** termo atualmente empregado para designar qualquer matéria-prima polimérica no estado termoplástico, sendo fusível, insolúvel em água, mas solúvel em outros meios líquidos.

Até chegar aos consumidores na forma de objetos, as matérias plásticas são submetidas a diversas etapas de produção. Uma destas etapas é a moldagem.

A mistura composta pela resina polimérica e diferentes aditivos deve ser moldada para adquirir a forma do objeto desejado. Vários são os processos de moldagem: vazamento, fiação por fusão, compressão, calandragem, injeção, extrusão, sopro etc. Na grande maioria dos casos, a mistura passa por um estado fluido, pela ação do calor, com ou sem pressão, ou pela adição de um veículo líquido. Os processos mais comuns estão descritos de forma resumida abaixo.

- Processo de vazamento: é um processo simples pelo qual a mistura é vertida ou vazada em um molde, sob a forma de uma solução viscosa.
- Processo de fiação por fusão: a mistura fundida passa através de orifícios de uma placa (fieira), formando filamentos viscosos que se solidificam e são enrolados em bobinas. É indicado para obtenção de fios.
- Processo de compressão: consiste em comprimir a mistura aquecida dentro da cavidade de um molde. Este processo é muito usado para termorrígidos.
- Processo de calandragem: consiste basicamente na passagem da mistura entre rolos sucessivos e interligados em rotação. É indicado na produção de lâminas, folhas e filmes de espessura regular.
- Processo de injeção: a mistura fundida é introduzida no molde por intermédio de pressão exercida por um êmbolo.
- Processo de extrusão: a mistura polimérica passa através de uma matriz com o perfil do objeto desejado e é resfriada tornando-se sólida. Processo bastante comum na fabricação de tubos de poli(cloreto de vinila) e polietileno, tão utilizados em encanamento de água, esgotos etc.
- Processo de sopro: ideal para obtenção de peças ocas pela insuflação de ar no interior do molde. É muito usado na fabricação de frascos a partir de resinas termoplásticas.



Figura 13 - Máquinas usadas nos processos de moldagem (a) extrusora (b) calandra (c) injetora e (d) sopradora. Abaixo bancos de ônibus preparados a partir de processo de sopro.



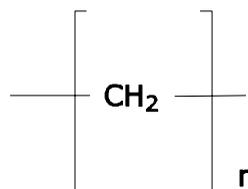
## Conhecendo as propriedades de alguns plásticos

A seguir são apresentadas algumas das mais importantes famílias de plásticos existentes atualmente:

É bastante comum substituir o nome dos polímeros por abreviaturas. Em geral utilizam-se letras do nome em maiúsculas. Por exemplo: polipropileno(PP), poliestireno (PS).

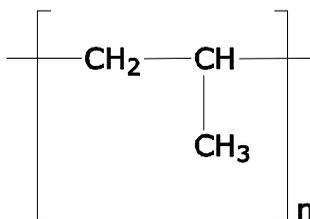
**Poliolefinas:** polímeros derivados de hidrocarbonetos alifáticos que apresentam dupla ligação, tais como o etileno e o propileno. É uma das mais importantes famílias de plásticos, devido ao seu alto consumo mundial (são os plásticos mais baratos e mais populares).

### Polietileno PE



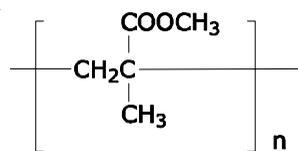
É um dos plásticos mais conhecidos e utilizados. É obtido através da polimerização do etileno, e dependendo das condições em que o processo é realizado, podem-se obter macromoléculas muito grandes, que formam um sólido compacto com alta resistência chamado PEAD, polietileno de alta densidade, muito usado na fabricação de canetas, brinquedos, móveis de jardim etc., ou o PEBD, polietileno de baixa densidade, formado por macromoléculas menores produzindo um material mais flexível, muito usado na fabricação de sacolas e sacos.

### Polipropileno PP



Produzido a partir da polimerização do gás propileno, este plástico apresenta propriedades como excepcional resistência a rupturas, boa resistência a impactos, boa resistência química, boas propriedades elétricas, sendo muito utilizado na fabricação de recipientes. A resina polipropileno, quando reforçada com fibra de vidro, torna-se mais resistente e é bastante utilizada na indústria de autopeças.

## Poliacrílicos

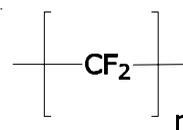


Poli(metacrilato de metila)

Os mais importantes poliacrílicos são derivados dos ácidos acrílico e metacrílico. São materiais caracterizados pela transparência, brilho e alta resistência ao impacto e às intempéries. O poli (metacrilato de metila), PMMA, é muito conhecido pelo nome comercial Plexiglas. As placas deste polímero podem substituir o vidro por serem transparentes e são muito resistentes a impactos e a abrasão. São usadas na fabricação de janelas, painéis de sinalização, objetos de decoração, lentes para óculos e de contato etc.

**Fluoroplásticos :** devido à presença de átomos de flúor fortemente ligados a átomos de carbono, estes polímeros apresentam propriedades como resistência térmica e elétrica, baixa tensão superficial e não propagam chamas. Suas principais desvantagens são o alto custo e a dificuldade de processamento.

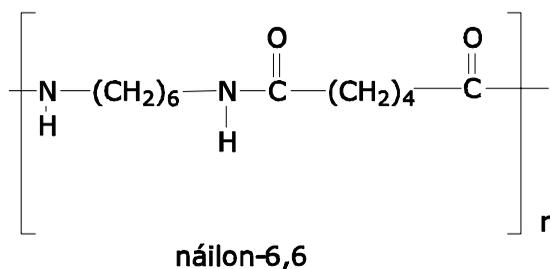
## Politetrafluoroetileno PTFE



Conhecido como teflon, este plástico apresenta como principais propriedades a inércia química, isto é, não reage com facilidade, além de apresentar baixo coeficiente de atrito. O fato de a maior parte das substâncias não aderir a uma superfície revestida de teflon tornou seu uso bastante difundido na fabricação de frigideiras antiaderentes.

