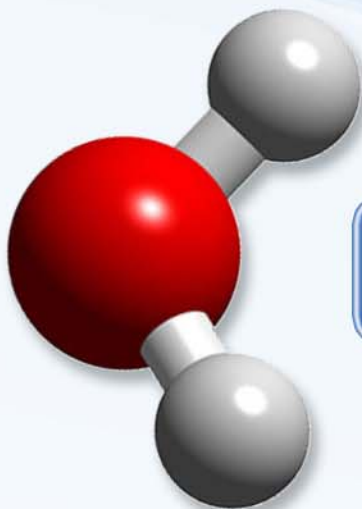


# Conselho Regional de Química IV Região (SP)



## Minicursos 2013

### Polímeros termoplásticos, termofixos e elastômeros

Ministrante: Odair José Morassi

Químico Industrial com especialização nas áreas de materiais sintéticos e  
Garantia da Qualidade de matérias-primas e processos industriais

[ojmorassi@hotmail.com](mailto:ojmorassi@hotmail.com)

São Paulo - 09 e 10 de agosto de 2013

---

Observação: A versão original desta apresentação, com  
slides coloridos, no formato PDF, está disponível na  
seção downloads do site do CRQ-IV ([www.crq4.org.br](http://www.crq4.org.br))

---

Apoio



Conecte-se às redes  
e saiba primeiro



[facebook.com/crqiv](https://facebook.com/crqiv)



[twitter.com/crqiv](https://twitter.com/crqiv)



Sindicato dos Químicos,  
Químicos Industriais e  
Engenheiros Químicos  
de São Paulo  
[www.sinquisp.org.br](http://www.sinquisp.org.br)



**Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros**  
Características e ensaios de laboratório

**M i n i c u r s o s - 2 0 1 3**

**1ª Parte – Polímeros Termoplásticos e Termofixos**

**Odair José Morassi**  
Químico Industrial

Agosto de 2013



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### Polímero

A palavra polímero é originada do grego, cujo significado é "muitas partes" (poli: muitas, mero: partes). Esta denominação foi dada às grandes moléculas formadas por unidades químicas simples repetitivas. As unidades simples foram definidas como monômeros.

### Polimerização

O conjunto de reações através das quais os monômeros reagem entre si, formando uma macromolécula polimérica, é chamada polimerização. O rendimento, a velocidade de reação e os seus mecanismos dependem de vários fatores sendo os principais a temperatura, pressão e tempo.

Exemplo mais comum são os Polissacarídeos.

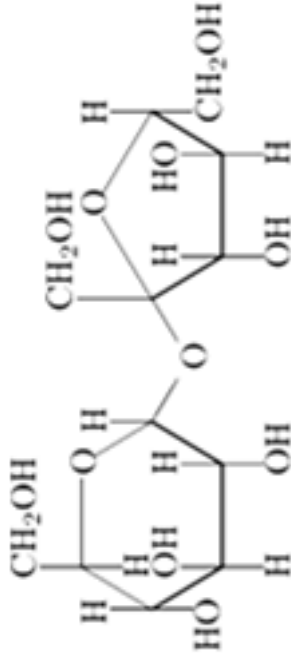




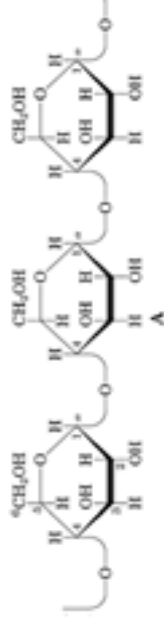
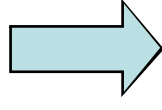
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

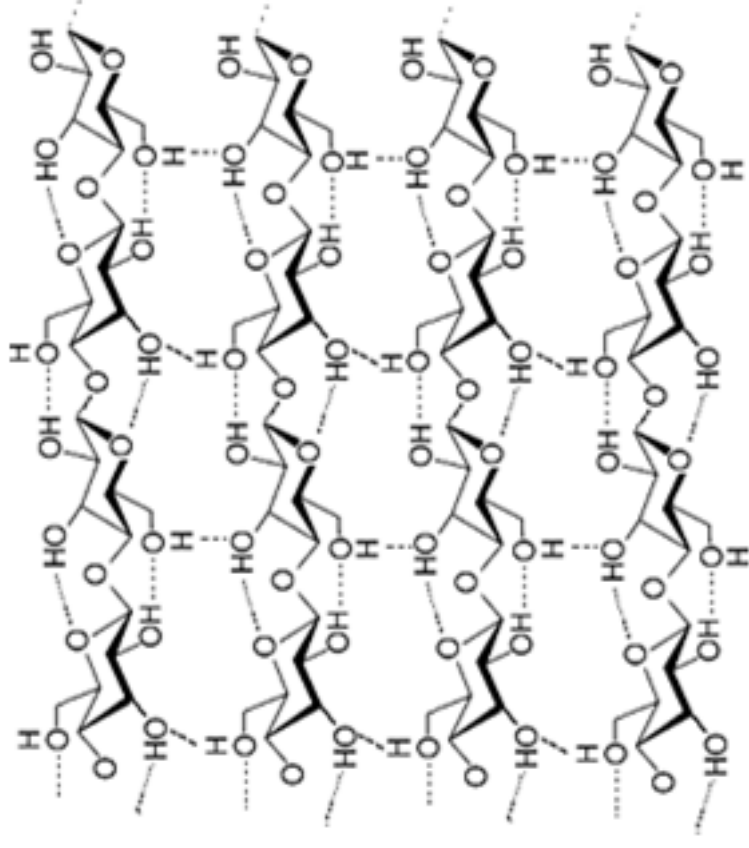
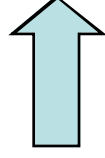
# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3



**Sacarose**



**Amido**



**Celulose**



## **Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros**

### **Características e ensaios de laboratório**

<b>Polímero</b>	<b>Peso molecular (Mn)</b>
<b>Polietileno de Baixa densidade - LDPE</b>	<b>20000 - 40000</b>
<b>Polietileno de alta densidade – HDPE</b>	<b>20000 – 60000</b>
<b>Polipropileno – PP</b>	<b>30000 – 50000</b>
<b>Poliestireno – PS</b>	<b>50000 – 200000</b>
<b>Policloreto de vinila - PVC</b>	<b>40000 – 80000</b>
<b>Poliamida 66 – PA 66</b>	<b>10000 – 40000</b>



## **CLASSIFICAÇÃO DOS POLÍMEROS**

Os polímeros classificam-se sob vários aspectos:

- Origem (natural ou sintético);
- Reação de preparação (poliadição, policondensação);
- Estrutura química (linear, ramificado, reticulado);
- Características de fusibilidade (termoplástico, termofixo);
- Heterogeneidade da cadeia (homopolímero e copolímero);
- Comportamento mecânico (plásticos, elastômeros e fibras).



## Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

### Características e ensaios de laboratório

#### HISTÓRICO DOS POLÍMEROS

- 1828: Wolher (Alemanha) – sintetiza a uréia
- 1838: Regnault (França) – Pesquisa do PVC com o auxílio da luz do sol
- 1835 – 1900: desenvolvimento de derivados de celulose
- 1839: Goodyear (USA) – descobre a vulcanização.
- Símon, farmacêutico alemão observou que o estireno solidificava quando exposto a luz do sol.
- 1879: Primeiros polímeros de Polietileno de baixo peso molecular.
- 1898: Einhorn & Bischoff - descobrem casualmente o Policarbonato produzido somente em 1950
- 1907: Baekeland (USA) – sintetiza as resinas de fenol-formaldeído (Baquelite®)
- 1910: Primeira fabrica de rayon nos EUA
- 1912: Polimerização do cloreto de vinila com luz solar, por Ostromislensky
- 1920 – 1950: desenvolvimento da maioria dos plásticos, motivado principalmente pelas guerras
- 1924: Fibras de acetato de celulose.
- 1928: Descoberta da primeira Poliamida por Carothers.
- 1938: Nylon® - Poliamida - Meias / Teflon®



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

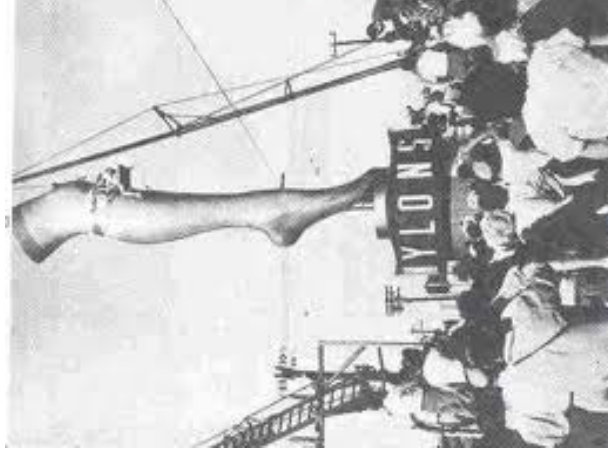
### Início da aplicação dos polímeros

**Fibras** Rayon  
Nylon® – meias / Rayon - seda / paraquedas  
Tergal® – PET  
Acrílica – PAM

**Tintas** Resinas Alquídicas  
Óleos + secantes / óleo + Breu (Copal)  
Melamínicas – Secagem a quente

**Plásticos** PMMA - “Plexiglass®” / vidros aviões  
Baquelite – materiais elétricos isolantes  
PE – Embalagens plásticas

**Aglomerantes** Resinas fenólicas – Aglomerante de areia para fundição  
Aglomerante para abrasivo lixas / Rebolos  
Impregnante laminados papel/Lonas  
Fórmica®  
Celeron®





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório



M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### Classificação dos polímeros quanto à origem

#### Naturais

Os polímeros originados da natureza, como celulose, amido, proteínas do leite, lignina, são classificados como polímeros naturais.

#### Sintéticos

Os polímeros sintéticos são obtidos através de reações (polimerizações) de moléculas simples (monômeros) fabricados comercialmente. Como exemplos destes polímeros temos o polipropileno, polietileno, poliestireno, as resinas epóxi, fenólicas e outras.



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### **Classificação dos polímeros quanto à composição**

Quando o polímero é formado por um único tipo de monômero, é chamado de **Homopolímero**.

Quando é formado por dois ou mais monômeros, é chamado de **Copolímero**.

### **Classificação dos polímeros quanto ao comportamento**

#### **Termofixos (termorrígidos)**

Geralmente são líquidos e que após reação tornam-se infusíveis.

#### **Termoplásticos**

Fundem-se e solidificam várias vezes.



## Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

### Características e ensaios de laboratório

#### Termoplásticos

- PET** – Poliéster saturado – Embalagens, carpetes, monofilamento etc.
- PVC** – Policloreto de Vinila – Tubos, Isolação de cabos elétricos, filmes de revestimento
- PE** – Polietileno – Filmes para Embalagens, artigos domésticos.
- PP** – Polipropileno – Filmes para Embalagens, artigos domésticos, indústria automobilística.
- ABS** – Acrilo Butadieno Estireno-eletrodomésticos, indústria automobilística
- PMMA** – Polimetil metacrilato ou Acrílico – Polímero cristalino usado em várias aplicações
- PC** – Policarbonato – Vidros blindados, Faróis de automóveis, indústria aeronáutica.
- PA** – Poliamidas – “Nylon” – Plástico de engenharia – Alta resistência mecânica e a temperatura.
- POM** – Poliacetil – “Delrin” – Plástico de engenharia – características lubrificantes
- PTFE** – Politetrafluoretileno – “Teflon” – Baixas características mecânicas, elevada resistência térmica e características lubrificantes.



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### Termofixos

**Poliéster Insaturado** – Plástico reforçado com fibra de vidro

**Epóxi** – Plástico reforçado com fibra de vidro

**Fenólicas** – Adesivos para abrasivos e rebolos, resinas para fundição, espumas isolante antichama, Bakelite®.

**Melamínicas** – Laminados decorativos, Tintas de alta resistência.

**Poliuretanos** – Espuma isolante, revestimentos anticorrosivos.

**Poli-isocianurato** – Espumas isolantes

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

O polietileno é um termoplástico de aspecto ceroso, translúcido, mas transparente sob a forma de filmes. Possui densidade menor que a da água e funde a uma temperatura de 80 a 130°C. Apresenta boa resistência química, tenacidade e moderada resistência à tração.

As maiores aplicações são na forma de filmes e embalagens para as indústrias alimentícia e de limpeza.



Propriedades	LDPE	MDPE	HDPE
Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	0,91 – 0,925	0,926 – 0,94	0,941 – 0,965
Resistência a Tração (psi)	600 – 2300	1200 – 3500	3100 – 5500
Alongamento (%)	90,0 – 800,0	50,0 – 600,0	20,0 – 1000,0
Resistência Impacto Izod (ft.lb/in)	Não Quebra	0,5 – 16,0	0,5 – 20,0
Dureza Shore D	40 – 46	50 – 60	60 – 70
Pto. Amolecimento Vicat (°C)	80 - 100	98 - 120	110 - 125



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

Os polietilenos são resistentes à maioria dos produtos químicos, com exceção dos ácidos fortemente oxidantes, halogênios livres e certas cetonas.

É um dos termoplásticos mais consumidos, devido às várias vantagens:

- Baixo custo,
- Boa processabilidade,
- Boas propriedades elétricas,
- Resistência química

Entretanto, esse polímero apresenta algumas desvantagens:

- Baixo ponto de amolecimento,
- Baixa resistência à tração,
- Alta permeabilidade a gases,
- Baixa resistência ao risco e a oxidação.



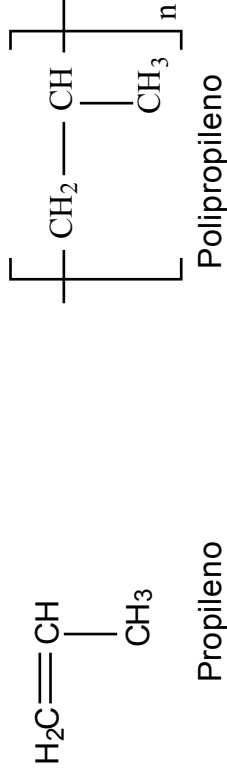


# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

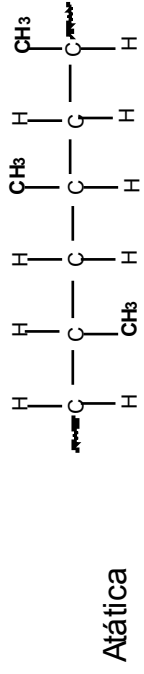
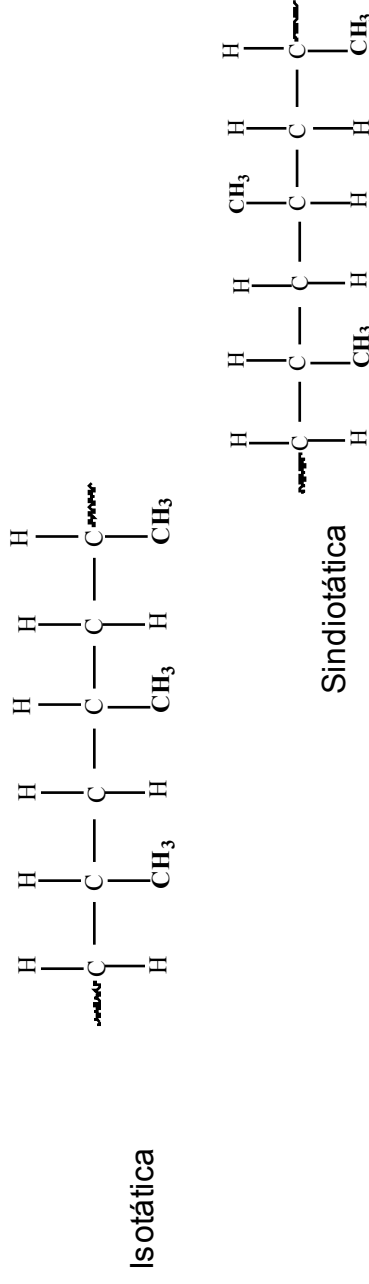
# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## PP – Polipropileno



## EPM – Propileno Etileno

## EPDM – Propileno Etileno dicloropentadieno







# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

O polipropileno apresenta baixa resistência ao impacto, principalmente à baixa temperatura. A melhoria desta característica é obtida com um tipo de maior peso molecular, ou com o recurso mais utilizado que é a introdução de uma fase elastomérica, através de copolimerização ou por produção de blendas (misturas).

Possui excelente resistência ao *stress cracking*, característica importante no caso de embalagens de produtos de limpeza.

O PP apresenta baixa permeabilidade a gases em geral, sendo pouquíssimo permeável a vapores d'água, o que o torna especialmente indicado na forma de filmes para embalagens alimentícias.





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### **Polipropileno Copolímero / Homopolímero**

A estrutura molecular desse tipo de copolímero é composta de fases distintas, com polipropileno homopolímero, elastômero etileno propileno e polietileno.

Outro tipo de elastômero é o polisisobutileno. Em suma, encontram-se no mercado tipos de PP com maior resistência ao impacto, boa tenacidade a baixas temperaturas, com as consequentes diminuições na resistência à tração, na rigidez e na resistência térmica.

Dependendo da concentração de elastômero, pode-se obter polipropileno de médio e alto impacto, sendo que o polipropileno de alto impacto apresenta boa tenacidade, até a temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Ensaio	Copolímero	Homopolímero
Índice de fluidez ( $\text{g}/10'$ )	0,8	0,8
Densidade ( $\text{g}/\text{m}^3$ )	0,897	0,903
Resistencia ao Impacto Izod ( $\text{J}/\text{m}^2$ )	373,6	133,0
Modulo de Flexão (Psi)	170.000	245.000
Dureza Rokwell – Escala R	76	95



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### APLICAÇÕES

**M i n i c u r s o s - 2 0 1 3**

Por extrusão, o PP pode ser transformado em fibras, filmes, chapas, tubos e cabos.

As fibras são de grande importância na fabricação de cordas, pois apresentam baixa densidade, alta tenacidade, boa resistência à abrasão e alta resistência à tração.

Por injeção e sopro são produzidas embalagens diversas e reservatórios.

Na moldagem por injeção, são produzidos utilidades domésticas, mobiliários, brinquedos e artigos para a indústria automobilística, tais como carcaça de faróis, caixas de bateria, dobradiças, pedais de acelerador etc.

Devido a sua excelente resistência à fadiga por flexão, a técnica de dobradiças é muito aplicada nas tampas de embalagens.

Além das aplicações citadas, o PP é muito empregado em artigos hospitalares, por apresentar baixo peso específico e resistência à esterilização em autoclaves.

**EPM** – Propileno Etileno

Outros polímeros derivados do propileno: **EPDM** – Propileno Etileno dicloropentadieno

**PB** – Polibutileno

**PIB** – Polioisobutileno



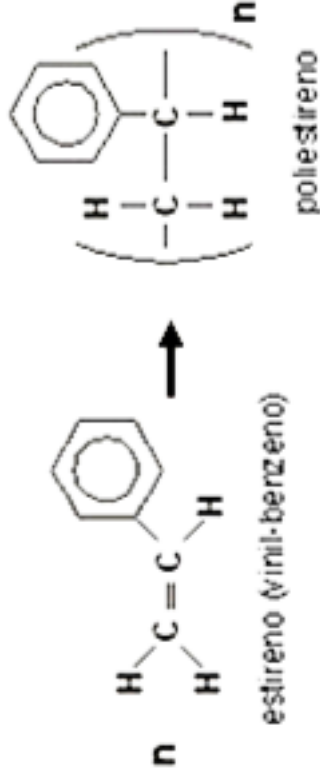
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## ESTIRÊNICOS

## POLIESTIRENO



## TIPOS DE POLIESTIRENO

O poliestireno é encontrado no mercado em vários tipos de formulações e é aplicado em diversas áreas.

- Poliestireno Standard, Cristal ou Comum
- Poliestireno Resistente ao Calor
- Poliestireno Resistente ao Impacto



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### Propriedades Gerais

O poliestireno é um termoplástico rígido, duro e transparente. Devido a seu baixo custo, boa moldabilidade, baixa absorção de umidade, boa estabilidade dimensional, boas propriedades de isolamento elétrica, fácil pigmentação e boa resistência química. É muito usado como material para moldagem, por injeção e Vacuum formagem, principalmente em descartáveis.