**Poliamidas PA:** são resinas obtidas pela policondensação de poliácidos e poliaminas. Apresentam excepcional tenacidade e resistência ao desgaste, além de baixo coeficiente de atrito, o que lhes possibilita numerosas aplicações.

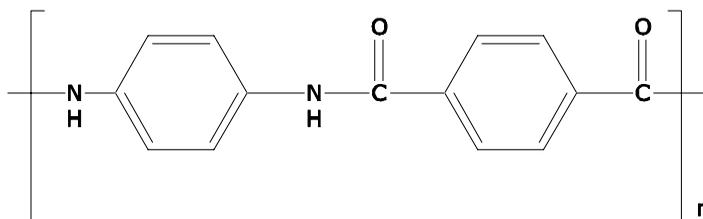
## Náilon ou Nylon



Existem vários polímeros que são denominados náilon. O tipo mais comum é obtido pela reação de condensação do ácido adípico com a hexametilenodiamina. Este náilon, chamado náilon-6,6, é uma poliamida que apresenta alta resistência, que pode ser moldado facilmente e não propaga o fogo, tendo larga aplicação na confecção de fibras têxteis, maiôs, biquínis, linha de pesca, velcros, pulseiras de relógio etc.

A invenção do náilon em 1938 foi um sucesso, visto que suas propriedades permitiram que substituísse a seda natural na fabricação de meias para mulheres. As meias, além de mais baratas que as de seda, não amassavam e secavam rápido. Quando foram lançadas pela primeira vez no comércio americano, 4 milhões de pares de meias foram vendidos em apenas 5 horas! Depois desse início promissor, o náilon passou a ser usado na fabricação de pára-quadras para atender principalmente à indústria bélica. Atualmente este polímero é utilizado na fabricação dos mais diferentes artigos como: redes de pesca, roupas, sacolas etc.

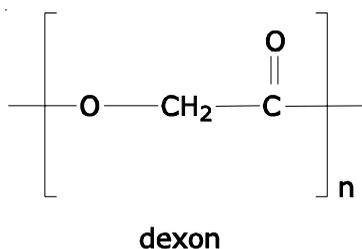
### Kevlar



Assim como o *nylon*, o polímero kevlar é uma poliamida. Por ser uma amida aromática, é classificado como aramida. Destaca-se como um dos materiais sintéticos mais resistentes conhecidos. Ele é um plástico com uma resistência tão grande, que cordas de kevlar têm substituído às de aço em muitas aplicações.

São usados, em geral, na fabricação de produtos resistentes a chamas intensas (roupas para bombeiros), resistentes ao calor (filmes de isolamento para motores), resistentes aos impactos (coletes à prova de balas) etc. Seu elevado custo é um impedimento para maiores aplicações.

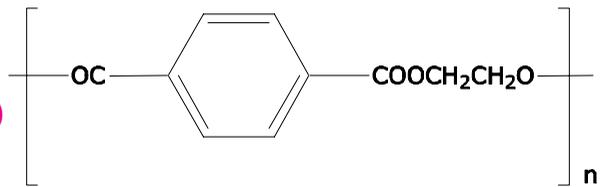
### Poliésteres



Os poliésteres, como o próprio nome indica, são polímeros que possuem a função éster. Eles são classificados em saturados ou insaturados, dependendo da presença ou não de duplas ligações em suas cadeias. A mistura de algodão (celulose) com poliéster origina um tecido muito conhecido, chamado de tergal.

Quando nos machucamos ou após uma cirurgia, nossa pele e tecidos podem ser unidos por linhas e fios, fechando cortes com “pontos”. Este processo é chamado de sutura. Após a cicatrização, o fio usado é retirado. No entanto, quando a sutura é feita em regiões internas de nosso corpo, é mais conveniente utilizar fios que possam ser absorvidos pelo organismo. O dexon é um tipo de poliéster utilizado para este fim.

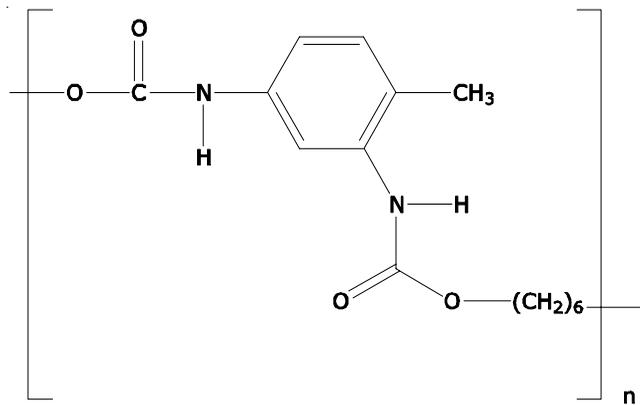
**Poli (tereftalato de etileno)**  
**PET**



poli (tereftalato de etileno) linear

Poliéster de grande consumo no Brasil, principalmente devido ao seu uso na fabricação de garrafas para refrigerantes. Características como excelente resistência ao ataque de substâncias, resistência a deformações, baixo nível de absorção de umidade e baixo custo tornaram o PET um dos plásticos mais consumidos no mundo.

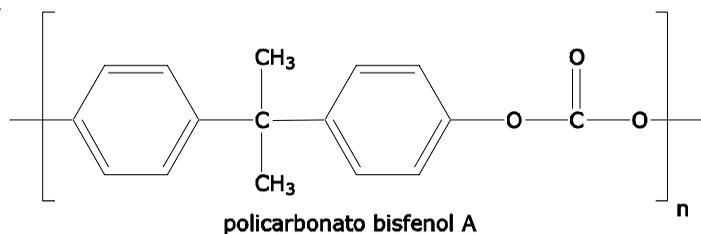
**Poliuretanas PU**



poliuretana derivada do toluenediisocianato e hexametilenodiol

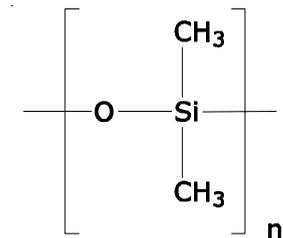
Utilizadas como espumas macias na fabricação de colchões e estofados, ou como espumas duras na fabricação de embalagens e pranchas de surfê, as poliuretanas são produtos da reação de condensação de um diisocianato orgânico com um poliálcool. Suas características dependerão dos compostos de partida usados e da técnica de preparação.