As propriedades dos poliestirenos modificados dependem, principalmente, da quantidade de elastômero incorporada, porém, de uma maneira geral, pode-se afirmar que as características básicas desses materiais são:





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### Propriedades Gerais

(...) as características básicas desses materiais são:

- O PSAl possui resistência ao impacto, superior à do PS comum;
- A resistência à tração e o módulo de elasticidade são menores que no PS comum, e o alongamento pode aumentar de 10 - 40%;
- Devido ao aumento no alongamento, o material melhora sua tendência à quebra, embora a área que sofre algum esforço por tensão torna-se branca;
- O PSAl não é cristal ;
- A absorção de umidade aumenta em 2 a 3 vezes;
- O material não é estável dimensionalmente, como o cristal;
- A resistência térmica diminui (HDT / VICAT)
- O PS não possui boa resistência às intempéries e a ação desta é mais acentuada no PSAl.

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

Os poliestirenos são muito consumidos, devido às seguintes características:

- Estabilidade dimensional;
- Baixo peso específico;
- Excelentes propriedades elétricas;
- Alto índice de refração;
- Baixo custo.

**Outros polímeros com base no Estireno:**

**PSHI / PSAl – Poliestireno Alto Impacto**

**SAN – Estireno Acrilonitrila**

**ASA – Estireno Acrilonitrila**

**ABS – Acrilonitrila Butadieno Estireno**



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### **POLIESTIRENO EXPANDIDO – XPS**

Os principais processos de obtenção do poliestireno expandido são:

**Polimerização em massa do estireno**, com azodi-isobutironitrila como iniciador.

Esse iniciador libera nitrogênio, quando decomposto, então a expansão e a polimerização ocorrem simultaneamente. Esse foi o primeiro método e perdeu o seu interesse comercial.

**Processo Basf** - O poliestireno é misturado com um hidrocarboneto de baixo ponto de ebulição (pentano ou isopentano), sendo polimerizado. O produto é então cortado na forma desejada.



(Continua)





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

(Continuação)

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### **POLIESTIRENO EXPANDIDO – XPS**

Os principais processos de obtenção do poliestireno expandido são:

**Processo Dow** - O poliestireno é misturado com um hidrocarboneto clorado, de baixo ponto de ebulição e extrudado. O solvente volatiliza em meio ao material pastoso, expandindo o mesmo.

**Processo Pérola** - Esse processo é o mais importante de todos. O estireno é polimerizado em suspensão, o agente de expansão usado é uma fração do petróleo tal como o n-pentano, que pode ser incorporado antes da polimerização ou usado para impregnar as pérolas sob aquecimento e pressão, em uma operação de polimerização, no local da aplicação.





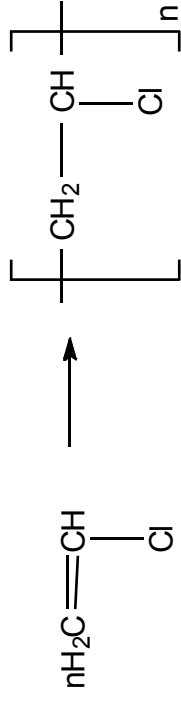
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## POLÍMEROS VINÍLICOS

### PVC – Policloreto de Vinila



Cloreto de vinila

Policloreto de vinila



Os átomos de cloro estão arranjados espacial e irregularmente ao longo do esqueleto da cadeia carbônica. Essa estrutura “atática” dá ao PVC um caráter eminentemente amorfo.



- Polimerização em emulsão;
- Polimerização em suspensão;
- Polimerização em massa;
- Polimerização em solução.



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### Propriedades

Devido à grande diversidade de formulações, não se pode generalizar as propriedades do PVC. As propriedades mecânicas são amplamente modificadas pelo teor de plastificante adicionado, como mostra a tabela.



	PVC Rígido	PVC Copolímero	PVC Flexível
Densidade (g/m <sup>3</sup> )	1,4	1,35	1,31
Repetência a Tração (MPa)	58	48	19
Alongamento a ruptura (%)	5	5	300
Ponto de amolecimento (°C)	80	70	Flexível a baixa temperatura





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### APLICAÇÕES

O PVC é um polímero extremamente versátil e tem aplicações bastante diversas. É usado na construção civil em tubulações, revestimentos e esquadrias, e em brinquedos.

O **PVC flexível** é muito utilizado em aplicações de isolamento elétrico no revestimento de cabos, em filmes para substituir couro, em mangueiras e em filmes para embalagens de alimentos como substituto aos elastômeros vulcanizados, porém com menor resistência mecânica e térmica.

O **PVC rígido** é muito utilizado na indústria química, devido à sua elevada resistência a produtos corrosivos. Também é amplamente utilizado na construção civil, por ser muito resistente às intempéries e por ter boa resistência a chamas. É usado em tubulações, esquadrias e revestimentos.

O PVC também é usado na produção de embalagens para frutas, vegetais, óleos, sucos de frutas, detergentes, produtos cosméticos, brinquedos etc.



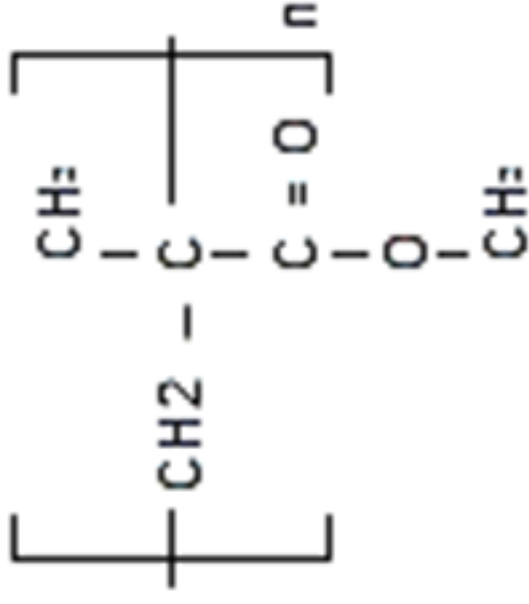
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### ACRÍLICOS

#### PMMA – Poli metil metacrilato





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### **POLIMERIZAÇÃO DO MONÔMERO**

O metilmetacrilato pode ser facilmente polimerizado pelas técnicas de polimerização em massa, solução, suspensão e emulsão.

#### **Polimerização em massa**

Essa técnica de polimerização é a mais empregada na fabricação de chapas acrílicas, pelo chamado processo *casting*.

#### **Polimerização em suspensão**

Em um processo típico, uma parte de monômero – metilmetacrilato - é mantido sob agitação em água com 0,2% de peróxido de benzoíla, como catalisador.

O produto final se apresenta na forma de pequenas pérolas, que são peneiradas, lavadas e secas. Em seguida, podem ser granuladas e transformadas pelas técnicas convencionais, aplicadas na moldagem de termoplásticos.



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### Polimerização em solução

Este processo de polimerização se dá com monômero dissolvido em um solvente orgânico adequado. Sua maior aplicação é em **adesivos e lacas acrílicas**.

Os solventes mais empregados na polimerização do metilmetacrilato são o tolueno, a acetona e o acetato de etila.

### Polimerização em emulsão

A polimerização é feita com uma solução de água, emulsificador e um catalisador solúvel em água. Em seguida, faz-se a dispersão do monômero, com agitação e temperatura constantes.

Os catalisadores solúveis em água, mais utilizados nesta reação, são o peróxido de hidrogênio (água oxigenada), o persulfato de amônio ou o persulfato de potássio. Os emulsificantes podem ser do tipo aniônico ou não iônico, sendo este o preferido, por sua maior estabilidade.

As emulsões acrílicas assim preparadas são usadas para revestimento de couro e tecidos, e na fabricação de tintas a base de água – tinta de parede.



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

**M i n i c u r s o s - 2 0 1 3**

### **RELAÇÃO ENTRE ESTRUTURA E PROPRIEDADES**

O PMMA é um polímero amorfo e transparente, pois os grupos metila e éster, distribuídos aleatoriamente ao longo da cadeia molecular, impedem a sua cristalização.

O PMMA é um material duro, rígido e transparente. Além disso, em relação à maioria dos termoplásticos, apresenta excelente resistência a intempéries. A resistência desse polímero ao impacto é inferior a muitos outros termoplásticos, tais como acetato de celulose, ABS, policarbonato etc., porém é superior em relação ao poliestireno cristal.





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

**M i n i c u r s o s - 2 0 1 3**

O PMMA apresenta uma série de vantagens:

- É mais estável no envelhecimento e a amarelamento;
- Absorve menos umidade;
- É resistente à hidrólise alcalina.

O PMMA não apresenta boa resistência a abrasão, porém sua resistência é suficiente para uso em letreiros luminosos, lanternas de automóveis e outras aplicações semelhantes.

Muitos materiais orgânicos, como por exemplo os álcoois alifáticos, mesmo sendo não-solventes, podem causar microfissuras interligadas e até mesmo rachaduras.





## Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

### Características e ensaios de laboratório

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

Na tabela abaixo, as propriedades mecânicas do PMMA comparativamente a alguns termoplásticos transparentes:

Propriedades	PMMA	Acetato de celulose	PS Cristal	Polissulfona	PC
Resistência a Tração (psi)	7000 a 11000	2000 a 9000	5000 a 12000	10000	8.000 a 9.000
Alongamento (%)	2 a 10	6 a 7	1 a 2,5	50 a 100	100 a 300
Resistência a Flexão (psi)					
Resistência a Compressão (psi)	12000 a 18000	2000 a 36000	11000 a 16000	13900	12500
Resistência ao Impacto (ft.lb/in)	0,3 a 0,5	5,0	0,25 a 0,40	1,3	12,0 a 17,5



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

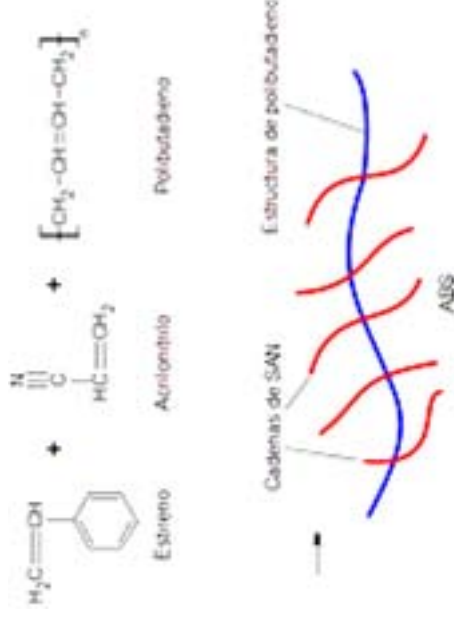
# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## ABS - Acrilonitrila butadieno estireno

O **ABS** é um copolímero obtido através da polimerização da acrilonitrila e do estireno na presença do polibutadieno. As proporções desta composição podem variar de:

- 15% a 35% de acrilonitrila;
- 40% a 60% de estireno;
- 5% a 30% de butadieno.

O ABS é mais forte que o poliestireno cristal e o estireno confere-lhe uma superfície brilhante e impenetrável. O butadieno é um elastômero que lhe confere flexibilidade, principalmente em baixas temperaturas.





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

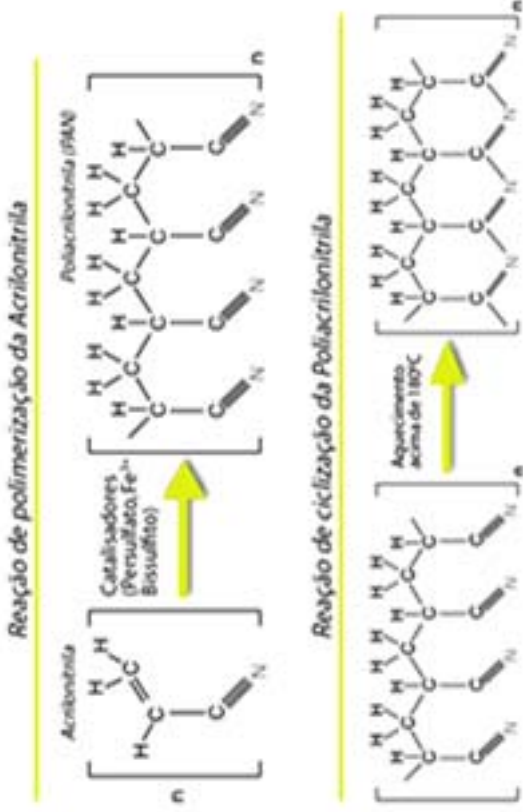
### Poliacrilonitrila (PAN)

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

A PAN é um polímero obtido a partir da polimerização do acrilonitrila e suas fibras acrílicas são usadas especialmente como fibra têxtil (geralmente em roupas de inverno).

As fibras acrílicas contêm aproximadamente 85% de acrilonitrila, os restantes 15% são constituídos por comonômeros adequados como o acetato de vinila, ésteres acrílicos ou vinil pirolidona.

Outra aplicação importante é na produção de fibras de carbono, como matéria-prima.





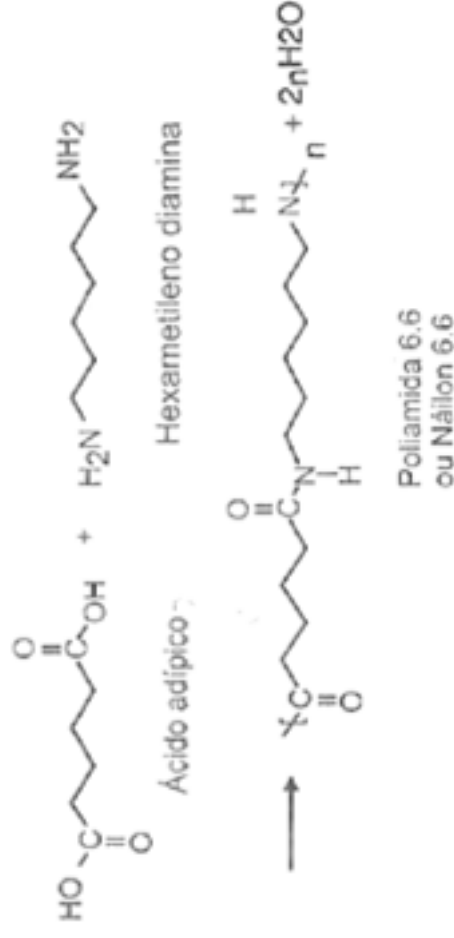
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### POLIAMIDAS

#### PA 6.6 – Poliamida 6.6

(Hexametilenodiamina + Ácido Adípico)



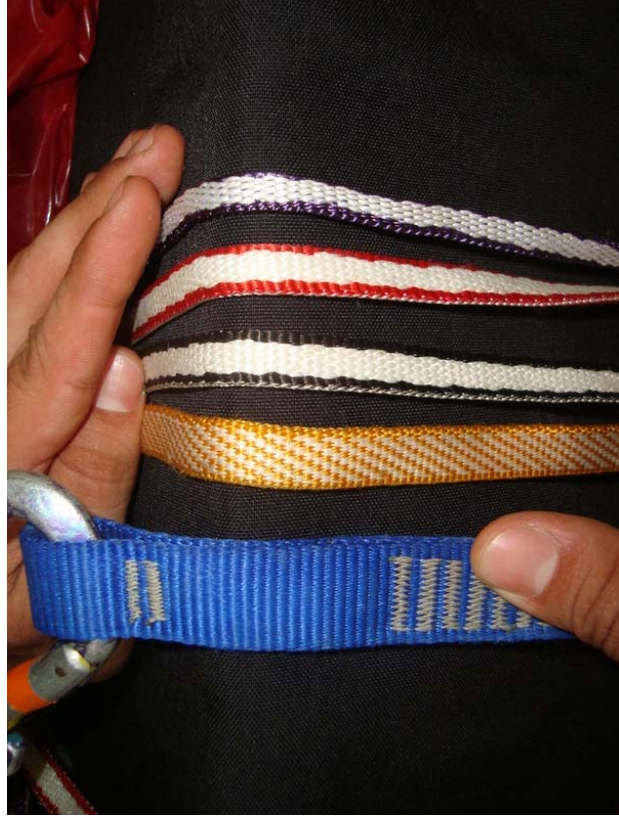
A PA 6,6 é utilizada quando é exigida a alta resistência mecânica, grande rigidez e boa estabilidade sob o calor. É usado para gaiolas de rolamento, como isolantes elétricos, e muitas outras peças técnicas. É também utilizada como fibra em tapetes e forrações, tecidos técnicos, cordoneis para pneus, correias transportadoras e mangueiras.



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

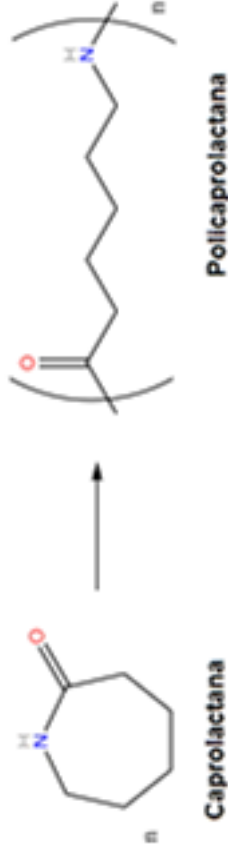
M i n i c u r s o s - 2 0 1 3





## Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros Características e ensaios de laboratório

### PA 6 – Poliamida 6



A Poliamida 6 é obtida pela polimerização, após a quebra do anel de caprolactana, com aquecimento e atmosfera de nitrogênio.

A Poliamida 6 é utilizada em peças técnicas, na indústria automotiva, principalmente em peças que trabalham sob o capô do motor.

É utilizado também como fio de cerdas de escovas de dentes, suturas cirúrgicas e cordas para instrumentos.

Outra aplicação importante é na fabricação de cordas, filamentos e redes para a indústria da pesca. Outra aplicação é como reforço de solados de calçados.





## Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

### Características e ensaios de laboratório

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## PA 6.10 – Poliamida 6.10

A Poliamida 6.10 é produzida a partir da reação do Ácido Sebácico – extraído a partir da extração alcalina do óleo de mamona - com Hexametilenodiamina.







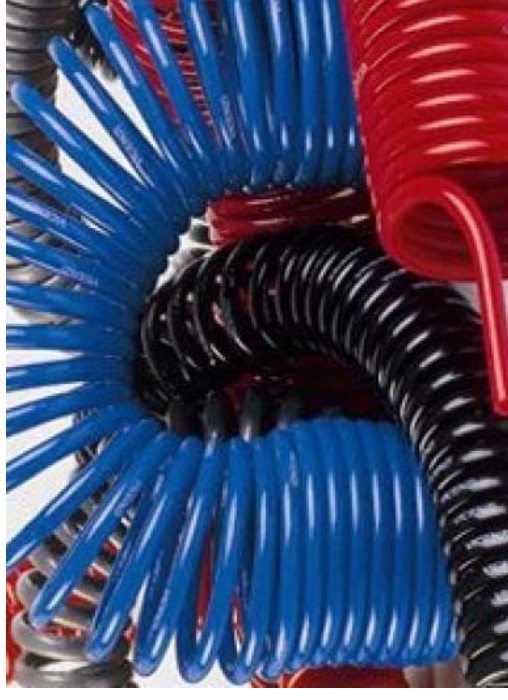
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### **PA 11- Poliamida 11**

A Poliamida 11 é um bioplástico produzido a partir do óleo de mamona, sendo o ácido ricinoleico – 18 carbonos - seu maior constituinte (cerca de 90%). Ele é usado em aplicações de alto desempenho, tais como linhas de combustível automotivo, tubulação de freio, revestimento anticupim de cabos elétricos, tubos flexíveis para gás e umbilicais, calçados esportivos, componentes de dispositivos eletrônicos e cateteres.



**Tanto a Poliamida 6.10 como a Poliamida 11 são classificados como polímeros bioplásticos, porém não são biodegradáveis.**



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### PA 12 - Poliamida 12

A Poliamida 12 é um polímero semi-cristalino, com características muito semelhantes a Poliamida 11, porém ligeiramente superiores. De todas as poliamidas é a que tem a mais baixa absorção de água. As aplicações incluem componentes de engenharia de precisão e componentes que necessitam de baixa resistência a temperatura.