**Policarbonatos PC**



Os policarbonatos reúnem propriedades dos metais leves, do vidro e dos plásticos, tais como resistência a choques, à flexão etc. São semelhantes ao vidro por serem transparentes, com a vantagem de serem mais resistentes a impactos. Por esta razão são utilizados na fabricação de janelas de avião e nos chamados “vidros à prova de balas”. Podem ser usados na fabricação de muitas outras peças, como por exemplo, *compact discs* (CDs), mamadeiras, lentes etc.

## Silicones



Poli(dimetil siloxano)

Cada vez mais conhecidos por suas aplicações no domínio das cirurgias plásticas, os silicones ou siliconas são polímeros contendo longas cadeias de silício e oxigênio. Eles apresentam características importantes como: inércia química, estabilidade frente a variações de temperatura e são atóxicos. Com massas moleculares relativamente pequenas, são obtidos geralmente na forma de óleos, sendo empregados na impermeabilização de superfícies (ceras em polimento de automóveis). Silicones com maiores massas moleculares têm consistência de borracha e são usados na vedação de janelas e boxes de banheiro. Silicones com massas moleculares muito grandes apresentam alta resistência térmica e são utilizados em objetos esterilizáveis, como chupetas e bicos de mamadeiras.



Figura 14 - prótese de silicone colocada através de processo cirúrgico no interior do corpo humano.

## Os plásticos e o meio ambiente

Uma das razões que fazem os plásticos serem materiais de uso cada vez mais difundido é a sua durabilidade, consequência de sua estabilidade estrutural, que lhes confere resistência aos diversos tipos de degradação (fotodegradação, quimiodegradação, biodegradação). Alguns tipos de plásticos, por exemplo, necessitam de séculos para se degradar.

Se a durabilidade dos plásticos é uma vantagem, por outro lado, representa um sério problema ecológico, pois são muito usados na fabricação de embalagens usualmente descartadas após utilização e que vão se acumulando ao longo do tempo na natureza, provocando uma forte poluição visual. O plástico tornou-se um símbolo da sociedade de consumo descartável e é atualmente o segundo constituinte mais comum do lixo, após o papel.

Entretanto, a opção de não utilizar as matérias plásticas é considerada inviável por muitos especialistas, que afirmam que a substituição destes por outros materiais tais como papel, madeira, vidro e metais, implicaria o aumento de volume e peso do lixo, e o consequente aumento dos custos com coleta e tratamento. Não podemos esquecer que a substituição de embalagens plásticas por papel significa um aumento no consumo de árvores e destruição de florestas, que é um problema grave no Brasil.

As diferentes comunidades em nosso planeta, principalmente os habitantes de grandes cidades, enfrentam atualmente um grande desafio: solucionar o problema do lixo. Têm sido necessários aterros sanitários cada vez maiores, e, portanto, mais distantes dos centros urbanos, para acolher o impressionante volume de lixo que produzimos diariamente.



Figura 15 - (a) Coleta seletiva de lixo (b) Lixão.

Curiosamente, o plástico tem um papel importante na construção de aterros sanitários, quando são usados como selantes, evitando que os produtos oriundos da decomposição do lixo penetrem nos solos e lençóis de água.

Ecologistas têm apresentado argumentos bastante convincentes de que, para se resolver o problema do lixo, teremos de adotar novas atitudes, que envolvem: redução no consumo, reutilização de materiais e reciclagem. Esta nova postura é uma exigência cada vez maior das sociedades modernas que aspiram a um crescimento racional, baseado no chamado desenvolvimento sustentável.

**Desenvolvimento auto-sustentado:** modelo de desenvolvimento socio-econômico que não agride o equilíbrio ecológico.

Com estas práticas, além de atenuar de forma significativa o problema da destinação do lixo, economizaremos matéria-prima. No caso dos plásticos, isto é particularmente importante, já que as matérias-primas utilizadas na síntese dos mesmos são provenientes essencialmente do petróleo e gás natural, de grande consumo e com reservas limitadas. Portanto, devemos buscar novos materiais para substituir determinados plásticos e desenvolver novas rotas de síntese que partam de recursos renováveis, como, por exemplo, o álcool etílico, obtido através da fermentação da sacarose extraída da cana-de-açúcar, na preparação de eteno, um monômero muito usado na produção de plásticos.

Em relação à reciclagem, vale ressaltar que projetos em grandes escalas só se efetivarão se forem economicamente viáveis. Para tanto, é necessário que exista coleta seletiva do lixo, isto é, a separação e identificação dos diferentes materiais plásticos descartados. Isto é possível já que os plásticos possuem propriedades diferentes, tais como a densidade, que facilita o processo de separação.

A reciclagem de plásticos pós-consumo no Brasil é de 17,5%, um percentual muito positivo em comparação à taxa européia, que gira em torno de 22%, e o que é particularmente importante, a reciclagem em nosso país tem crescido 15% ao ano.

A reciclagem pode ser também pré-consumo, ou seja, acontecer nas próprias indústrias que aproveitam resíduos plásticos, tais como aparas, rebarbas, sobras e matérias-primas fora de especificação. Estes resíduos são considerados materiais “nobres”, pois não estão misturados a outros e não necessitam passar pelas etapas de separação e lavagem.

Para facilitar o processo de reciclagem, as indústrias colocam símbolos padronizados pela ABNT nos objetos para identificar os tipos de plásticos mais utilizados. Assim torna-se mais fácil a realização de triagens.