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### Tabela comparativa de propriedades das Poliamidas

Característica	Unidade	Poliamida 6.6	Poliamida 6.10	Poliamida 6	Poliamida 11
Peso específico	g/cm <sup>3</sup>	1,14	1,09	1,13	1,05
Resistência a tração	Kg/cm <sup>2</sup>	785	570	800	600
Alongamento	%	90	100	300	12
Módulo de elasticidade	Kg/cm <sup>2</sup>	28500	18600	21400	12850
Dureza	Rockwell R	118	111	118	101
Absorção de água	%	1,5	0,4	1,6	0,4
Ponto de fusão	°C	265	220	215	185



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

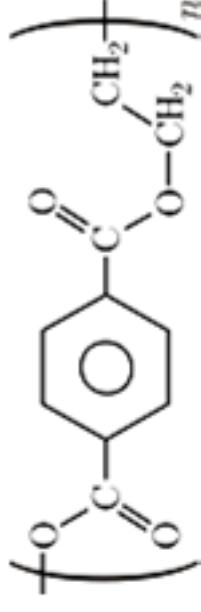
### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### PET – Polietileno tereftalato

O Polietileno tereftalato é formado pela reação entre o ácido tereftálico e o etileno glicol. Sua primeira aplicação foi como fibra têxtil (Tergal), revolucionária na época, pois não amassava. As garrafas produzidas com este polímero só começaram a ser fabricadas nos Estados Unidos e Canadá na década de 70, quase trinta anos após a sua descoberta, e depois de uma cuidadosa revisão dos aspectos de segurança e meio ambiente.

No começo dos anos 80, os Estados Unidos e o Canadá iniciaram a coleta dessas garrafas, reciclando-as inicialmente para fazer fibras usadas como enchimento de estofados. Suas principais características são:

- Excelentes brilho e transparência
- Excelente desempenho organoléptico (sabor e odor)
- Excelente barreira ao oxigênio
- Excelente barreira à umidade
- Fácil moldagem e impressão
- Boas propriedades de impacto
- Alta rigidez, o que permite embalagens mais leves
- Baixa contração
- 100% reciclável

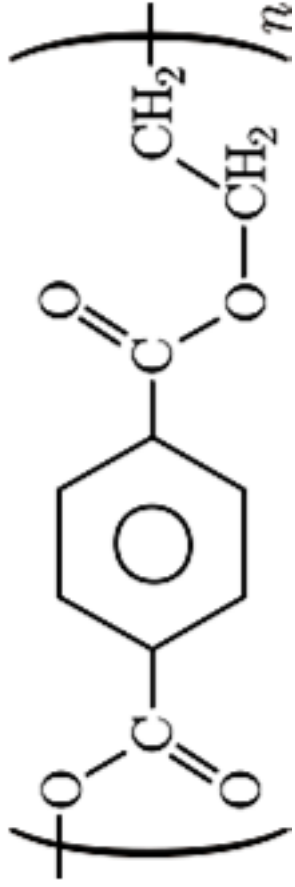




# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

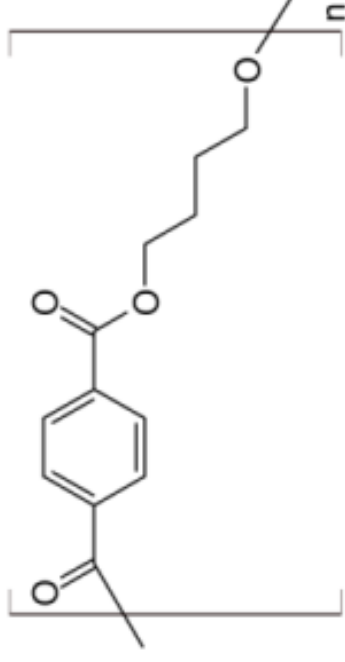
### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## PBT – Polibuteno Tereftalato

É um polímero semicristalino e classificado como plástico de engenharia em razão das suas qualidades. O PBT é produzido através de policondensação do ácido tereftálico, ou dimetil tereftalato com 1,4-butanediol.

As principais aplicações do BT são em componentes elétricos e eletrônicos:

- Disjuntores
- Interruptores
- Componentes de sistemas de ignição
- Componentes de sistemas elétricos
- Sensores





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### Suas principais qualidades são:

- Elevada resistência
- Elevada temperatura de serviço em contínuo (até 150 °C)
- Muito boa resistência à fluência inclusive a temperaturas elevadas
- Elevada rigidez e dureza
- Boa resistência ao atrito e abrasão
- Elevada estabilidade dimensional
- Boa resistência às intempéries
- Ausência de fratura por tensão ambiental





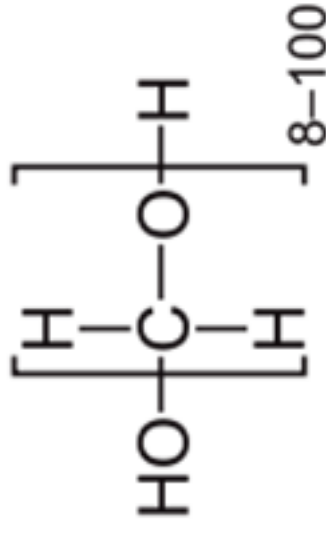
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### **POM – Poliacetal / Polioximetileno**

O Poliacetal é um polímero obtido a partir da polimerização do formaldeído. Foi descoberto em 1859, porém somente em 1956 começou a ser produzido comercialmente.



É um material utilizado em aplicações eletroeletrônica. Sua absorção de umidade é extremamente baixa e isso proporciona melhor estabilidade dimensional, uma excelente usinabilidade e um bom polimento.

Graças a excelente propriedade autolubrificante, suas principais aplicações são engrenagens, buchas, mancais, roldanas e outros componentes.





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### POLÍMEROS DE ALTA TEMPERATURA



**PEEK** – Poliéter cetona

PEI – Poliéter imida

PES – Poliéter sulfona

PES – Poliéter sulfona

PI – Polimetacrilamida

**PPO** – Polioxifenileno

PPS – Polifenileno sulfona

PSO – Polisulfona

### CELULÓSICOS

CA – Acetato de celulose

**CAB** – Aceto Butirado de celulose

CAP – Aceto Propionato de celulose

CN – Nitrato de celulose

CP – Propionato de celulose

CTA – Triacetato de celulose





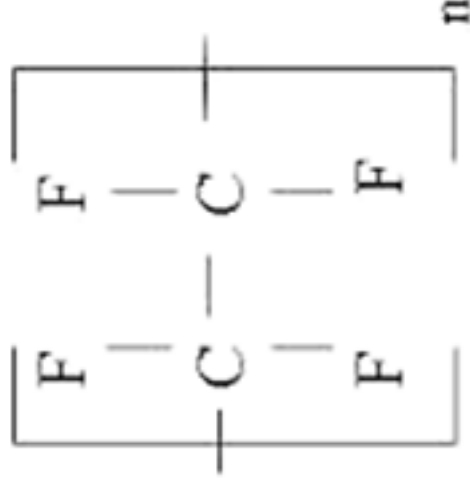
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## Fluorpolímeros

Os fluorpolímeros são compostos com presença acentuada de flúor na cadeia polimérica. Dos vários polímeros da família o que se mais destaca pela inúmeras aplicações é o **Politetrafluoretileno (PTFE)**, conhecido comercialmente como **TEFLON®**, marca registrada da empresa DuPont .



Descoberto acidentalmente pela DuPont, em 1938, só foi explorado comercialmente a partir de 1946. O PTFE é um polímero similar ao polietileno, onde os átomos de hidrogênio foram substituídos por flúor, daí o nome. O monômero do PTFE é o tetrafluoretileno cuja fórmula é:





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

A principal característica deste polímero é que ele é praticamente inerte, pois não reage com outras substâncias químicas, exceto em situações muito especiais. Isto se deve basicamente a proteção dos átomos de flúor sobre a cadeia. Esta reduzida reatividade permite que a sua toxicidade seja praticamente nula, tendo também uma boa biocompatibilidade. Uma outra característica especial é que o PTFE é um material de baixíssimo coeficiente de atrito e características antiaderentes.



Outros polímeros da família são:

- PCTFE – Poli trifluor cloroetileno
- PVDF – Poli vinilideno Fluorado
- PVF – Polivinil Fluorado





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## POLÍMEROS TERMOFIXOS

### UP – Poliéster Instaurado

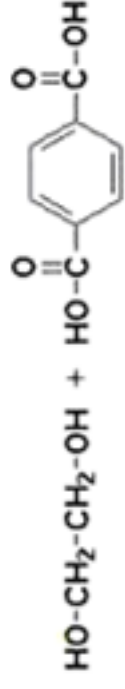
São obtidas a partir da reação entre um glicol e um ácido.

### Resina Ortoftálica

Tipo mais comum e de menor custo.  
Aplicações em geral.

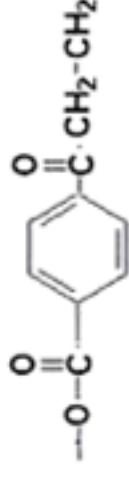
### Resina Isoftálica

Mais resistente mecânica e termicamente que o tipo ortoftálico.



Etilenoglicol

Ácido tereftálico





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

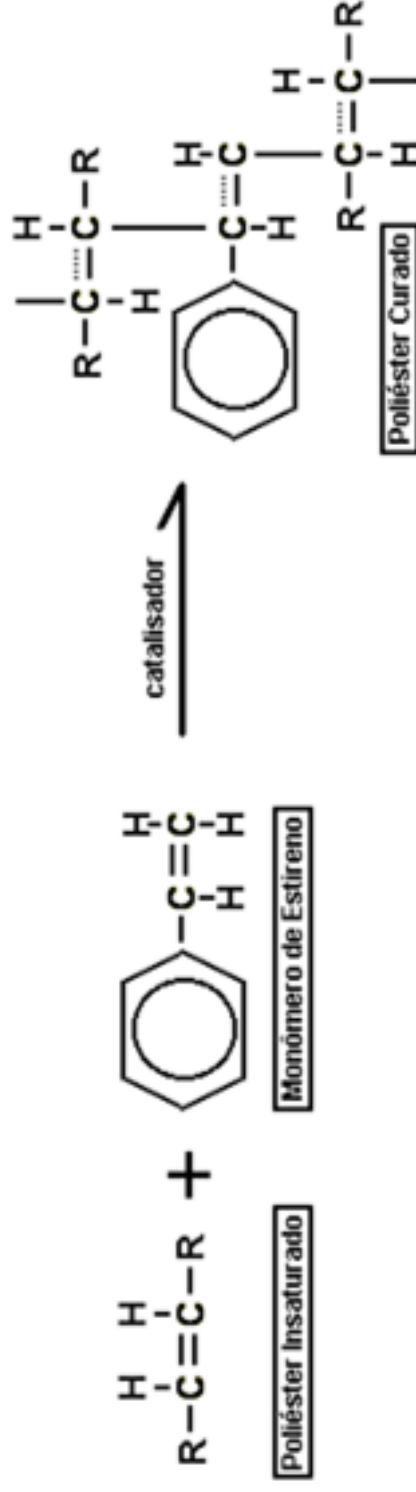
## Características e ensaios de laboratório

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

**Tereftálica** - Maior resistência mecânica, química e térmica.

**Vinil éster** - Próprio para resistência química.

**Bisfenólica** - Especialmente indicado para aplicações que exigem resistência térmica e química.





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### Aplicações dos Poliésteres Insaturados





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

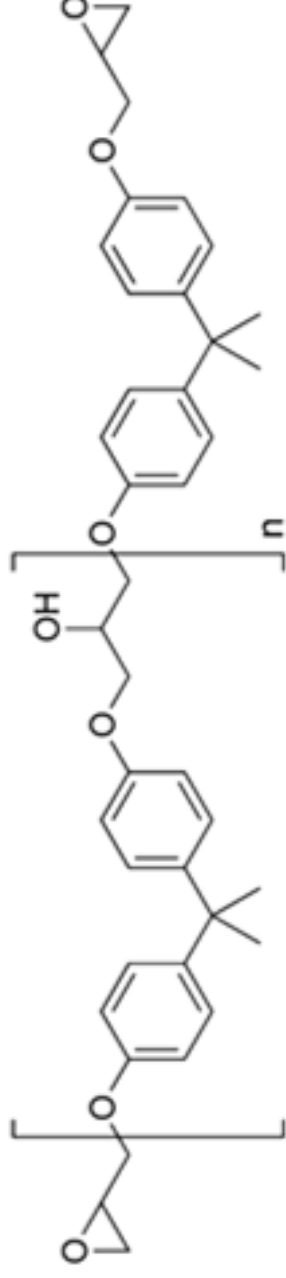
## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### EP – Epóxi

As resinas epóxi mais comuns comercialmente são produtos de uma reação entre epicloridrina e bisfenol-a. As resinas epóxis tem uma infinidade de aplicações, entre elas o revestimento interno de embalagens de bebidas, alimentos e produtos químicos. Placas de circuito impresso, encapsulamentos de componentes eletrônicos, pisos industriais e decorativos, tintas anticorrosivas, pintura em pó, adesivos estruturais, geradores eólicos, transformadores a seco, isoladores, artigos esportivos etc.

Os agentes de cura mais comuns são as poliamidas, poliaminoamidas, aminas alifáticas, aminas cicloalifáticas, aminas aromáticas, adutos de aminas, anidridos, polimercaptanas e polissulfetos.





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3







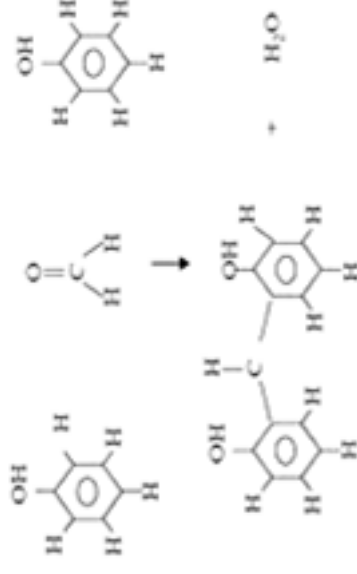
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## PF – Fenol Formaldeído (Fenólica)

As resinas de fenol-formaldeído são produtos da reação de fenóis com formaldeído. As resinas fenólicas são utilizadas principalmente para a produção de placas de circuito impresso com lâminas de papel e tecido impregnados, moldagem de fundição, lixas, abrasivos e rebolos. A primeira aplicação foi o Bakelite®, o mais antigo polímero sintético.



**Resólica** – Cura ácida

**Novolaca** – Cura com Hexametilenotetramina



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

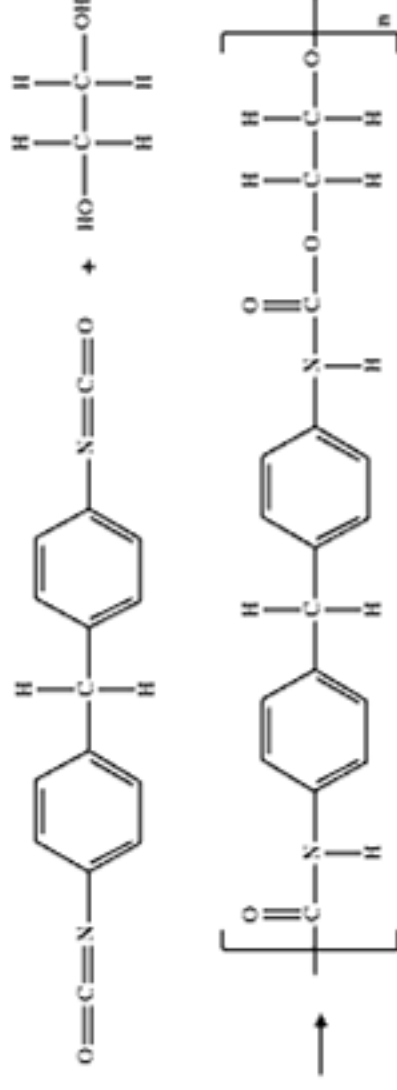
## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### **PUR - Poliuretano reticulado**

A descoberta dos poliuretanos é atribuída ao químico alemão Otto Bayer (1902–1982), que descobriu a reação de poliadção de isocianatos e polióis. O produto foi inicialmente desenvolvido como um substituto da borracha, no início da Segunda Guerra Mundial.

A principal reação de produção de poliuretanos tem como reagentes um diisocianato, disponível nas formas alifáticas ou aromáticas, e um diol como o etileno glicol, 1,4 butanodiol, dietileno glicol, glicerol ou um poliol poliéster, na presença de catalisador e de materiais para o controle da estrutura das células (surfactantes), no caso de espumas e tintas.





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

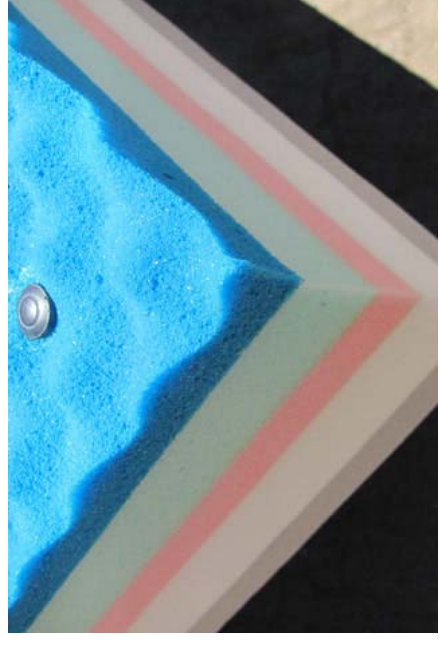
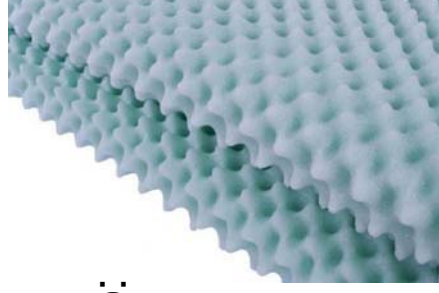
### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

O poliuretano pode ser produzido com várias densidades e durezas, que mudam de acordo com o tipo de poliolo usado e de acordo com a adição ou não de substâncias modificadoras de propriedades. Os aditivos também podem melhorar a resistência à combustão, a estabilidade química, entre outras propriedades.

Embora as propriedades do poliuretano possam ser determinadas principalmente pela escolha do poliolo, o isocianato também exerce influência.

Os isocianatos mais comuns são:

- MDI – Metileno Diisocianato
- TDI – Tolueno Diisocianato





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

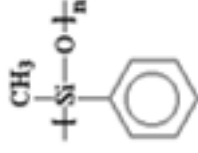
## Características e ensaios de laboratório

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

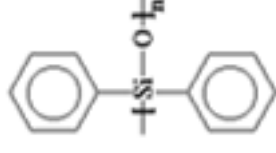
## Silicones

Os Silicones, ou siloxanos ou ainda polissiloxanos, são polímeros mistos de material orgânico e inorgânico com a fórmula genérica  $[R_2SiO]_n$ , onde **R** são grupos orgânicos como metil, etil e fenil. Os polímeros obtidos são inertes, inodoros, insípidos, resistentes à decomposição pelo calor, água ou agentes oxidantes, além de serem bons isolantes elétricos. Apresentam boa resistência a luz ultravioleta, bem como o ozônio, e também a altas ou baixas temperaturas (-45 a +145°C).

São também usados como impermeabilizantes, lubrificantes e, na medicina, são empregados como material básico em alguns tipos de próteses por apresentar excelente biocompatibilidade. Variando o comprimento da cadeia principal, o tipo dos grupamentos laterais e as ligações entre cadeias, dos silicones obtêm-se uma grande variedade de propriedades e composições. Podem apresentar a forma líquida ou de gel.



polymethylphenylsiloxane



polydiphenylsiloxane

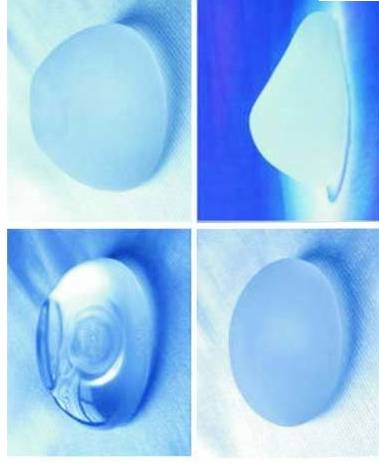


# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### Silicones





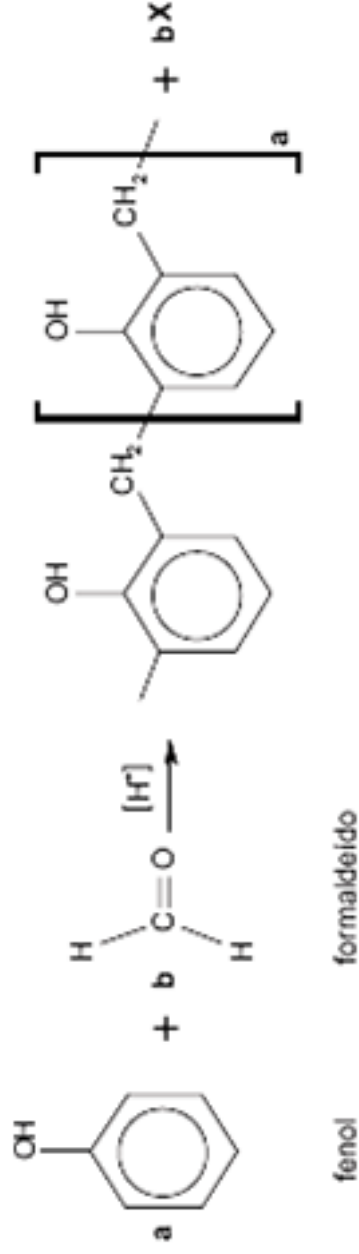
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### Resinas Fenólicas

As resinas fenólicas são resultados da reação entre fenóis e formaldeído. As primeiras experiências datam de 1870 com Bayer, mas os resultados práticos só vieram entre 1905 e 1910 com Baekeland, quando surgiu o Bakelite®.