Polietileno Tereftalato



Polietileno de Alta Densidade



Policloreto de Vinila



Polietileno de Baixa Densidade



Polipropileno



Poliestireno



Especiais

Um dos processos de reciclagem de plástico mais desenvolvidos atualmente é a pirólise. Por meio dele, o plástico é aquecido e suas moléculas se rompem dando início à sua transformação em óleo e gases. Esses gases são reaproveitados como matéria-prima na indústria petroquímica.

A reciclagem mecânica consiste na conversão de plásticos descartados após o consumo em grânulos que podem ser reutilizados na produção de outros artigos como sacos de lixo, solados, pisos, mangueiras, componentes de automóveis, embalagens não alimentícias etc.

### **Plásticos biodegradáveis**

Literalmente, ou decompondo a palavra em seus dois elementos, biodegradabilidade quer dizer a capacidade de um material ser degradado sob a ação de elementos vivos.

Para que a biodegradação ocorra, além dos parâmetros biológicos (ação dos animais, vegetais e microorganismos), é necessário levar em consideração os parâmetros físicos envolvidos no processo (temperatura, pressão, ação mecânica dos ventos, chuva e neve, ocorrência de alagamentos, ação da luz etc.), a composição química da água, do ar e do solo. A biodegradabilidade não é, portanto, resultado de uma simples ação de microorganismos, porque as condições nas quais eles atuam devem ser consideradas.

No Brasil, estão sendo desenvolvidos plásticos biodegradáveis que se dissolvem em contato com a água ou a terra. Produzidos com resinas provenientes da cana-de-açúcar, milho, trigo e batata, estes materiais estão sendo apontados como ecologicamente corretos.

Estes novos plásticos deverão ser utilizados em produtos de consumo rápido como talheres, aparelhos de barbear, pentes, cotonetes, absorventes higiênicos, fraldas e utensílios médico-hospitalares (cateteres, seringas etc.).

Na Europa já existem sacos para embalar mudas de plantas que são absorvidos pela terra e algumas indústrias norte-americanas estão produzindo brinquedos de plásticos biodegradáveis. A produção é ainda pequena devido ao preço elevado: por exemplo, o quilo de plástico sintético custa em torno de US\$1,60, enquanto o biodegradável varia de US\$ 4 a US\$ 10.

## A Produção de PVC em Alagoas

O PVC, poli (cloreto de vinila), é um polímero atóxico, leve, sólido, resistente, impermeável, estável e que não propaga chamas. Além disso, suas propriedades podem ser modificadas através da utilização de aditivos, tais como plastificantes, estabilizantes ou pigmentos, tornando-o ainda mais atraente e ampliando as possibilidades de uso.

A utilização do PVC na construção civil, na forma de tubos, conexões, fios e cabos, corresponde a aproximadamente 64% da demanda total de PVC em nosso país. Este plástico apresenta inúmeras vantagens em relação a materiais como madeira, metais e cerâmicas, pois tem bom comportamento antichama, resistência química e às intempéries, bom isolamento térmico e acústico. É um material versátil, reciclável e sua fabricação tem um relativo baixo custo energético.

Alagoas é um grande produtor de PVC. Neste caderno temático iremos tratar do processo de produção deste plástico e suas implicações econômicas e ambientais em nosso Estado.

A demanda mundial de consumo de PVC foi superior a 27 milhões de toneladas no ano de 2001, sendo que a capacidade mundial de produção de resinas de PVC estimada é de cerca de 31 milhões de toneladas ao ano. O PVC é o segundo termoplástico mais consumido em todo o mundo.

(Fonte: [www.braskem.com.br/upload/tecnologia\\_do\\_pvc](http://www.braskem.com.br/upload/tecnologia_do_pvc))

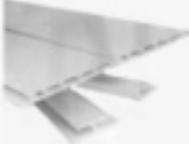


Figura 16 - (a) O PVC ocupa cada vez mais espaço na construção civil. Este material tem substituído alumínio e madeira na fabricação esquadrias de janelas e portas. (b) A ilustração mostra o estádio onde foi realizada a Copa do Mundo de 1998, em Saint-Denis, na França, cujo teto em PVC reúne características como beleza, resistência e leveza.

O quadro abaixo destaca as diversas características e aplicações do PVC:

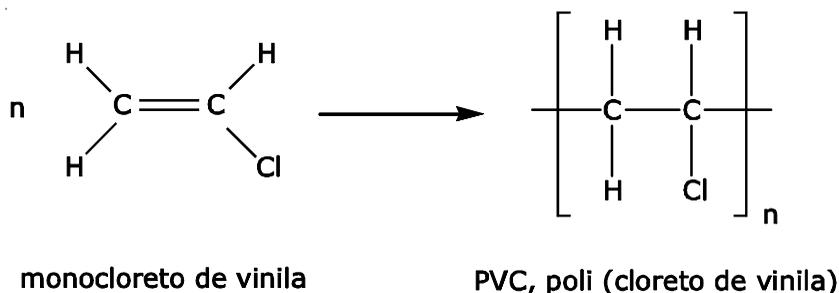
Quadro 4- Principais características do PVC relacionadas às suas inúmeras aplicações.		
Principais características	Utilização	Ilustração
É considerado o material que melhor conserva o sangue. Não é tóxico.	Produtos médico-hospitalares: embalagens para medicamentos, bolsas de sangue, tubos para transfusão e hemodiálise, artigos cirúrgicos, além de pisos de salas de hospitais.	
São convenientes para ambientes corrosivos (beira-mar) pois são resistentes às intempéries (sol, chuva, vento e maresia).	Janelas com grande resistência às mudanças de clima e à passagem dos anos.	
São sólidos, resistentes a choques e fáceis de lavar.	Revestimentos de paredes e pisos decorativos.	
São leves, o que facilita o manuseio, não afundam na água. Não são tóxicos e são baratos.	Brinquedos e artigos infláveis como bolas, bóias, colchões e barcos.	
Fáceis de moldar, variedade de aspectos (cor, brilho, transparência) e baixo custo.	Artigos escolares.	
Impermeáveis aos gases.	Embalagens usadas para acondicionar alimentos, protegendo-os contra umidade e bactérias.	
Flexíveis e resistentes, facilmente transportados e manipulados graças ao seu baixo peso.	Tecidos espalmados decorativos e técnicos que são usados principalmente para móveis, vestuários, malas e bolsas. Revestimento de interior de veículos.	

**Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**

<p>São transparentes e leves. Impermeáveis a gases e líquidos.</p>	<p>Garrafas para água mineral.</p>	
<p>Facilidade de moldagem e de manutenção. Bom isolante térmico, elétrico e acústico.</p>	<p>Estruturas de computadores, assim como peças técnicas destinadas à indústria eletrônica.</p>	
<p>Resistentes e leves, podem ser transparentes e coloridos. Baixo custo.</p>	<p>Tubos e conexões utilizados na canalização de água e esgotos, mangueiras.</p>	
<p>Resistem bem ao tempo, aos raios UV, à corrosão e à abrasão.</p>	<p>Laminados utilizados para embelezar e melhorar painéis de madeira e metal, laminados impermeáveis utilizados em piscinas, túneis, tetos etc.</p>	
<p>Impermeabilidade e resistência a produtos químicos. Baixo custo.</p>	<p>Frascos para acondicionar cosméticos e produtos domésticos.</p>	
<p>Resistentes às variações climáticas e de fácil manutenção. Resistente à ação de fungos, bactérias, insetos e roedores.</p>	<p>Móveis de jardim.</p>	

## Como é o processo de obtenção do PVC em Alagoas

O PVC é preparado a partir do monômero monocloreto de vinila. A reação é a seguinte:



Como podemos observar acima, o poli (cloreto de vinila) possui átomos de cloro em sua estrutura. É a presença deste elemento em sua composição química que torna o PVC um polímero resistente à propagação de chamas. Vários aditivos podem ser utilizados na preparação de resinas PVC levando à obtenção de materiais com diferentes propriedades e características, abrindo o leque de possibilidades de utilização.

Este plástico é composto de cloro, carbono e hidrogênio. A porcentagem em massa é de 56,8% de cloro, 38,4% de carbono e 4,8% de hidrogênio.

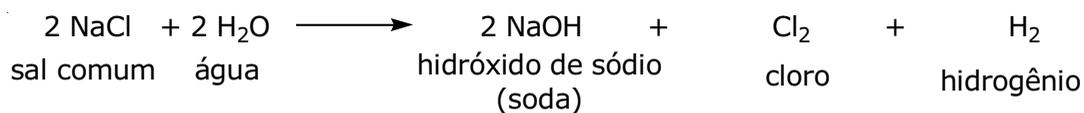
O monômero utilizado na preparação do PVC, o monocloreto de vinila, é preparado a partir do dicloroetano, que, por sua vez, é resultado da cloração do eteno. O cloro necessário para esta reação química é obtido através da eletrólise de uma solução aquosa de cloreto de sódio, também denominada salmoura.

O cloreto de sódio, que existe abundantemente na natureza, é o sal utilizado em nossa alimentação. A água do mar contém este sal, em solução, misturado com outras substâncias. Ele pode ser também encontrado puro em depósitos naturais na forma do mineral denominado sal-gema. No Brasil estes depósitos encontram-se principalmente nos Estados de Sergipe, Alagoas e Amazonas. Alagoas possui aproximadamente 12 % das reservas brasileiras de sal-gema.

As jazidas de sal-gema de Alagoas estão sendo atualmente exploradas pela indústria petroquímica Braskem, que transforma o sal em dois produtos principais: o cloro e a soda.

Em linhas gerais, o processo consiste na dissolução do cloreto de sódio (sal-gema) em água (a unidade de extração é atualmente localizada no Bairro do Mutange em Maceió), obtendo-se a salmoura, que é submetida ao processo de eletrólise.

Na eletrólise da salmoura obtém-se cloro, soda cáustica (solução aquosa de hidróxido de sódio) e hidrogênio. O processo global pode ser representado pela seguinte reação:



A Unidade de Cloro-Soda da Braskem, situada na praia da Avenida em Maceió, produz cerca de 400 mil ton/ano de cloro e cerca de 450 mil ton/ano de soda cáustica.

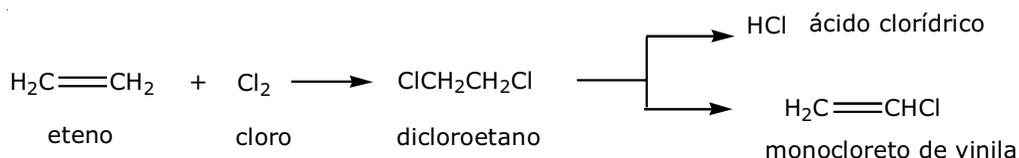
A soda cáustica tem várias aplicações, sendo muito usada nos seguintes processos:

- digestão da madeira para a obtenção de celulose usada na fabricação de papel;
- produção de sabonetes, pasta de dentes, sabões e detergentes;
- reações de neutralização na indústria petroquímica;
- produção de alumina para as indústrias de alumínio.

As aplicações do cloro são muito diversificadas, destacando-se:

- produção de resinas de PVC poli(cloreto de vinila);
- na indústria de papel e celulose.
- fabricação do silício empregado em microprocessadores eletrônicos;
- produção de pigmentos brancos para tintas;
- na indústria metalúrgica;
- preparação de defensivos agrícolas.

O cloro produzido é levado a reagir com o eteno, para produzir o dicloroetano, o qual é transformado a seguir no monocloreto de vinila, que é o monômero utilizado na preparação do PVC:



O eteno utilizado neste processo é proveniente do Estado da Bahia e chega até Alagoas por uma tubulação denominada “etenoduto”, que tem cerca de 470 km de extensão. Ele é obtido à partir do petróleo, uma fonte de recursos naturais não renovável.

Existem outras alternativas para obtenção de eteno: obtenção à partir do gás natural e à partir da desidratação do álcool etílico proveniente da fermentação do caldo de cana-de-açúcar. As duas alternativas são importantes no Estado de Alagoas, visto que possuímos grandes reservas de gás natural e temos um dos setores sucroalcooleiros mais importantes do país.