Basicamente as resinas fenólicas se dividem em tipo Novolaca e tipo Resólida.



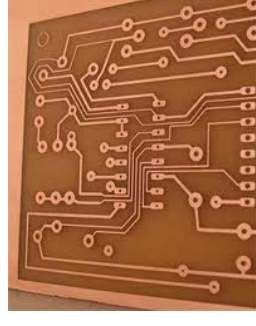


# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

As resinas fenólicas foram primeiramente utilizadas na fabricação de peças isolantes elétricas e resistentes ao calor. Outras aplicações incluem a produção de placas de circuito impresso com lâminas de papel e tecido impregnados, moldagem de fundição, lixas, abrasivos e rebolos.

Outra aplicação importante é como aglomerante em material de fricção – lonas e pastilhas de freio e embreagem.







# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

**M i n i c u r s o s - 2 0 1 3**

### **Aditivos e reforços**

#### **Cargas**

Geralmente são de origem mineral - calcita, talco, quartzo, dolomita, caulim -, na forma de pó fino (Malha 325, 400 ou até micronizado), que são adicionadas aos polímeros com o intuito de reduzir o custo, aumentar a dureza superficial e assim a resistência ao risco. Normalmente o teor não ultrapassa os 30%.

#### **Lubrificantes internos**

São utilizados para facilitar o fluxo do termoplástico no processo de extrusão e injeção, diminuindo o tempo de processo e também a formação de tensões residuais. São compostos orgânicos e normalmente derivados da estearina.



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### Corantes

São materiais utilizados para dar cor aos produtos. Os mais usados são óxidos de metais e o “negro de fumo” ou “*carbon black*”. A função principal é conferir ao produto a cor e em alguns casos melhorar a resistência a radiação UV (ultravioleta) – cores escuras.





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### Reforços

Fibra de vidro e outros tipos de fibra são utilizadas para aumentar os valores de resistência mecânicas (Resistência a Tração, Resistência ao Impacto). As principais fibras utilizadas são:

- Fibra de Vidro E
- Fibra de Carbono
- Kevlar
- Sistemas híbridos





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

**M i n i c u r s o s - 2 0 1 3**

**Tabela comparativa das características entre as fibras**

Propriedades	Unidades	Tipos de fios		
		Fibra de carbono	Fibra de vidro	Fibra de aramida
Força de nó	N	27,5	4,9	59,4
Força de laço	N	51	26,5	96,1
Absorção da umidade	N	0,04	0,3	4,5
Resistência à tensão	Gpa	5,4	2,2	2,6
Módulo de tensão	Gpa	294	68	128
Tensão de ruptura	%	1,8	3,2	2
Resistência à tração	kg/mm <sup>2</sup>	420	220	350
Densidade específica	g/cm <sup>3</sup>	1,8	2,55	1,44
Tenacidade	10 <sup>3</sup> psi	450	500	425
Elongação à ruptura	%	1,4	4,8	3,6



# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros Características e ensaios de laboratório

### Aditivo Antichama

São materiais utilizados para retardar ou eliminar a característica de inflamabilidade dos materiais. Os materiais mais comuns são a Alumina Hidratada, o Trióxido de Antimônio e compostos orgânicos com base nos halogênios. Estes últimos têm o uso controlado em razão da toxicidade.



### Aditivo Anti-UV

São compostos orgânicos que agem como agentes de sacrifício ou como um “protetor solar”, evitando a degradação do polímero diante da radiação UV. É utilizado principalmente em componentes sujeitos a exposição solar constante.

VIIA		VIII (noble gases)	
8	Oxygen	2	Helium
9	Fluorine	10	Neon
16	Sulfur	17	Chlorine
34	Selenium	35	Bromine
52	Tellurium	53	Iodine
84	Polonium	85	Astatine
		86	Radon

Caixa de garrafas após 8 anos de uso  
PEHD 5700 X



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### Processos de Transformação dos Termoplásticos

#### Usinagem

Consiste na usinagem mecânica clássica de barras e placas. Utilizada em praticamente todos os materiais e principalmente com o Teflon®, que é unicamente transformado através da sinterização.



#### Extrusão

Processo usado em praticamente todos os termoplásticos, consiste em passar o material por um tubo aquecido – conhecido como “canhão” – e com o auxílio de uma rosca sem fim funde-se no trajeto e então o faz passar por uma matriz que dará a forma final. Utilizada principalmente no revestimento de fios, fabricação de tubos e mangueiras, perfis contínuos e revestimento de cabos.

Outros produtos produzidos por este processo são os filmes de PE e PP largamente utilizados.

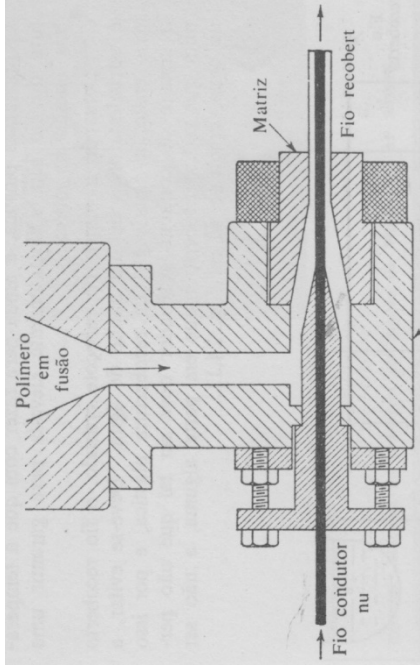




# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

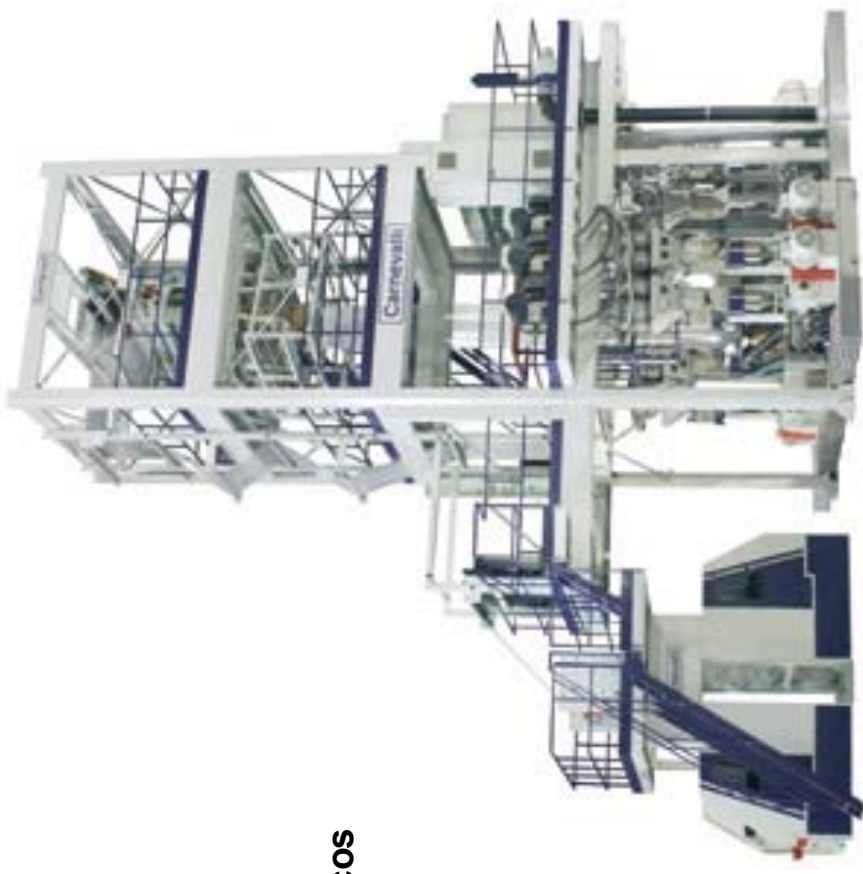


**Cabeçote de revestimento de cabos elétricos**



**Extrusora de filmes de PE**

**Extrusora de filmes de PE**





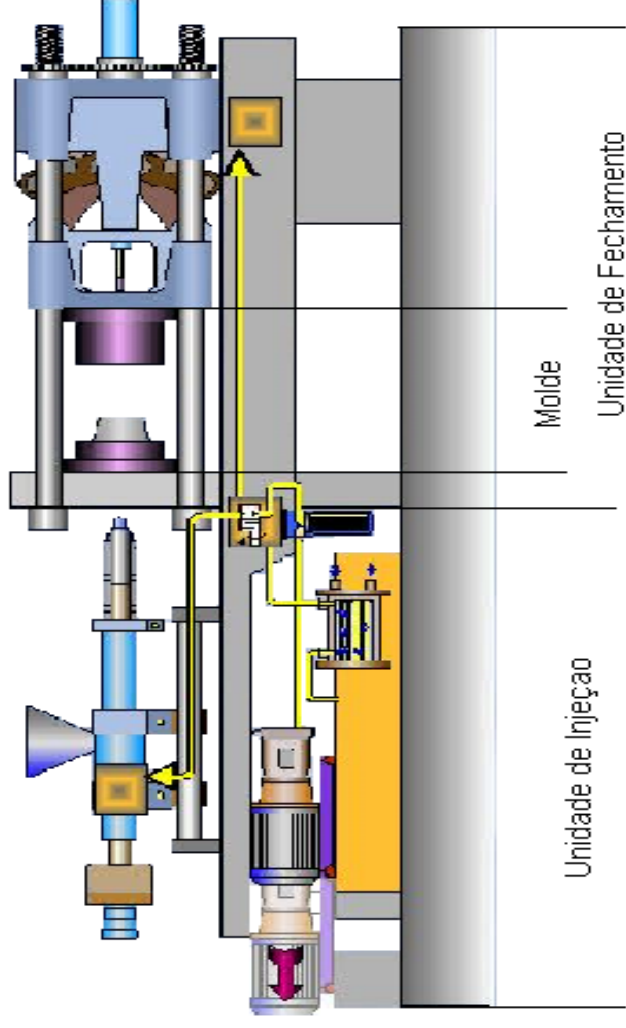
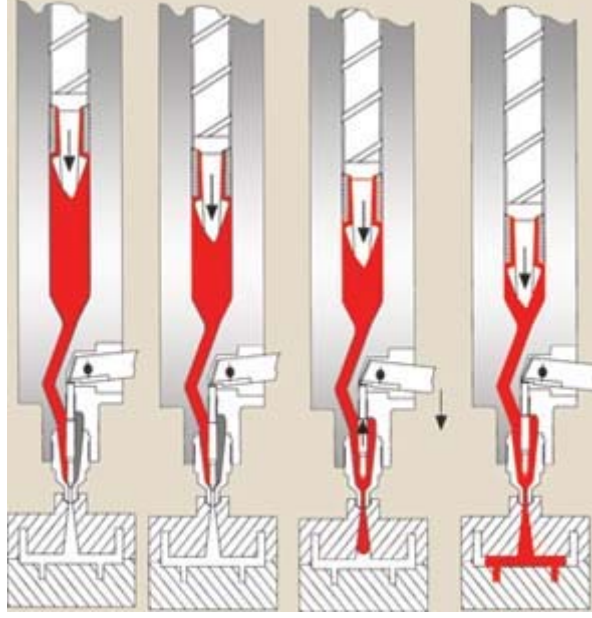
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### Injeção

Neste processo, assim como na extrusão, o material é fundido e injetado sob pressão em molde metálico bipartido. A própria rosca sem fim age como pistão, injetando o material no interior da cavidade. Após o resfriamento e solidificação do material, o molde é aberto e a peça fria é destacada.







# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### Máquinas de Injeção



#### Peças injetadas

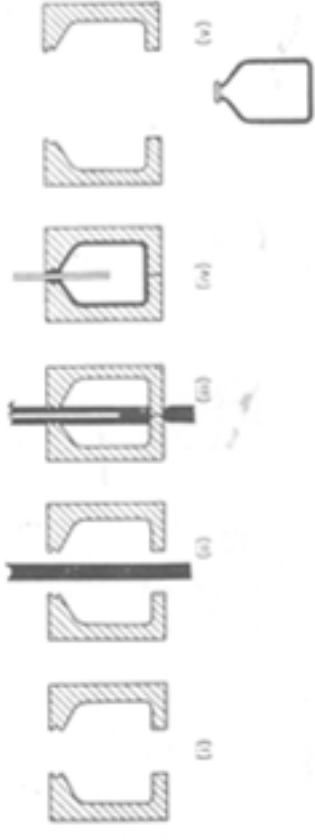
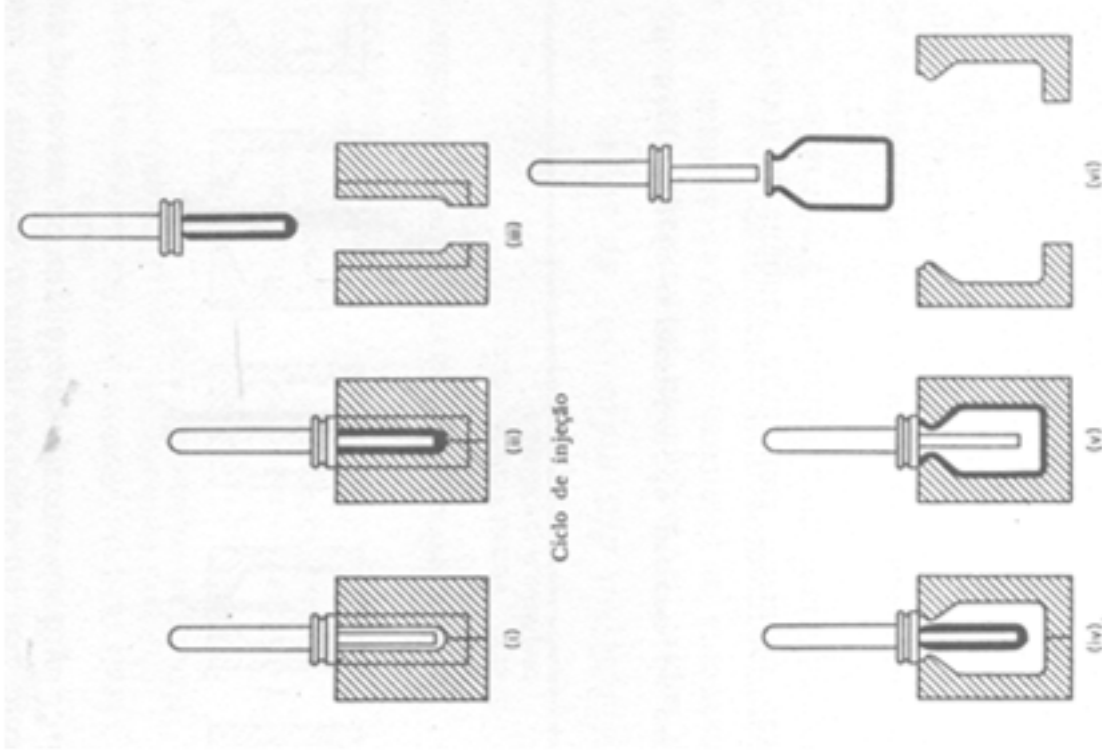




# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3



### Moldagem por sopro

O polímero é extrudado na forma de um tubo – *Parison* – e o tubo é então posicionado dentro de um molde bipartido. O *Parison* é então soprado, tomando o formato do molde. Após o resfriamento o molde é aberto e a peça desmoldada.

### Moldagem por sopro de pré-formado

Uma pré-forma é injetada e em seguida aquecida e posicionada em uma sopradora. Hoje é processo muito comum em razão da fabricação de embalagens de PET.

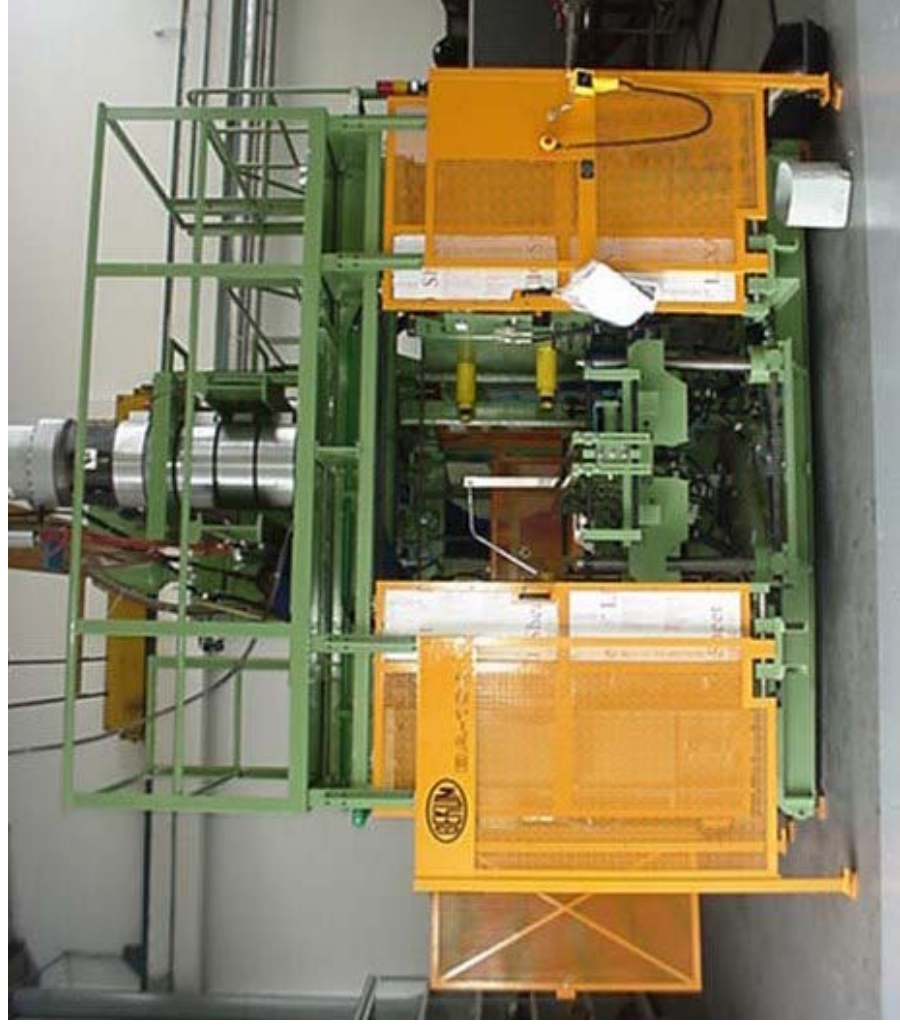


# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### Máquinas Sopradoras





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### Peças Sopradas





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### **Moldagem a Vácuo (*Vacuum Forming*)**

As peças são conformadas a partir de uma chapa extrudada de um polímero aquecida até o ponto de amolecimento, depositada sobre um molde frio, tipo cavidade, utilizando o vácuo para moldá-la. O resfriamento é acelerado com o auxílio de sopro de ar. A peça é desmoldada e rebarbada.





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### Rotomoldagem

O processo consiste em fundir o polímero, na forma de pó, dentro do próprio molde sob movimentação planetária e sob aquecimento. O polímero fundido é depositado sobre as paredes do molde formando uma camada uniforme. Mantendo a movimentação, o molde é resfriado, geralmente com spray de água para acelerar o processo, e a peça é então desmoldada.