A Braskem em Alagoas produz cerca de 204 mil toneladas por ano de PVC. Em 2003 foi aprovado um investimento para expandir a capacidade de produção de PVC em 50 mil ton/ano. A produção de dicloroetano em Maceió é de 600 mil toneladas por ano.



M. D. CORREIA

Figura 17 - Uma das unidades da Braskem, situada na praia da Avenida em Maceió.

Alagoas exporta quase todo PVC produzido. Este plástico é então processado pelas chamadas indústrias de transformação gerando os mais variados objetos: filmes, tubos, conexões, calçados, laminados, fios, cabos, perfis para construção civil, embalagens etc.

A comercialização do PVC gera renda para o Estado através de impostos recolhidos, entretanto, a presença de um número maior de indústrias de transformação seria desejável visto que geraria mais impostos e postos de trabalho, incentivando o desenvolvimento econômico.

Uma das mais importantes indústrias de transformação em Alagoas é a empresa Araforros e está situada no município de Arapiraca. Esta empresa usa a resina PVC para produzir forros e divisórias.

O Brasil é responsável pelo consumo de cerca de 2,5% da demanda mundial de resinas de PVC. O consumo *per capita*, na faixa de 4,0 kg/hab/ano, considerado baixo, se comparado ao de outros países, é um indicativo do grande potencial de crescimento da demanda. (Fonte: [www.braskem.com.br/upload/tecnologia\\_do\\_pvc](http://www.braskem.com.br/upload/tecnologia_do_pvc))

As maiores restrições relativas ao uso do PVC se devem ao fato de ser uma resina que contém cloro em sua composição química. O cloro e seus derivados são alvo freqüente de questionamentos quanto aos seus efeitos sobre o meio ambiente.

Algumas restrições ambientais à utilização de cloro já tiveram reflexos sobre o mercado deste produto, tais como:

- proibição do uso de BHC (hexacloreto de benzeno) e DDT (dicloro-difenil-tricloroetano), defensivos agrícolas de grande importância no passado;
- restrição ao uso de cloro para branqueamento de polpa de celulose e papel, resultando na criação de tipos especiais de produtos destinados a países que fazem este tipo de exigência: celulose livre de cloro;
- restrição ao uso e emissão de solventes clorados;
- proibição do uso de compostos clorofluorcarbonados, que prejudicam a camada de ozônio.

Entretanto, em relação ao PVC não existem estudos científicos que sejam consistentes o suficiente para restringir seu uso. Devido à sua estrutura molecular, o PVC é matéria-prima de desenvolvimento sustentável. Ele é obtido principalmente a partir de insumos provenientes do sal marinho ou da terra (sal-gema), uma fonte praticamente inesgotável de matéria-prima, e, em menor proporção de insumos provenientes de fontes não renováveis (petróleo e gás natural). Vale resaltar que existe tecnologia disponível para a substituição dos derivados de petróleo e gás pelos de álcool de origem vegetal, como por exemplo, o álcool etílico produzido a partir da cana-de-açúcar.

Uma outra importante característica do PVC é o fato de ele ser um material reciclável. No Brasil a reciclagem do PVC é realizada há vários anos e envolve uma estrutura industrial organizada. O PVC reciclado é utilizado na camada central de tubos de esgoto, em reforços para calçados, juntas de dilatação para concreto, perfis, cones de sinalização etc.

Apesar de ser uma indústria de grande importância para o Estado de Alagoas, pois gera empregos e divisas, uma das unidades da Braskem, antiga Salgema, foi instalada em um local inadequado, situando-se dentro da cidade de Maceió, entre a praia da Avenida e a Lagoa Mundaú, causando um enorme impacto ambiental.

## Os plásticos através da História

As matérias plásticas sintéticas surgiram na segunda metade do século XIX. Até então, objetos como pentes, fivelas, botões, eram fabricados com cascos e chifres de animais (entre eles, o marfim, feito de presas de elefantes), criando na época um sério problema: milhares de animais foram dizimados.

Teve início então a busca pela obtenção de novos materiais que substituíssem os de origem natural, notadamente o marfim. O interesse de algumas empresas era tamanho que uma companhia americana, fabricante de bolhas de bilhar, chegou a oferecer prêmios para quem apresentasse um material que substituísse o marfim.

Foi o americano John Wesley Hyatt que conseguiu preparar o nitrato de celulose, material fácil de ser moldado e com propriedades interessantes. Este material chamado de celulóide, foi largamente utilizado na fabricação de brinquedos, tintas, vernizes e na fabricação de películas fotográficas e filmes. Porém, ele apresentava uma grande desvantagem: a inflamabilidade. Não foi por acaso que a indústria cinematográfica perdeu grande parte de seu acervo através de incêndios de filmes de celulóide. Este material foi substituído pouco tempo depois pelo acetato de celulose, mais resistente às chamas.

Um outro material bastante utilizado na época chamava-se galalite, resina obtida a partir da caseína do leite e do aldeído fórmico, muito utilizada na fabricação de pentes, escovas, guarda-chuvas etc.

Em 1909, um químico belga chamado Baekland descobre as resinas formol-fenólicas, cuja exploração desde 1920, com o nome de baquelite, inicia a chamada “Era dos Plásticos”. Daí em diante, a exploração dos plásticos só cresceu, visto que suas propriedades isolantes permitiam a utilização na indústria elétrica e em vários outros campos. A partir de 1940, especialmente durante a Segunda Guerra Mundial, a indústria dos plásticos cresceu na Europa com a fabricação em grande escala do PVC, que veio substituir a borracha natural (de difícil importação, na época) em algumas aplicações. Na Alemanha, esforços de cientistas foram realizados na preparação da borracha sintética.