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

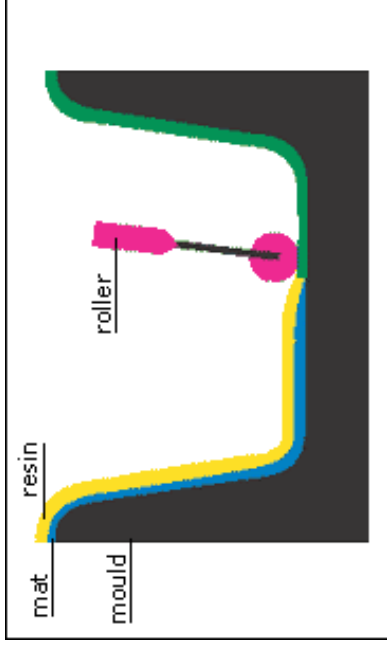
## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### Processos de Transformação dos Termofixos

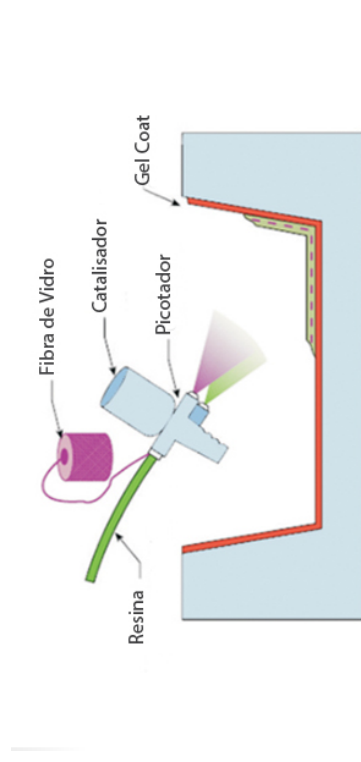
#### Processo Hand Lay Up

O reforço, na forma de manta de fibra com fios de 50mm ou tecidos de fios contínuos, é depositado sobre o molde frio e impregnado com a resina previamente catalisada.



#### Spray Up

O reforço, sob a forma de fios cortados com 50mm, é lançado contra o molde frio juntamente com um spray de resina catalisada no bico da pistola.





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### **RTM – Resin Transfer Molding**

O reforço sob a forma de uma manta de fibra de vidro é pré-formado e colocado em um molde bipartido. Fechando o molde sob pressão, a resina poliéster é injetada, previamente catalisada através de um bico injetor.







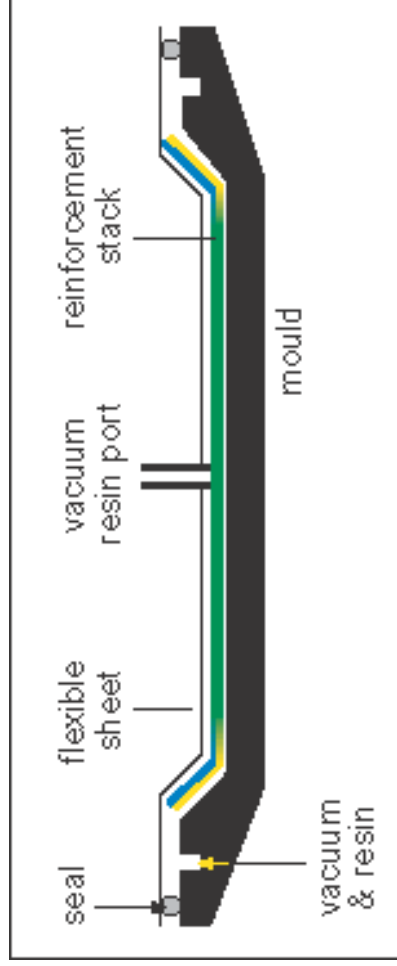
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### Processo de Infusão

O processo consiste em impregnar a manta de reforço, depositada no molde, com o auxílio do vácuo aplicado entre o molde e um filme plástico. Este processo é utilizado em peças grandes e apresenta baixa emissão de vapores de monômero de estireno.





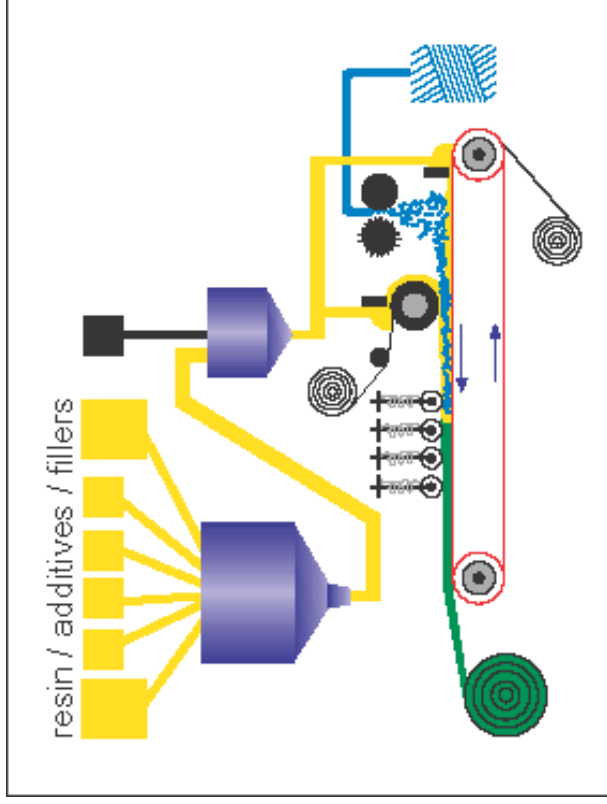
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### SMC - Sheet Molding Compound

É um processo de fabricação de peças em resinas poliéster através de prensagem a quente (aproximadamente 200 °C) e de alta produtividade (cerca de 3 minutos por peça). Uma manta feita com resina poliéster, carga mineral, aditivos, catalisador e fibra de vidro (~2,5 polegadas) é prensada em molde de aço com aquecimento e pressão em torno de 100 kg / cm<sup>2</sup>.



Processo de preparação da manta de SMC



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3





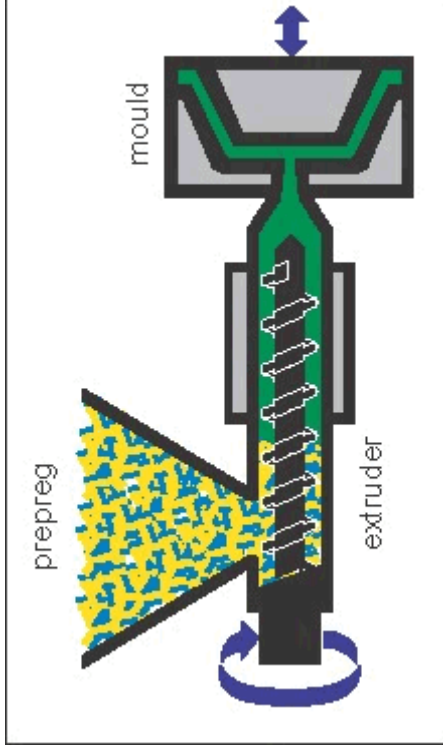
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### **BMC - Bulk Moulding Compound**

É um processo de fabricação de peças em resina poliéster através da injeção e cura a quente, e com alta produtividade. Uma massa feita com resina poliéster, carga mineral, aditivos, catalisador e fibra de vidro é prensada ou injetada em molde de aço com aquecimento e pressão em torno de 30 kg / cm<sup>2</sup>. Este processo é semelhante ao SMC, diferenciando no tamanho da fibra de vidro (~1/2 polegada) e no maior teor de carga mineral. É utilizado principalmente na produção de peças técnicas, com grande resistência dielétrica e térmica.





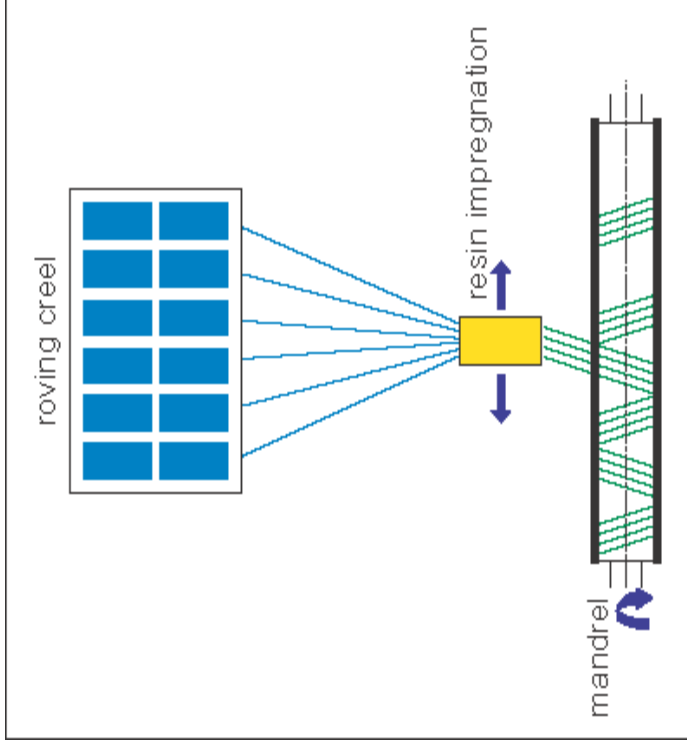
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### Filament – Winding

Este processo consiste em enrolar o reforço impregnado com resina poliéster catalisada em um mandril metálico. Após a cura da resina, o tubo formado é extraído.



E.T.E. Compactas



Tanque Cilíndrico (Produtos Perigosos)



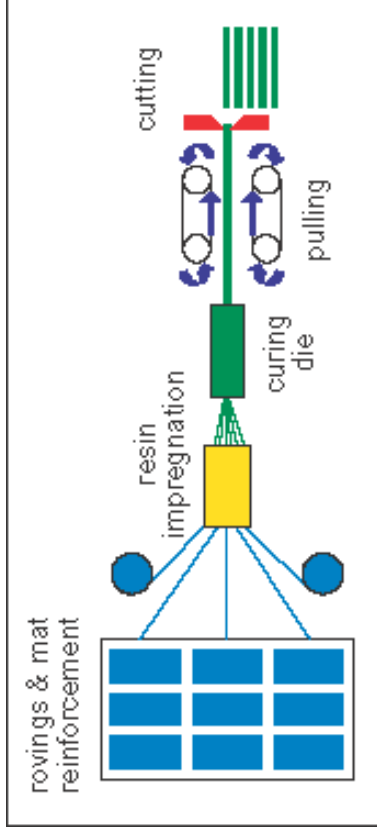
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## Pultrusão

O processo de pultrusão consiste em se fazer passar, por um molde aquecido, um feixe de fios de reforço impregnados com resina poliéster catalisada. A cura da resina se dá na passagem pelo molde aquecido.





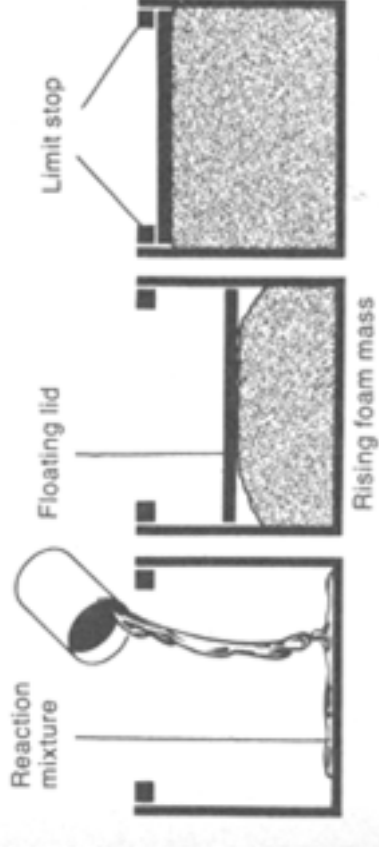
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

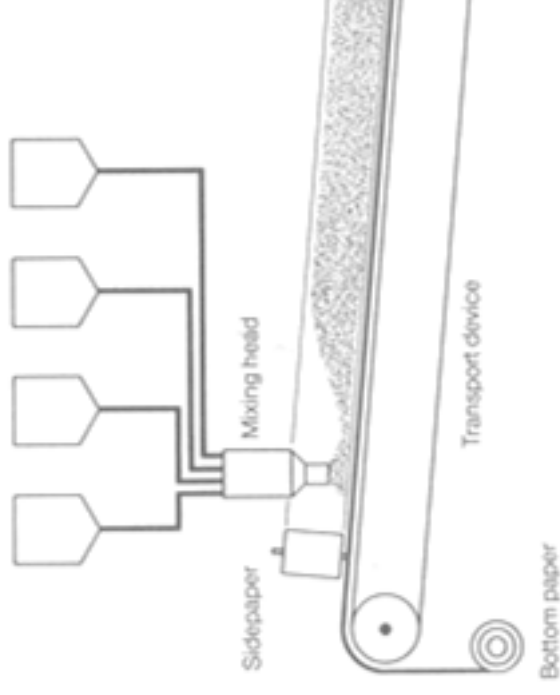
### Injeção de Poliuretanos

A moldagem dos Poliuretanos consiste basicamente na mistura e injeção do Polioli e do Isocianato, em molde aberto ou fechado.

Outro processo para os Poliuretanos Integrais – sem expansão – é o *Casting*, quando os componentes são misturados e vazados em moldes metálicos e levados para estufa aquecida visando completar a cura.



Processo de moldagem de PU por “caixote”



Processo de fabricação contínua de blocos de PU



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### Máquina de Injeção de PU



Agitador do cabeçote – “Abacaxi”



Moldes para injeção de alta pressão





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório



M i n i c u r s o s - 2 0 1 3



**RECICLAGEM**



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### Reciclagem

A princípio, todos os polímeros termoplásticos são recicláveis.

Os pontos críticos deste processo são:

- Coleta
- Lavagem
- Separação
- Grau de degradação dos polímeros
- Viabilidade econômica de todo o processo

Os demais polímeros como os termofixos e elastômeros, são motivos de estudos para uma reciclagem com vantagens econômicas.

Termofixos e borracha necessitam de uso de muita energia para a sua reutilização, o que torna muitas vezes o processo economicamente inviável.

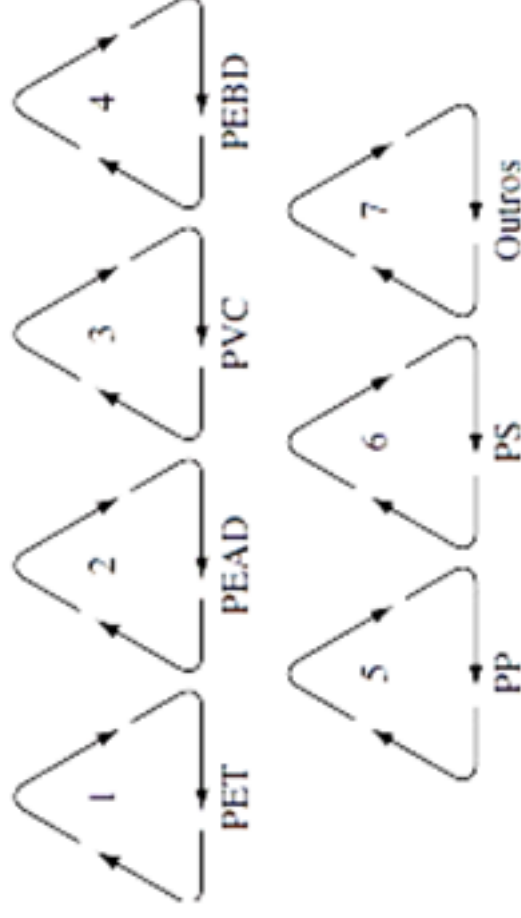


# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## Nomenclatura obrigatória de identificação de reciclagem



- 1 - PET - Polietileno tereftalato
- 2 - PEAD - Polietileno de alta densidade
- 3 - PVC - Policloreto de vinila
- 4 - PEBD - Polietileno de baixa densidade
- 5 - PP - Polipropileno
- 6 - PS - Poliestireno
- 7 - Outros



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

## M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### Casos de reciclagem economicamente viáveis

#### Garrafas PET

- Produção de fibras para tecidos
- Produção de fibras para Carpetes e Forrações.
- Produção de cintas de arqueamento para embalagens.

#### Peças em PMMA

Único polímero que sob calor, retorna a forma de monômero, sendo polimerizado novamente.

#### Embalagens de PE - Filmes

Coletadas, moídas, lavadas e granuladas para sopro de sacos de lixo e embalagens de segunda linha.

#### Sobra de processo de transformação

- Os polímeros são separados na própria máquina de processamento, moídos e injetados novamente com cerca de 10% no material virgem.
- Problemas com materiais carregados ou reforçados.



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## **Materiais com dificuldades de reciclagem**

### **UP – Poliéster / Epóxi**

- Rebarbas de laminação / sobras de *Casting*
- Material moído utilizado como carga – Mais caro que carga mineral. Viabilidade econômica duvidosa.

### **PF – Resinas Fenólicas**

- Areia de fundição impregnada.
- Rebarbas e cavacos de usinagem de lonas, pastilhas de freio e discos de embreagem.



## Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

Características e ensaios de laboratório

### **Materiais de difícil reciclagem**

#### **PU - Poliuretanos – Espuma / Integral**

- Sucata, rebarbas e limpeza de bicos de injeção
- Material moído utilizado como carga – Mais caro que carga mineral

#### **XPE – Poliestireno Expandido - Isopor**

Consumo de energia no transporte, moagem e granulação tornam a reciclagem economicamente inviável.

#### **Borracha – Pneus / Tipos diversos**

- Pirólise gerando resíduo oleoso usado como combustível. Inviável economicamente e problemático para o meio ambiente
- Moagem e incorporação em peças de segunda linha – Tapetes
- Moagem e incorporação em asfalto – Custo elevado na moagem criogênica e separação da malha de aço
- Combustível na indústria de cimento
- Atenção especial com emissões

**M i n i c u r s o s - 2 0 1 3**



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3



Visible from space: The giant pile of tires take up about 50 acres in a clearing in rural South Carolina



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3



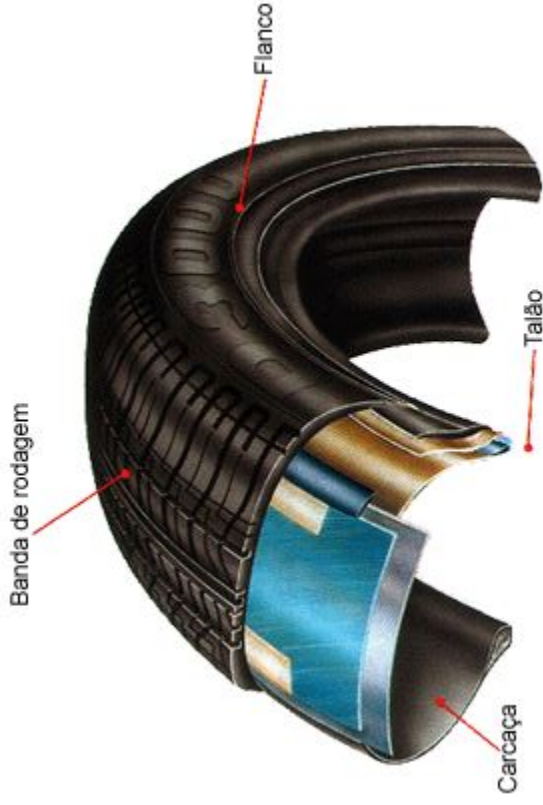




# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

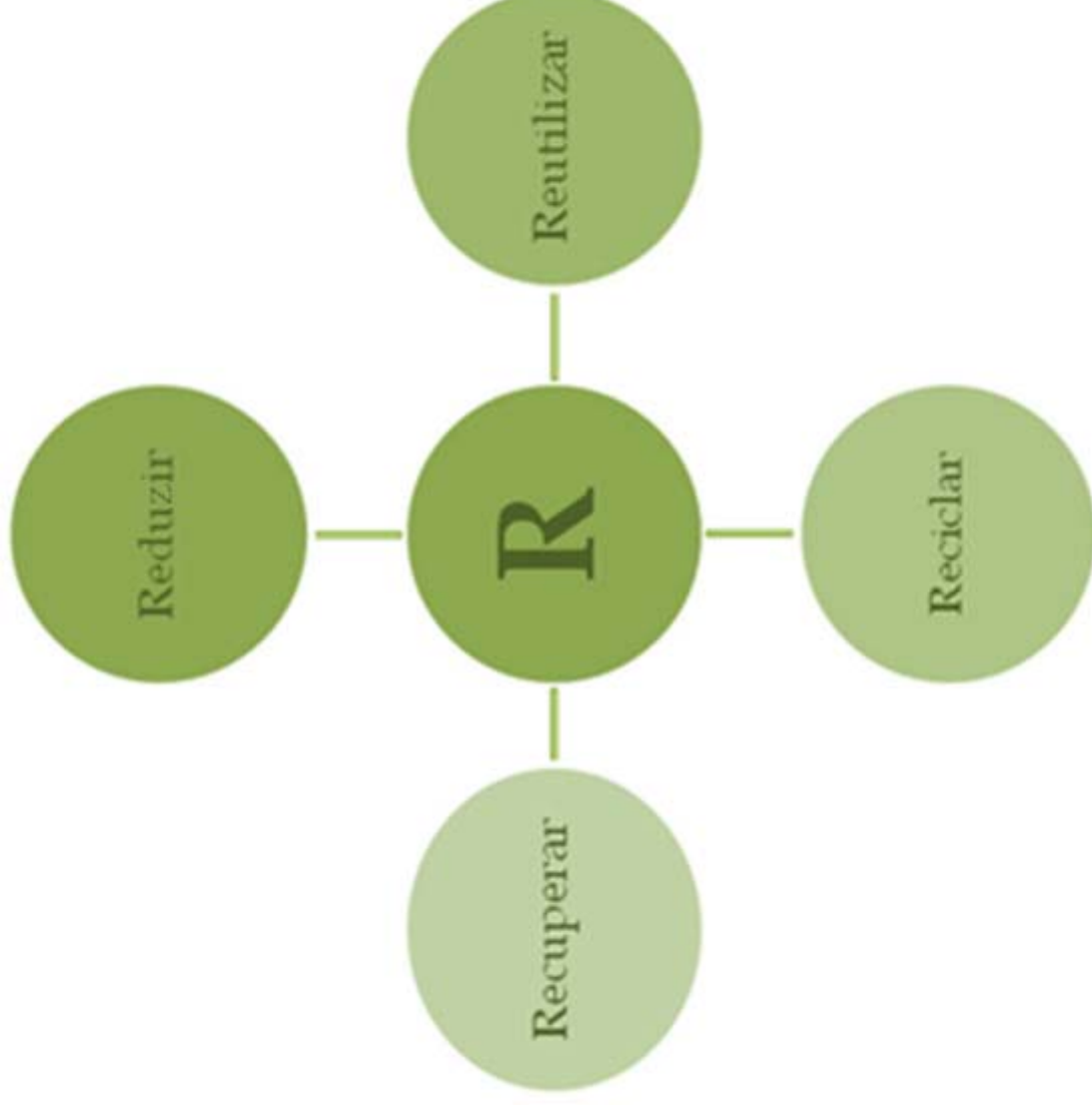




# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

**M i n i c u r s o s - 2 0 1 3**



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

---



M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### BIBLIOGRAFIA

#### *“Tecnologia dos Polímeros”*

D.C. Milles / J.H.Briston

#### *“Kunststoffe”*

Karlheinz Biederbick

#### *“Bayer – Polyurethanes”*

Bayer

#### *“Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen von Kunststoffschäden”*

L. Engel – H. Klingele – G. Ehrenstein – H. Schaper

#### **Fotos diversas**

Internet



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

**M i n i c u r s o s - 2 0 1 3**

## **2ª Parte - Elastômeros**

**Odair José Morassi**  
Químico Industrial

Agosto de 2013

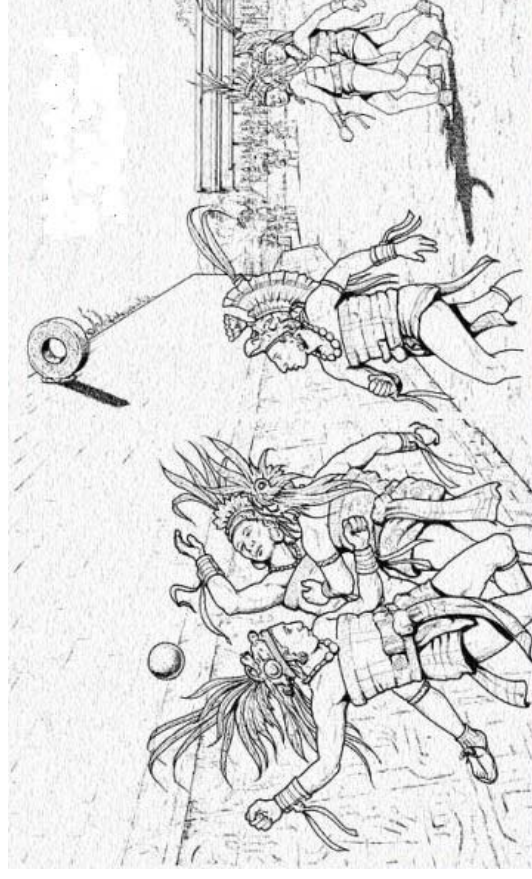


# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### Elastômeros

Os elastômeros têm seu primeiro relato no século XV, quando da chegada de Colombo a América, através do seu relato de ter visto nativos jogando com uma bola que "...realmente pulava e ricocheteava...". Mas, na realidade, os povos da América Central já jogavam bola por volta de 2000 a.C.. O jogo deles era chamado de *Tachtli* ou *Pok-a-Tok* e nos o conhecemos como "jogo de la pelota", pois envolve uma bola de borracha desenvolvida pelos olmecas no Golfo do México.



Eles usavam o líquido que vertia da casca machucada de uma árvore - *Hevea brasiliensis*. O primeiro relato da existência da seringueira no Brasil foi feito em 1736 por Charles de la Condamine, que descreveu a sua forma de obtenção pelos nativos.

O uso da borracha natural era limitado por causa da sua deterioração na presença de oxigênio. Em 1839, Goodyear descobre a vulcanização com o uso do enxofre e, com isto, a sua resistência ao oxigênio. As duas Guerras mundiais fizeram com que o uso da borracha aumentasse rapidamente.

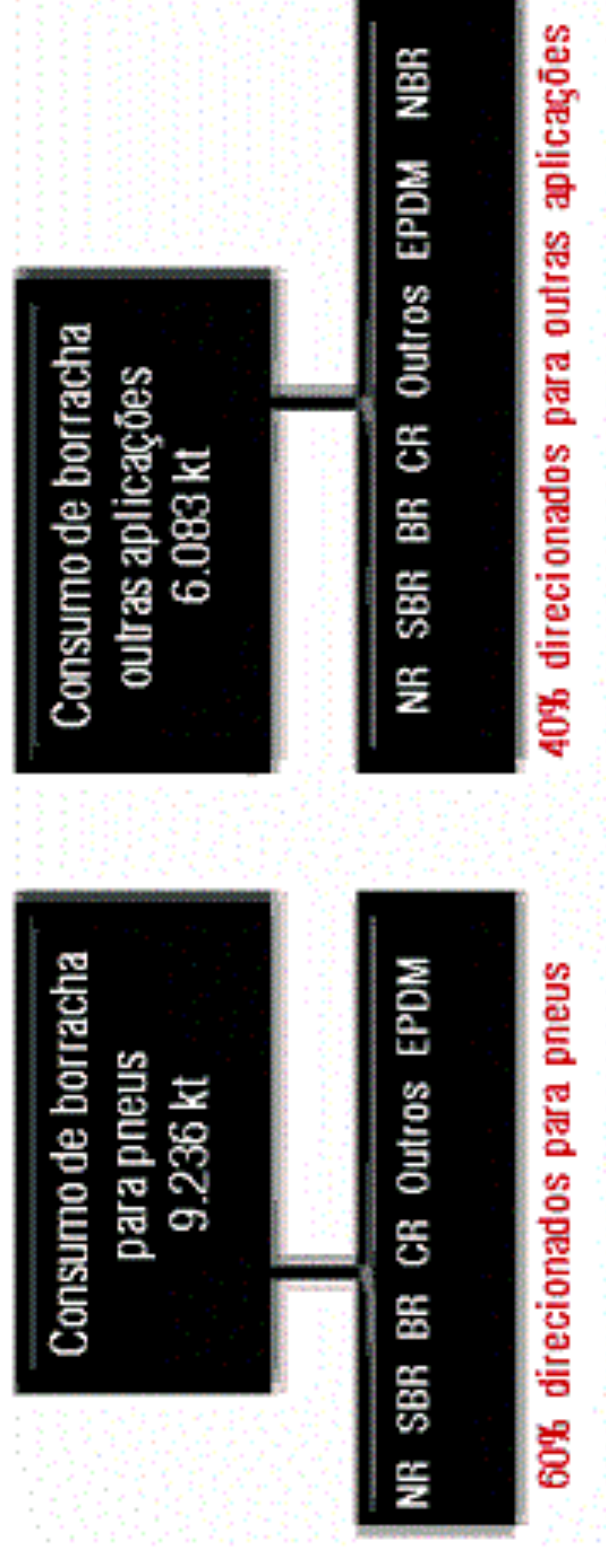


# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## Distribuição do consumo global de elastômeros





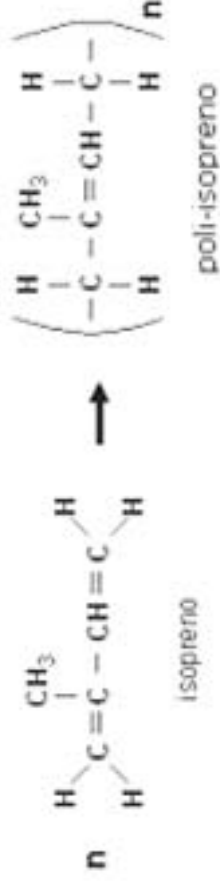
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## NR – Borracha natural

- Classificado como polímero natural
- Obtido a partir da extração da seiva da seringueira – *Hevea brasiliensis*
- A extração até então no sistema extrativista, hoje já é cultivada comercialmente
- Maior consumo em pneus e sistemas de amortecimento – coxins e amortecedores
- Outra aplicação bastante importante é na forma de látex na fabricação de luvas cirúrgicas e preservativos







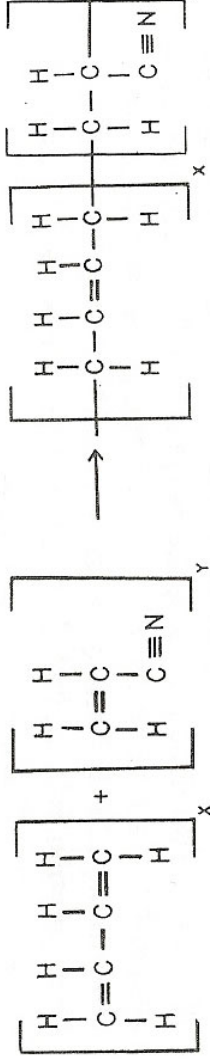
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### **NBR – Borracha Nitrílica**

Obtida a partir da copolimerização de butadieno e acrilonitrilo. É usado principalmente na produção de peças expostas ao contato com óleos e derivados de petróleo. Baixa variação de volume, rasgamento e resistência a tração quando exposta a óleos e combustíveis.





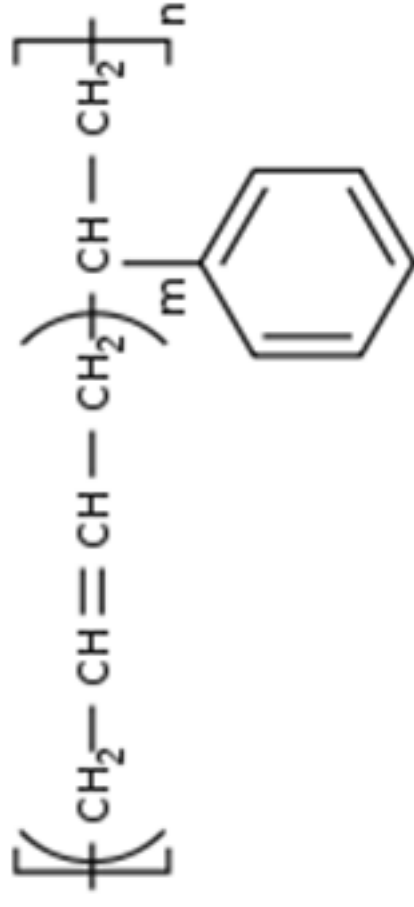
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### **SBR – Borracha de estireno-butadieno**

Obtida da copolimerização do estireno e butadieno. Aplicações em geral sem exigências mecânicas. Alto inchamento em contato com óleos e combustíveis. É classificada como de baixo custo.



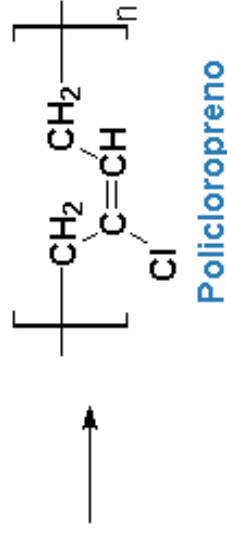
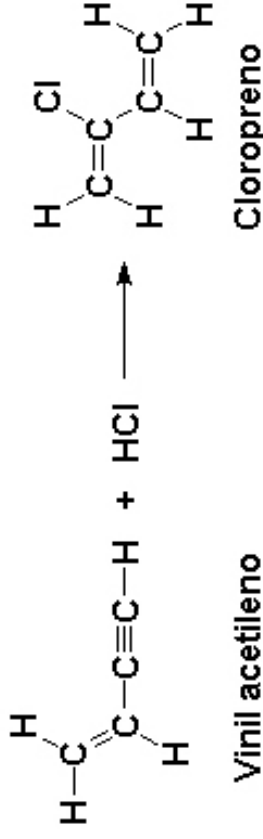


# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### CR – Policloropreno

O Policloropreno é obtido através da polimerização do vinil acetileno clorado. Sua principal aplicação é em peças com exposição constante a intempéries. Possui elevada rigidez dielétrica e resistência ao ozônio. Moderada resistência a óleos e combustíveis.



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório



M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### **EPDM – Dímero Eteno Propeno**

O EPDM é um terpolímero de etileno, propileno e componente dieno que podem ser o Diciclopentadieno Etileno Norboneno ou o 1,4 hexadieno. Possui elevada resistência a água e ozônio. Usada principalmente na fabricação de mangueiras de radiador em automóveis e caminhões, e também em perfis de vidros e para-brisas.

### **FKM – Borracha fluorada**

FKM é a designação para aproximadamente 80% de fluoro-elastômeros. Outros elastômeros fluorados são os perfluoro-elastômeros (FFKM) e o tetrafluoro etileno / propileno (borracha com alta FEPM). Todos os elastômeros FKM contém fluoreto de vinilideno como um monômero. Os FKM possuem alta resistência a temperatura e a produtos químicos.



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### **IIR – Borracha de Isobutileno Isopreno – Borracha butílica**

Borracha com baixa permeabilidade a gases. Usada principalmente em câmaras de pneus e outras aplicações mais específicas.

#### **IR – Borracha de Isopreno**

Borracha conhecida como “Natural Sintética”, possui características próximas às da borracha natural, mas com comportamento prático ligeiramente diferente. Usada principalmente na forma de látex para aplicações menos exigentes como impregnação de carpetes e tapetes.



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### Matérias-primas para as formulações de borrachas

**Vulcanizantes** – enxofre, dissulfeto de tiurama, alquifenosulfetos.

**Aceleradores** – Carbonato de chumbo, hexametileno tetramina, mercaptobenzadiazol (MBT)

**Negro de Fumo** – Carbon Black – Usado com carga e reforço, aumenta a resistência mecânica do composto; dá a cor preta para a maioria das formulações.

**Óleos extensores** – Óleos naftênicos, parafínicos, aromáticos e ftalatos.

**Oxido de zinco** – Acelerador do processo de vulcanização.

**Antioxidantes** – derivados oxidáveis das aminas aromáticas e fenóis.

**Cargas** – talco, carbonato de magnésio, sílica hidratada.

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## Processos de moldagem de borrachas

**Mistura** - Consiste na pesagem, mistura dos componentes no *Bambury* ou cilindros e extrusão das pré-formas.





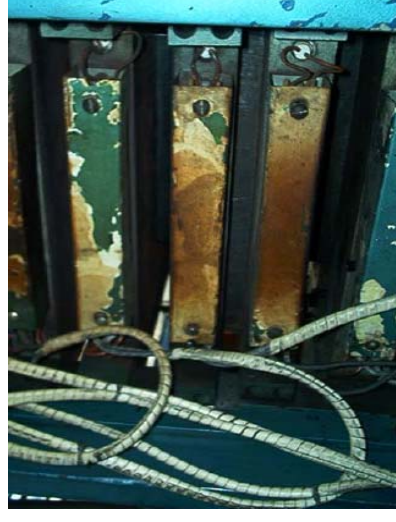
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### **Prensagem**

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

A mistura é colocada em uma ferramenta aquecida e mantida sob pressão durante tempo previamente determinado, quando ocorre a sua vulcanização.



### **Extrusão**

A mistura é extrudada em equipamento sob refrigeração e posteriormente vulcanizada em autoclave, túnel térmico ou em banho de sal. Este processo é utilizado para a produção de perfis contínuos e mangueiras.







# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### Injeção

Processo semelhante ao de prensagem, porém com maior produtividade e melhor acabamento. Este processo dispensa a preparação de pré-moldados. O equipamento é semelhante aos usados na injeção de termoplásticos - com exceção aos moldes que são aquecidos - e ao canhão refrigerado.



#### Enfaixamento

Processo de baixa produtividade usado para a fabricação de tubos e mangueiras. Lâminas de massa de borracha são enfaixadas em um “mandril” metálico com o formato da peça. Em seguida, o conjunto é levado para autoclave para vulcanização.





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

---

### **BIBLIOGRAFIA**

***“Tecnologia dos Polímeros”***

D.C. Milles / J.H.Briston

***“Curso de Tecnologia da Borracha”***

Enyo Caetano Grison - Eugenio Hoinacki - José Antonio Barcellos de Mello.

**Fotos diversas**

Internet



## M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### Atividade Dinâmica - Seleção de polímero para um novo projeto



#### Calhas com terminais, para cultivo Hidropônico

- Local de uso = Estufas com cobertura de Filme de PE
- Temperatura media local = ( - 4 ) ° C no inverno / 30 ° verão
- Esforço mecânico = Flexão ~5kg / m linear
- Tensão = Flexão
- Contato com produtos químico = Solução de nutrientes (Constante)
- Tempo de vida desejado = 5 anos
- Nível de segurança = Baixo
- Volume de produção = 500 m / dia calha – 40 terminais / dia

**Qual polímero utilizar e qual o processo de produção mais indicado ?**



# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## Atividade Dinâmica - Seleção de polímero para um novo projeto



### Dobradiça do capô de motor de caminhão

Local de uso = Capô do motor

Temperatura média local = 0°C no inverno / 80°C no verão

Esforço mecânico = Somente quando aberta e durante abertura

Tensão = Flexão e tração

Contato com produtos químicos = Detergentes fortes, querosene, Óleo Diesel e óleo de motor (esporádicos)

Tempo de vida desejado = 10 anos

Nível de segurança = Alto

Volume de produção = 80 peças / dia

**Qual polímero utilizar e qual o processo de produção mais indicado ?**



## Atividade Dinâmica - Seleção de polímero para um novo projeto



### Antena de automóvel tipo Shark

Local de uso = Teto do automóvel

Peça pintada a 80°C

Temperatura média local = 0°C no inverno / 100°C no verão

Esforço mecânico = Constante

Tensão = Compressão

Contato com produtos químicos = Detergente, xampu, cera de polimento.

Tempo de vida = 10 anos

Nível de segurança = Médio

Volume de produção = 300 peças / dia

**Qual polímero utilizar e qual o processo de produção mais indicado ?**



# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## Atividade Dinâmica - Seleção de polímero para um novo projeto



### Para Lama de caminhão

Local de uso – Para Lama caminhão

Peça pintada a 80°C

Temperatura media local - 0°C no inverno / 60°C no verão

Esforço mecânico - Variável

Tensão- Impacto

Contato com produtos químicos – Detergente, xampu, cera de conservação, querosene.