Nesta mesma época, surge na América a primeira poliamida, chamada nylon, que veio substituir em parte as fibras têxteis naturais, particularmente a seda, que era rara e cara. As pesquisas realizadas pelo cientista Carrothers tinham a intenção de preparar um material que se assemelhasse com a seda natural, em beleza e resistência, mas que fosse mais barato. As meias para mulheres fabricadas com o novo material foram um estrondoso sucesso de vendas: não amassavam, secavam rápido e eram baratas. Em um ano, cerca de 64 milhões de pares de meias foram vendidos nos Estados Unidos. O nylon foi também usado na fabricação de pára-quedas durante a segunda guerra mundial. Até hoje é um material muito utilizado.

A partir de 1950 cresce a exploração do petróleo e surge a indústria petroquímica. A utilização de derivados obtidos a partir do craque do petróleo, tais como o etileno, o propileno, o acetileno, o benzeno, o fenol etc., na síntese de polímeros permitiu o aparecimento de numerosas matérias plásticas. A “Era dos Plásticos” se consolida.

## O Tema “Plásticos” na Educação Básica

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (MEC, 1998) trazem orientações para o ensino básico de Química, assinalando que este deve possibilitar ao aluno uma compreensão dos processos químicos em estreita relação com as aplicações tecnológicas, enfocando concomitantemente suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas. Para tanto, o ensino de Química deve ser menos abstrato e realizado de maneira contextualizada.

Considerando que a disciplina Química não envolve saberes estanques e compartimentados, mas que se relacionam e se complementam com os conhecimentos de outras áreas, é necessário trabalhar os conteúdos de maneira interdisciplinar.

No mundo tecnológico em que vivemos, o químico é o artífice da matéria, pois é capaz de transformá-la para obter produtos com propriedades específicas para usos bem determinados. Compreender estes processos de transformação e suas implicações é necessário para a formação do cidadão. Portanto, a introdução no ensino básico de temas que tratam da extração, processamento e utilização de recursos naturais para sobrevivência humana é essencial.

O tema “Plásticos” é relevante e atual e pode contribuir para a realização de um ensino contextualizado, investigativo e interdisciplinar.

Neste aspecto o ensino de Química no Brasil precisa avançar. Estamos de fato atrasados quando se considera que, já em 1981, nos Estados Unidos, pesquisadores sugeriam a introdução da química dos polímeros nos currículos da Educação Básica. Uma das razões apontadas foi a constatação que, 40 a 60% dos químicos que trabalham em indústrias, estão ligados à área de polímeros e plásticos. Até hoje em Alagoas, nem as escolas da educação básica nem a Universidade e demais faculdades tratam deste tema de maneira adequada.

## Um projeto de trabalho sobre o tema “Plásticos”

Uma das maneiras de se realizar um ensino contextualizado e multidisciplinar é através do desenvolvimento de projetos de trabalhos que podem servir para organizar os conhecimentos dando um sentido global aos conteúdos, promovendo a abordagem de um tema por múltiplas perspectivas, contribuindo para uma aprendizagem significativa.

Através do desenvolvimento de projetos temáticos, os alunos são incentivados a uma postura mais participativa, crítica e autônoma, o que propicia o desenvolvimento de competências e habilidades diversas.

O estudo dos plásticos é um tema bastante interessante para se desenvolver um projeto na área de Química. A abordagem deste tema pode promover a aquisição de conhecimentos básicos desta disciplina, tais como: conceito de substâncias e misturas, propriedades físicas e químicas das substâncias, as forças intra e intermoleculares, princípios básicos da química do carbono, estudo de funções orgânicas etc.

Além disso, este estudo deverá permitir conhecer as características das matérias plásticas e compreender por que elas são tão presentes em nosso dia-a-dia e quais as consequências ambientais, sociais e econômicas advindas deste uso tão difundido.

Durante a realização do projeto, várias atividades visando a busca de informações podem ser realizadas: pesquisas em diversas fontes de informações tais como livros, revistas, jornais, internet, entrevistas com especialistas etc.

Uma das atividades recomendadas seria a realização de uma visita a uma indústria ou instalação comercial envolvida na produção de plásticos, que deverá permitir uma abordagem mais contextualizada. Em Alagoas é possível visitar empresas que atuam na área, desde a produção de petroquímicos básicos, passando pelos petroquímicos finos (PVC), até a produção e venda de produtos plásticos para consumo, assim como empresas ou organismos envolvidos na reciclagem destes materiais.

A visita pode se situar em diferentes momentos do desenvolvimento do projeto. Se realizada no início, pode funcionar como agente motivador, despertando a curiosidade dos alunos frente às mais variadas questões envolvendo o tema. Se feita durante o desenvolvimento do projeto, além de servir de estímulo para os alunos, poderia funcionar como facilitadora do ensino de conteúdos que explicam a tecnologia de produção. Se a visita for realizada ao final do projeto, pode servir para que os alunos reflitam sobre os assuntos tratados e, através desta reflexão, professores e alunos tirem suas conclusões a respeito dos conteúdos estudados, ou seja, pode ser usada como atividade de fechamento do projeto.

É importante que os alunos sejam estimulados a criar um índice de tópicos a serem investigados no projeto, e que durante o desenvolvimento do projeto, sejam tratados conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais, exemplificados a seguir:

### 1. Exemplo de conteúdos conceituais:

- entendimento do que é um plástico e suas principais características;
- como os plásticos são preparados?;
- por que e quando foram desenvolvidos os primeiros plásticos?;
- quais os problemas ambientais advindos do uso dos plásticos ?;
- relação entre propriedade, custo de produção e uso dos plásticos.

### 2. Exemplo de conteúdos procedimentais

- aprender a fazer perguntas que ajudem a conhecer aspectos do tema (busca de informações);
- aprender a selecionar informações mais importantes de um texto ou outros documentos;
- elaborar hipóteses a partir de novas informações;
- aprender a interpretar dados;
- aprender a organizar um texto;
- aprender a fazer resenhas.

### 3. Exemplo de conteúdos atitudinais

- tomar consciência da importância dos plásticos para a sociedade;
- tomar consciência da necessidade do uso racional do petróleo e de qualquer outra fonte de recursos naturais;
- refletir sobre as conseqüências dos avanços científicos e tecnológicos;
- ter atitude de defesa e conservação do meio ambiente;
- desenvolver postura crítica diante da influência do desenvolvimento tecnológico nas condições de vida e trabalho das pessoas;
- desenvolver boas atitudes diante das atividades em grupo: respeito às normas estabelecidas para realização do trabalho, e às idéias dos membros do grupo;
- desenvolver espírito de colaboração e iniciativa.

Com relação à visita a uma empresa envolvida na produção ou reciclagem de plásticos, para que seja bem-sucedida e possa trazer subsídios para o trabalho, é interessante que professores e alunos elaborem um elenco de questões e preparem o roteiro da visita. Entre várias questões importantes, destacamos: O que a indústria produz? Quais são as matérias-primas utilizadas? Como é o processo de produção? Quem são os consumidores dos produtos? Quais são as fontes de energia utilizadas na indústria? Qual é o destino de resíduos e efluentes? Quantas pessoas trabalham na empresa? Quais etapas nos processos de fabricação dos produtos são automatizadas? Qual a formação dos profissionais que atuam na indústria? Quais são as normas de segurança adotadas? Quais são as formas de transporte de matérias-primas e produtos? Quais são os cuidados da estocagem de produtos químicos? Qual a importância da indústria para a região?

Um projeto de trabalho relativo ao tema plástico pode se constituir numa ótima oportunidade para se tratar de questões e conteúdos que vêm sendo negligenciados e até mesmo ignorados nas escolas de Alagoas, considerando-se que os polímeros sintéticos, plásticos, resinas, tintas, vernizes, estão, cada vez mais, presentes em nosso dia-a-dia. O desenvolvimento de projetos deste tipo colabora para a realização de uma educação básica de qualidade, pois contribui para a autonomia dos alunos, preparando-os para a vida.

## Bibliografia consultada:

ALBUQUERQUE, Jorge A. C. *Planeta Plástico*. 1ª ed. Porto Alegre: Editora Sagra Luzatto, 2001.

ATKINS, Peter. *Moléculas*. 1ª ed. São Paulo: EDUSP, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*. Brasília, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. *Parâmetros Curriculares Nacionais + Ensino Médio*. Brasília, 2002.

BOST, Jean. *Matieres Plastiques*. 2ª ed. Paris: Technique et Documentation, 1982.

CANEVAROLO Jr. Sebastião V. *Ciência dos Polímeros*. 1ª ed. São Paulo: Artliber Editora, 2002.

CANTO, Eduardo L. do. *Plástico: bem supérfluo ou mal necessário?* 3ª ed. São Paulo: Editora Moderna, 1995.

DE PAOLI, Marco A. *Introdução à Química dos Materiais*. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, nº2. SBQ, 2001.

HERNÁNDEZ, Fernando e VENTURA, Montserrat. *A Organização do Currículo Por Projetos de trabalho - O Conhecimento é um Caleidoscópio*. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 1998.

KOOGAN E HOUAISS. *Enciclopédia e Dicionário Ilustrado*. Rio de Janeiro: Edições Delta, 2000.

LUTFI, Mansur. *Cotidiano e Educação em Química*. 1ª ed. Ijuí: Editora Unijuí, 1988.

MANO, Eloísa B. *Introdução a Polímeros*. 1ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1985.

MANO, Eloísa B. *Polímeros como Materiais de Engenharia*. 1ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1991.

MICHAELI, Walter; GREIF, Helmut; KAUFMANN, Hans; VOSSENBURGER, Franz-Josef. *Tecnologia dos Plásticos*. 1ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1995.

NUNES, Luciano R. Tecnologia de PVC, São Paulo: Pro-Editores/Braskem, 2002.

ODIAN, George; Principles of Polymerization, 3ª ed., New York: Jonh Wiley and Sons, 1991.

REIS, Martha. *Completamente Química, Química Orgânica*. 1ª ed. São Paulo: Editora FTD, 2001.

VANIN, José Atílio. *Alquimistas e Químicos*. 7ª ed. São Paulo: Editora Moderna, 1995.

WAN, Emerson; GALEMBECK, Eduardo; GALEMBECK, Fernando. *Polímeros Sintéticos*. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, nº2. SBQ, 2001.

### Sites pesquisados:

[www.plastivida.com.br](http://www.plastivida.com.br)  
[www.pscr.usm.edu/french/index.htm](http://www.pscr.usm.edu/french/index.htm)  
[www.plastico.com.br](http://www.plastico.com.br)  
[www.braskem.com.br](http://www.braskem.com.br)  
[www.institutodopvc.org](http://www.institutodopvc.org)

### Crédito das Ilustrações:

[www.containerandpackaging.com](http://www.containerandpackaging.com)  
[www.institutodopvc.org](http://www.institutodopvc.org)  
[www.jorplast.com.br](http://www.jorplast.com.br)  
[www.lajeado.com.br](http://www.lajeado.com.br)  
[www.norfix.fr/nordic](http://www.norfix.fr/nordic)  
[www.plasvanessa.hpg.com.br](http://www.plasvanessa.hpg.com.br)  
[www.rebeli.com.br](http://www.rebeli.com.br)  
[www.uol.com.br](http://www.uol.com.br)  
[www.alexis4u.com](http://www.alexis4u.com)  
[www.onlinetp.com](http://www.onlinetp.com)  
[www.brasplast.com.br](http://www.brasplast.com.br)  
[www.rioverdeindaial.com.br](http://www.rioverdeindaial.com.br)  
[www.seskate.com/build/elite.htm](http://www.seskate.com/build/elite.htm)  
[www.aviationboom.com](http://www.aviationboom.com)  
[www.unb.br/iq/labpesq/lateq/](http://www.unb.br/iq/labpesq/lateq/)  
[www.regentimpex.com](http://www.regentimpex.com)  
[www.ropa.todotelas.cl](http://www.ropa.todotelas.cl)  
[www.guiazamora.com](http://www.guiazamora.com)  
[www.academiasonline.com.br](http://www.academiasonline.com.br)  
[www.procorpus.com](http://www.procorpus.com)  
[www.institutodopvc.org](http://www.institutodopvc.org)