Tempo de vida – 10 anos

Nível de segurança - Médio

Volume de produção – 25 peças / dia

**Qual polímero utilizar e qual o processo de produção mais indicado ?**



**M i n i c u r s o s - 2 0 1 3**

## **Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros** Características e ensaios de laboratório

### **3ª Parte – Ensaios de Laboratório**

**Odair José Morassi**  
Químico Industrial

Agosto de 2013



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### Tipos de ensaios de laboratório

Podemos dividir os ensaios com polímeros e elastômeros em cinco classes:

- Análise de identificação
- Características físico-químicas
- Ensaios de resistência mecânica
- Ensaios de resistência elétrica
- Ensaios de envelhecimento acelerado





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

**M i n i c u r s o s - 2 0 1 3**

### **Análises de identificação**

#### **Odor e solubilidade**

Método totalmente em desuso, mas ainda com uma certa validade. Consiste em determinar o tipo de material através do seu odor e da solubilidade em determinados solventes baseados em dados conhecidos.

As faltas de praticidade e de segurança impedem o uso desta técnica, principalmente em razão do desenvolvimento de equipamentos mais confiáveis e que independem do aspecto pessoal no processo de identificação.



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### **FTIR - Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier**

A espectroscopia de infravermelho é um tipo de espectroscopia de absorção a qual usa a região do infravermelho do espectro eletromagnético.

Como as demais técnicas espectroscópicas, ela pode ser usada para identificar um composto ou pesquisar a composição de uma amostra.

A espectroscopia no infravermelho se baseia no fato de que as ligações químicas das substâncias possuem frequências de vibração específicas, as quais correspondem a níveis de energia da molécula (chamados nesse caso de *níveis vibracionais*). Tais frequências dependem da forma da superfície de energia potencial da molécula, da geometria molecular, das massas dos átomos e eventualmente do acoplamento vibrônico. Após a obtenção do espectro, a análise é feita por software que compara o espectro obtido com uma biblioteca específica na memória do equipamento.

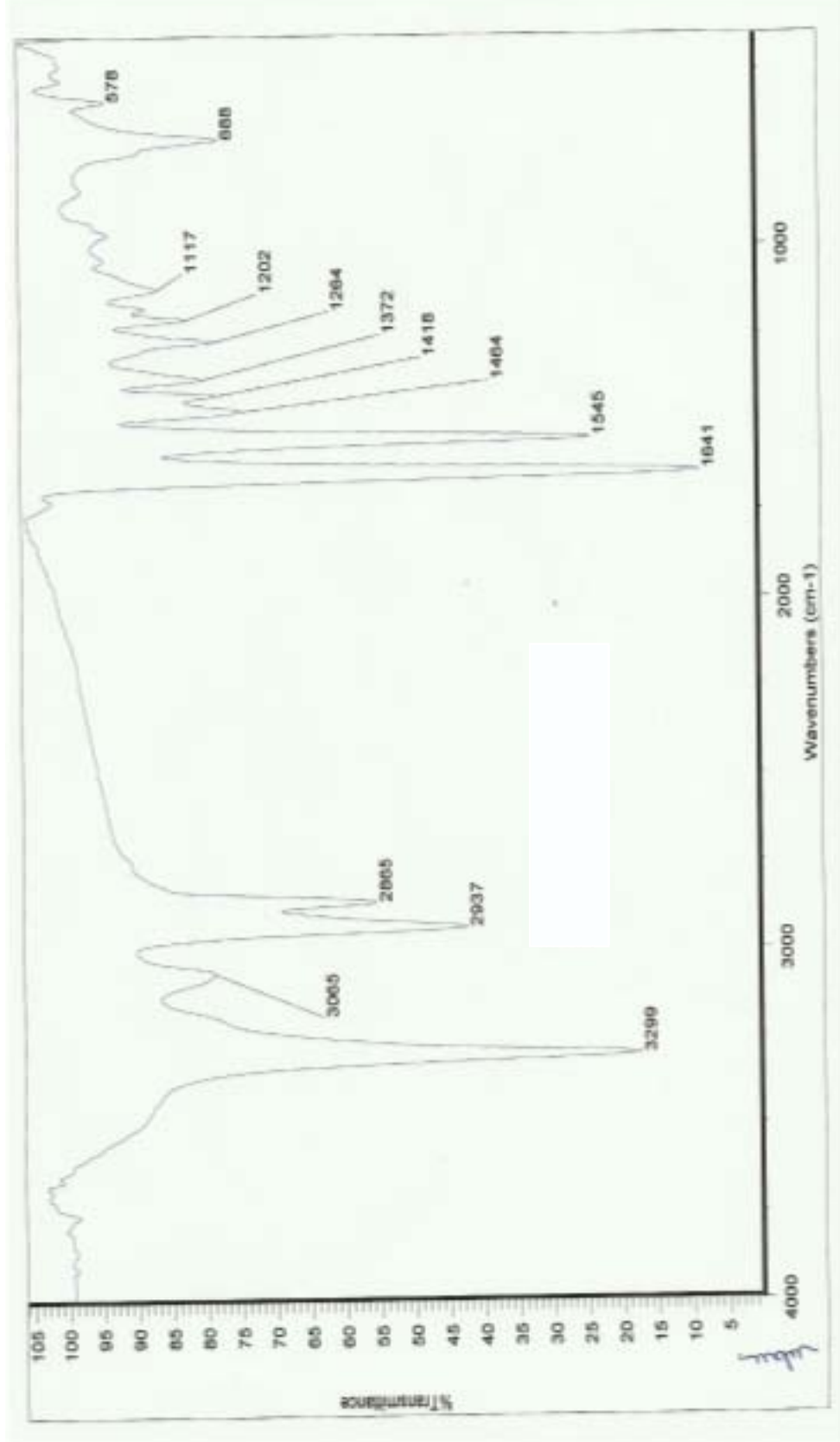


# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### Espectrograma de Análise de Infravermelho





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

Banda	Nº de Ondas (cm <sup>-1</sup> )	Formato da banda	Intensidade	Identificação
1	3290	Agudo alargado na base	Forte	Esta banda pode vir a caracterizar um estiramento da ligação N—H. Banda característica de poliamida <sup>3)</sup> . Banda característica de PA 6 <sup>4)</sup> .
2	3065	Agudo alargado na base	Fraca	Esta banda pode vir a caracterizar o primeiro overtone da banda amida-II <sup>3)</sup> . 1546 cm <sup>-1</sup> .
3	2937	Agudo	Média	Esta banda pode vir a caracterizar um estiramento assimétrico de C—H do grupo metileno (CH <sub>2</sub> ) <sup>3)</sup> .
4	2865	Agudo	Média	Esta banda pode vir a caracterizar um estiramento simétrico de C—H do grupo metileno (CH <sub>2</sub> ) <sup>3)</sup> .
5	1641	Agudo alargado na base	Muito Forte	Esta banda pode vir a caracterizar o estiramento da ligação C = O, conhecida como amida I <sup>3)</sup> .
6	1545	Agudo alargado na base	Forte	Esta banda pode vir a caracterizar uma deformação da ligação N—H combinado com a deformação da ligação C—N, conhecida como banda amida-II <sup>3)</sup> . Banda característica de PA 6 <sup>4)</sup> .
7 e 8	1464 e 1418	Agudo alargado na base	Fraca	Essas bandas podem vir a caracterizar uma deformação angular de CH <sub>2</sub> , movimento tipo tesoura ("scissor") <sup>3)</sup> . Banda característica de PA 6 <sup>4)</sup> .
9	1372	Agudo	Fraca	Esta banda pode vir a caracterizar uma deformação angular simétrica de CH <sub>2</sub> e/ou estiramento da ligação C—N. Banda característica de poliamida <sup>3)</sup> .
10	1264	Agudo	Fraca	Esta banda pode vir a caracterizar um estiramento da ligação C—N e/ou uma deformação angular de CH <sub>2</sub> tipo torção e balanço ("Twist and Wag"). Banda característica de PA 6 <sup>4)</sup> .
11	1202	Agudo	Fraca	Esta banda pode vir a caracterizar uma deformação angular de CH <sub>2</sub> tipo torção e balanço ("Twist and Wag") <sup>3)</sup> .
12	1117	Agudo	Muito fraca	Essas bandas podem vir a caracterizar vibrações de esqueleto da ligação C—C—C, bandas características de poliamida <sup>4)</sup> .
13	688	Agudo e alargado na base	Fraca	Esta banda pode vir a caracterizar uma deformação angular fora do plano de N—H <sup>3)</sup> .
14	578	Agudo alargado na base	Muito Fraca	Esta banda pode vir a caracterizar uma deformação angular simétrica fora do plano de N—H <sup>3)</sup> .

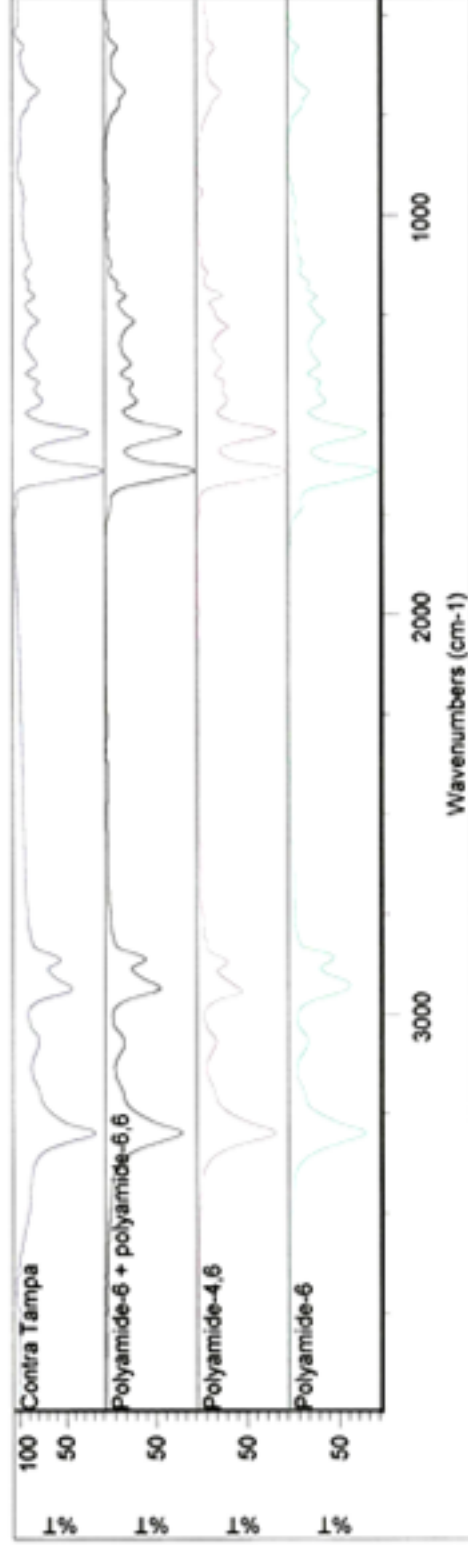


# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

Search results for: Contra Tampa  
Date: Tue May 14 13:28:21 2013  
Search algorithm: Correlation  
Regions searched: 3995,65-455,13



Search results list of matches

Index	Match	Compound Name	Library Name
1	99.10	Polyamide-6 + polyamide-6,6	Hummel Polymer and Additives
2	1052	Polyamide-4,6	Hummel Polymer and Additives
3	7	Polyamide-6	Hummel Polymer and Additives
4	1	POLYAMIDE 6	Hummel Polymer Sample Library
5	287	Polyamide-6,6	Hummel Polymer and Additives
6	290	Poly(amide-6,6,amide-6)	Hummel Polymer and Additives
7	286	Polyamide-6 + polyamide-6,6	Hummel Polymer and Additives
8	28	POLYAMIDE 6 + POLYAMIDE 6,6	Hummel Polymer Sample Library
9	301	Poly(amide-6,amide-6,6) 95:15	Hummel Polymer and Additives
10	1002	Grilon CR 9	Hummel Polymer and Additives
11	1003	Grilon TR 27	Hummel Polymer and Additives
12	1024	Vestamid D14	Hummel Polymer and Additives
13	1025	Vestamid X4044	Hummel Polymer and Additives
14	10503	Nylon 6/12	Hummel Polymer and Additives
15	1602	2-Azacyclotridecanone, Laurilactam	Aldrich Condensed Phase



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

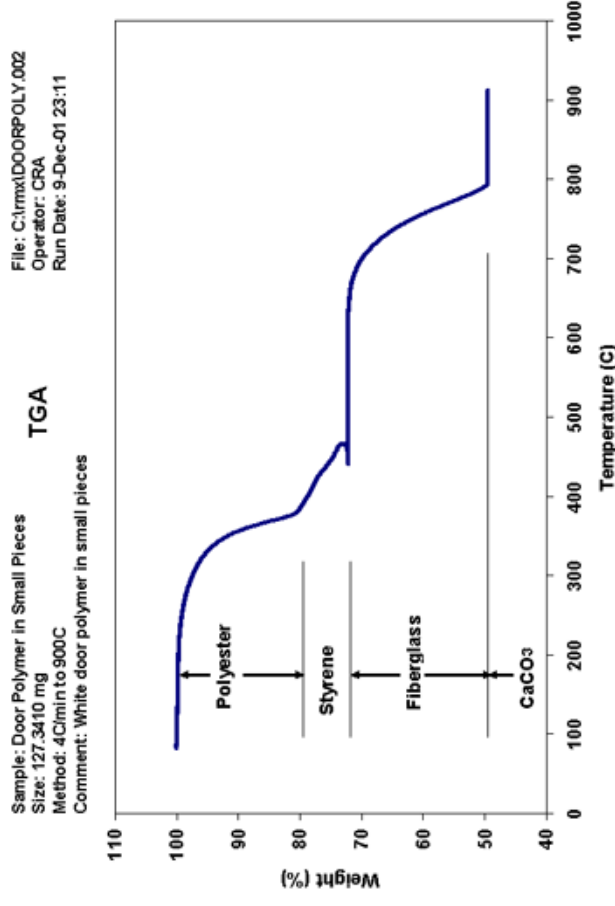
## Características e ensaios de laboratório

## TGA – Thermal Gravimetric Analysis

**TGA** - A análise termogravimétrica é um método de análise térmica no qual as alterações nas propriedades físicas e químicas dos materiais são medidos como uma função do aumento da temperatura, com uma taxa de aquecimento constante, ou como uma função de tempo (com temperatura constante e/ou perda de massa constante).

TGA pode fornecer informações sobre os fenômenos físicos, tais como transições de fase, incluindo vaporização, sublimação, absorção e adsorção.

TGA é normalmente usado para determinar as características selecionadas de materiais que exibem qualquer perda ou ganho de massa devido a decomposição, a oxidação, ou a perda de materiais voláteis, como a umidade. É uma técnica particularmente útil para o estudo de materiais poliméricos, incluindo termoplásticos, termofixos, elastômeros, materiais compostos de plástico, películas, fibras, revestimentos e tintas.



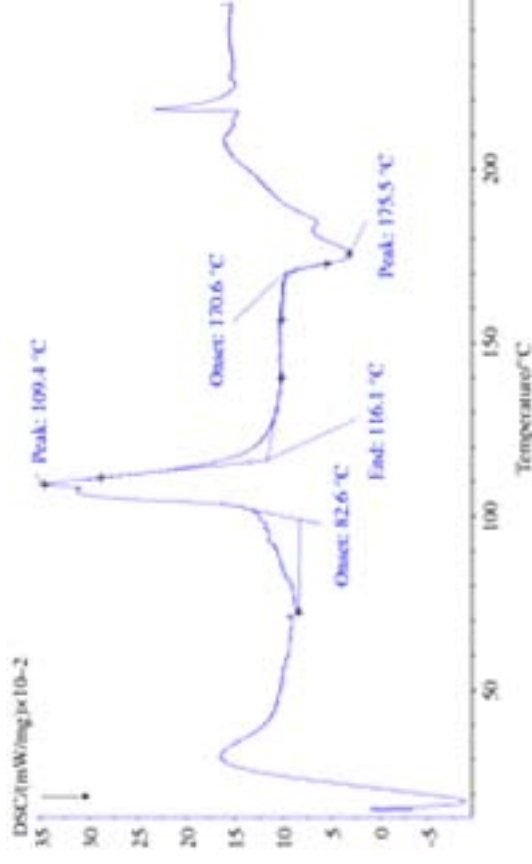


# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### DSC – Differential Scanning Calorimetry

Calorimetria diferencial de varredura é uma técnica termoanalítica em que se obtém a diferença da quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de uma amostra de referência, com base em uma amostra de referência, ambas mantidas nas mesmas temperaturas durante todo o ensaio. O ensaio de DSC é muito utilizado para a análise de materiais poliméricos para determinar suas transições térmicas. As transições térmicas observadas podem ser utilizadas para comparar os materiais. No entanto, as transições não identificam exclusivamente a sua composição. A pesquisa de uma amostra para a determinação da sua composição deve ser realizada em conjunto com outra técnica de identificação como, por exemplo, a técnica do IR. Impurezas em polímeros podem ser determinadas por análise de termogramas e os plastificantes podem ser detectados nos seus pontos de ebulição característicos.



Pesquisa de *blocking* e *deblocking* de isocianato por bisulfeto de sódio



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### Teor de cinzas

Determina-se com este ensaio o teor de carga ou reforço – vidro, através da diferença de peso da amostra, antes e após exposição durante 3 horas a  $550 \pm 25$  °C.

Faz-se uma queima prévia da amostra pesada em cadinho e em seguida leva-se a mufla aquecida. Com os dados do peso inicial e final, calcula-se o percentual de cinzas. Estas cinzas podem ser fibra de vidro ou carga mineral, ou ambas.



#### Ponto de Fusão

Determina-se o ponto de fusão de polímeros cristalinos através de exposição da amostra em banho de óleo aquecido.







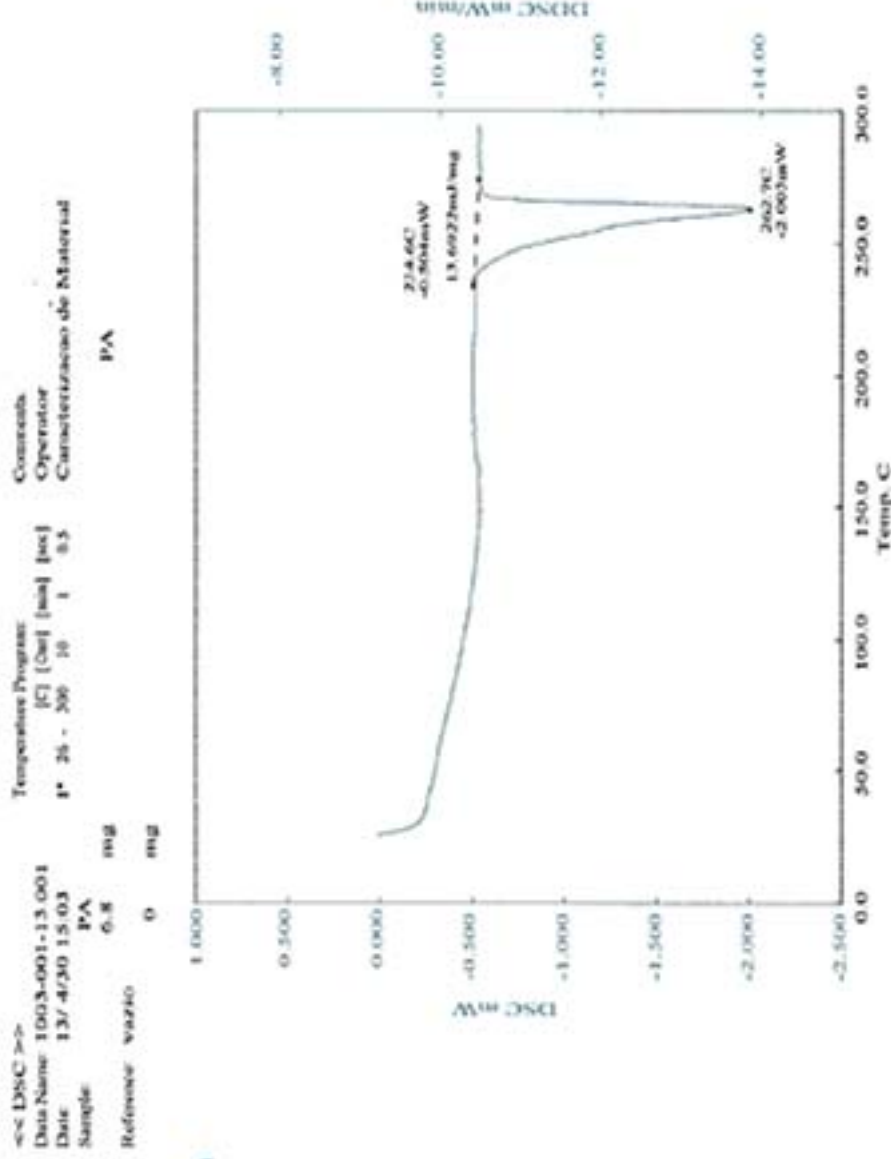
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## Ponto de Fusão através do DSC

Pode-se determinar também, de uma forma mais precisa, o ponto de fusão de um polímero através da análise DSC.





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## Densidade

Relação do peso sobre o volume. Pode ser determinada pelo dimensionamento da amostra quando esta possui uma forma geométrica constante – cubo, lâmina, cilindro, esfera perfeita etc. Mas, na maioria das vezes, a amostra possui uma forma indefinida e completamente irregular. Nestes casos, determina-se o método do peso imerso, onde se usa o princípio enunciado por Arquimedes sobre o empuxo.

A amostra é então pesada a seco e depois determina-se o seu peso imersa em um líquido de densidade conhecida.

Através das duas massas obtidas, calcula-se o volume e a densidade da amostra.





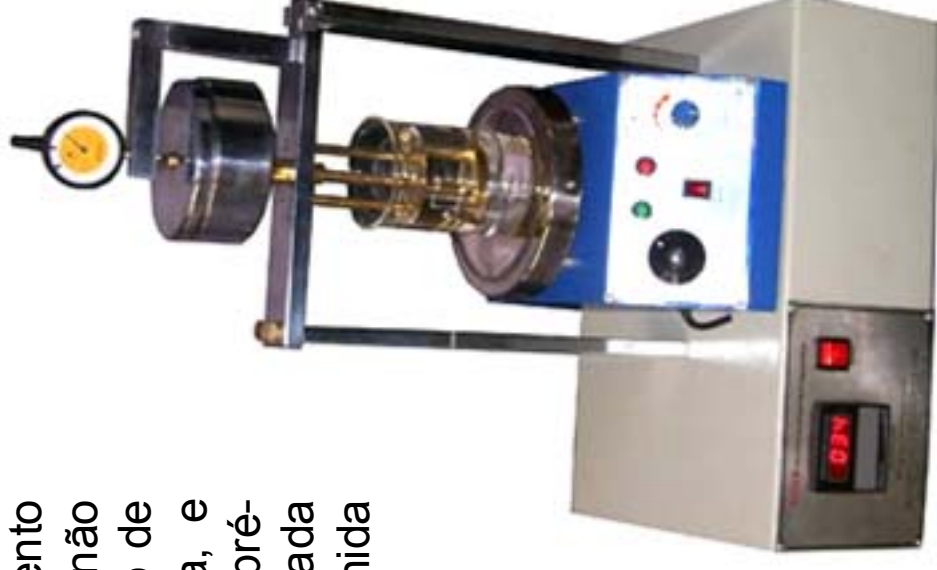
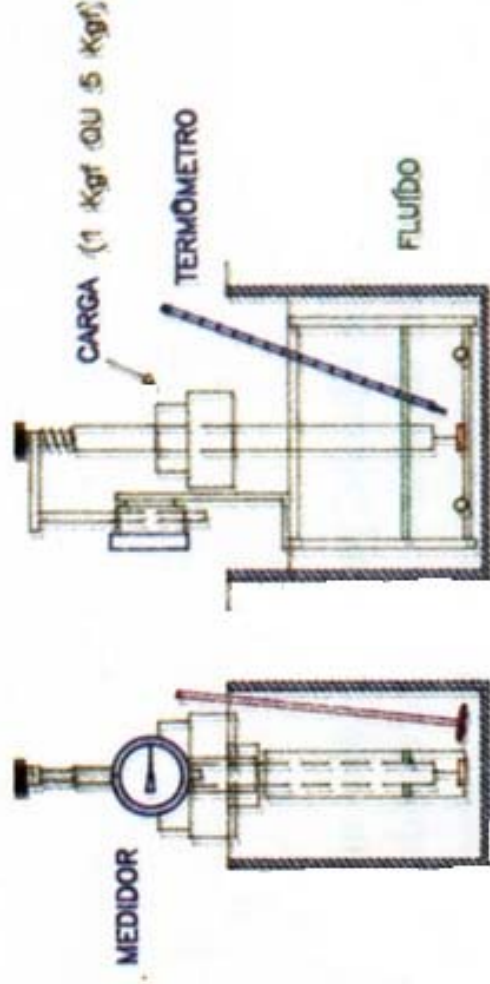
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## Ponto de amolecimento Vicat

Ensaio que determina a temperatura de amolecimento do material, que se tratando de material amorfo, não possui ponto de fusão definido. Consiste no apoio de “agulha” sobre amostra plana, sob carga definida, e em ambiente aquecido com gradiente pré-estabelecido. Quando da penetração de determinada profundidade, a temperatura no momento é definida como ponto de amolecimento Vicat.





## Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros Características e ensaios de laboratório.

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## Índice de Fluididez – MFI (Melt Flow Index)

Este ensaio é de grande importância na fase de projeto dos moldes de um novo projeto. Determina-se a “viscosidade” do material fundido sob condições padrão, o que refletirá no processo e otimização do processo de produção. O material granulado é colocado em um tubo aquecido posicionado verticalmente sobre uma balança. Com uma temperatura conhecida e sob uma pressão também conhecida, mede-se o tempo de escoamento de 10 gramas do polímero. Conhecendo este valor, o projetista do molde pode dimensionar os canais de fluxo do polímero e o bico de injeção da injetora.





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

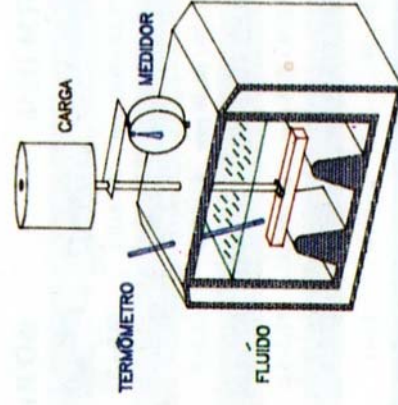
## Características e ensaios de laboratório

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## Temperatura de deformação sob carga – HDT

Este ensaio determina a temperatura de deformação do material sob carga. É de extrema importância para a escolha de um polímero num novo projeto.

Com um corpo de prova padrão, apoiado em dois cutelos, aplica-se uma carga conhecida e inicia-se o aquecimento do ambiente e determina-se a temperatura do início da deflexão do corpo de prova.



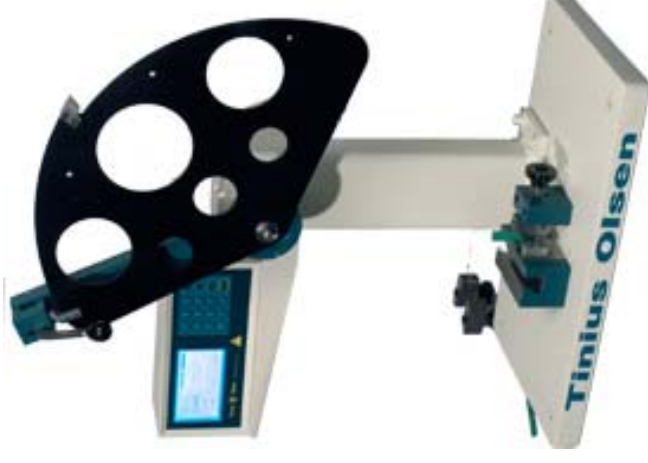
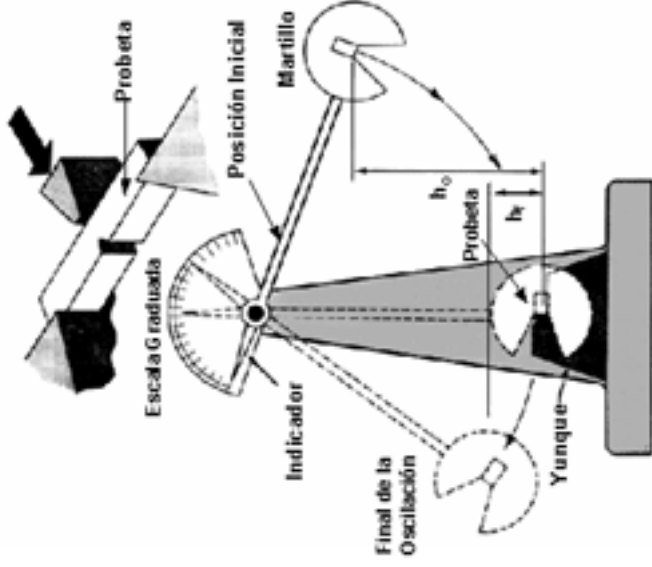


# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### Resistência ao Impacto Charpy / Izod

Ensaio determina a resistência do material quando do impacto recebido. O ensaio consiste em submeter um corpo de prova, com dimensão conhecida e padronizada, a um impacto de um pêndulo – “martelo”. Mede-se a perda de energia do pêndulo ao romper o corpo de prova e então a resistência do material. Este ensaio é também realizado em baixas temperaturas pois, na maioria dos polímeros, estes valores de resistência reduzem drasticamente.





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### Resistência a tração e alongamento a ruptura

Ensaio usado para determinar os valores de resistência a tração, alongamento a ruptura e módulo de elasticidade do material. O ensaio consiste em fixar corpo de prova padronizado em duas garras e, com o movimento de afastamento entre elas, promover o rompimento do corpo de prova. No momento da ruptura, através de uma célula de carga instrumentada, determina-se a força exigida para esta ruptura e o alongamento do corpo no momento da ruptura. Através da relação entre a resistência do material e o seu alongamento na ruptura, determina-se o Módulo de Elasticidade. Com estes valores, o projetista do produto pode calcular as espessuras e possíveis reforços no projeto.





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### Ensaio de Dureza

Dureza é a característica de um material sólido, que expressa sua resistência a deformações permanentes e está diretamente relacionada com a força de ligação dos átomos.

A dureza pode ser determinada a partir da capacidade de um material “riscar” o outro, como na escala de Mohs para os minerais, que é uma tabela comparativa que determina o valor 1 para o talco e 10 para o diamante. Os principais equipamentos para a determinação de polímeros e elastômeros são:

Equipamento / Escala	Material
Dureza Shore 00	Elastômeros expandidos
Dureza Shore A	Elastômeros e PVC macio
Dureza Shore D	Polímeros em geral
Rockwell Escala L / M / R	Polímeros reforçados / Carregados
Barcol	Poliéster reforçado

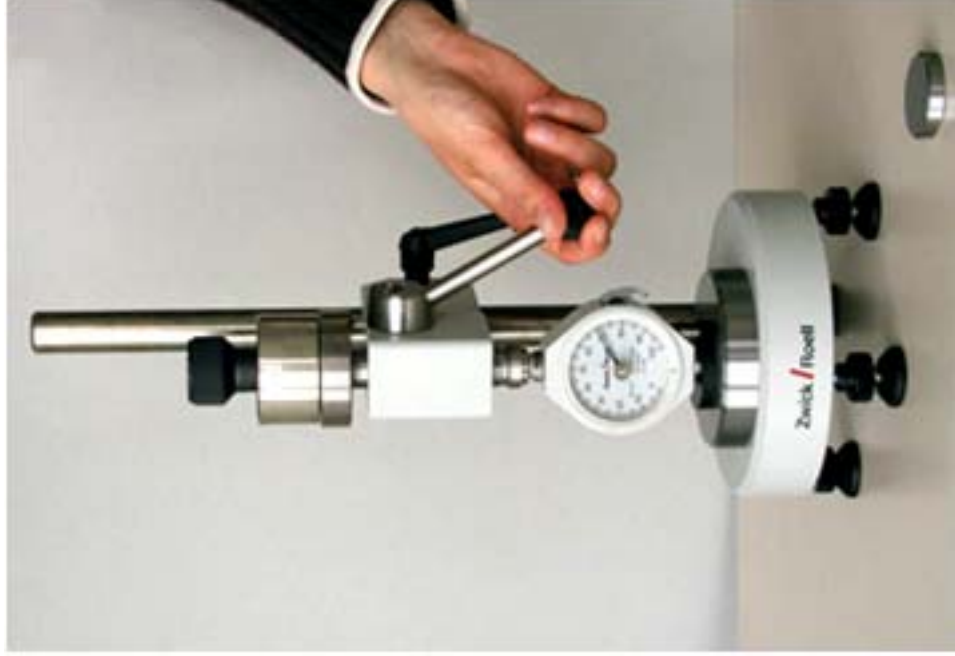




# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3



Durômetro Shore



Durômetro  
Barcol



Durômetro  
Rockwell

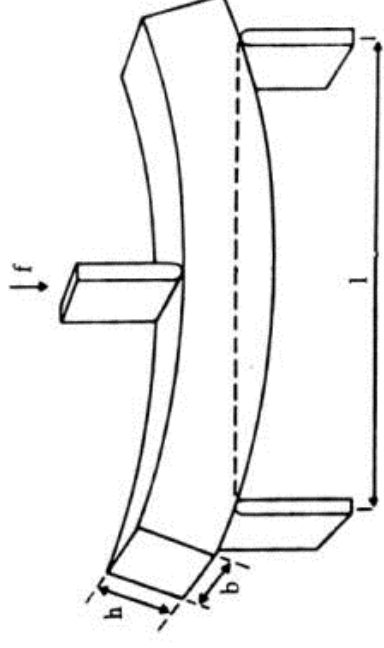


# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### Resistência a Flexão e deformação na ruptura

Ensaio usado para determinar os valores de resistência a flexão, deformação na ruptura e módulo de flexão do material. O ensaio consiste em flexionar o corpo de prova padronizado. Apoiado em dois cutelos, aplica-se uma pressão, promovendo o rompimento do corpo de prova. No momento da ruptura, através de uma célula de carga instrumentada, determina-se a força exigida para esta ruptura, a deformação do corpo de prova no momento da ruptura. Através da relação entre a resistência do material a flexão e a sua deformação na ruptura, determina-se o Módulo de Flexão. Com estes valores, o projetista do produto pode calcular as espessuras e possíveis reforços no projeto.





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## Ensaio de Rigidez Dielétrica

Este ensaio é de extrema importância para projetos onde a principal característica exigida é a rigidez dielétrica. Uma placa com espessura conhecida é colocada entre dois polos elétricos, com o formato de duas esferas metálicas, e gradativamente a diferença de tensão entre elas é gradualmente elevada. O valor de Rigidez Dielétrica é determinado na tensão em que se forma um arco entre os dois polos.





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

**M i n i c u r s o s - 2 0 1 3**

### **Ensaio de envelhecimento acelerado**

- Envelhecimento a seco
- Envelhecimento a úmido
- Envelhecimento a ultravioleta



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### **Envelhecimento a seco**

Ensaio realizado visando verificar o comportamento de um polímero / elastômeros, com o envelhecimento em ambiente normalmente seco.

O processo é acelerado com exposição da amostra em estufa de ar circulante, com temperatura que não cause deformação, geralmente na faixa de 60 a 70°C.

O tempo de exposição varia em função de ensaios experimentais e normas vigentes, levando-se em conta que as amostras não se desintegram a ponto de tornar impossível a determinação da variação das propriedades mecânicas.

As principais características geralmente verificadas são a variação de cor, perda de brilho, formação de fissuras superficiais, formação de pegajosidade, exsudação, deformação ou outra alteração.



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### **Envelhecimento a úmido**

Ensaio realizado visando verificar o comportamento de um polímero / elastômeros, com o envelhecimento em ambiente saturado de umidade.

O processo é acelerado com exposição da amostra em câmara de umidade, com umidade relativa podendo chegar a 95 - 100% com temperatura que não cause deformação, e que geralmente está na faixa de 35 a 70°C.

O tempo de exposição varia em função de ensaios experimentais e normas vigentes, levando-se em conta que as amostras não se desintegram a ponto de tornar impossível a determinação da variação das propriedades mecânicas.

As principais características geralmente verificadas são a variação de cor, perda de brilho, formação de fissuras superficiais, formação de pegajosidade, exsudação, deformação ou outra alteração, além de variação na resistência a tração e alongamento na ruptura, resistência a flexão, resistência ao impacto, dureza e teor de umidade. O ensaio pode ser realizado também com as amostras imersas em água ou outro líquido especial, na temperatura ambiente ou outra temperatura próxima a ebulição.



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### Câmara Úmida





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

### Envelhecimento a Ultravioleta - UV

Estes ensaios consistem em colocar amostras do material expostas a luz ultravioleta durante um determinado tempo, a seco e calor, e sob calor e umidade.

A incidência sobre os polímeros e elastômeros provoca superficialmente a degradação do material, com a quebra das cadeias poliméricas e consequentemente a redução da resistência mecânica e alteração da aparência – descoloração e perda de brilho. Outras alterações podem ocorrer como exsudação, fissuramento e formação de pegajosidade.

As principais fontes de luz ultravioleta (UV) são:

- Sol
- Arco de carbono
- Luz de Xenônio



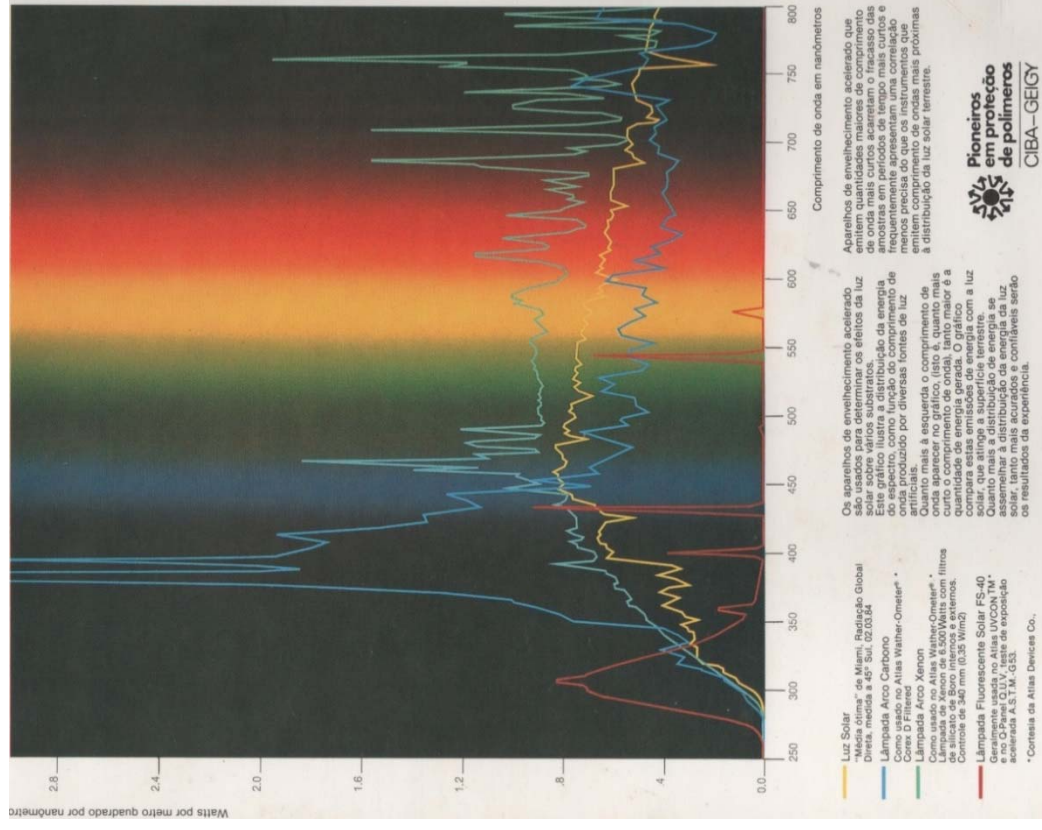


# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## Espectro de luz solar e fontes de luz artificial





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

**Xenotest**





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## Ensaio de Inflamabilidade

Este ensaio tem por objetivo determinar a velocidade de queima de polímeros e elastômeros através de padrões constantes. Várias normas internacionais, cada uma voltada a sua área, normalizam este ensaio, com chama direta sobre a amostra ou com irradiação de calor.



**Inflamabilidade Vertical**



**Inflamabilidade Horizontal**

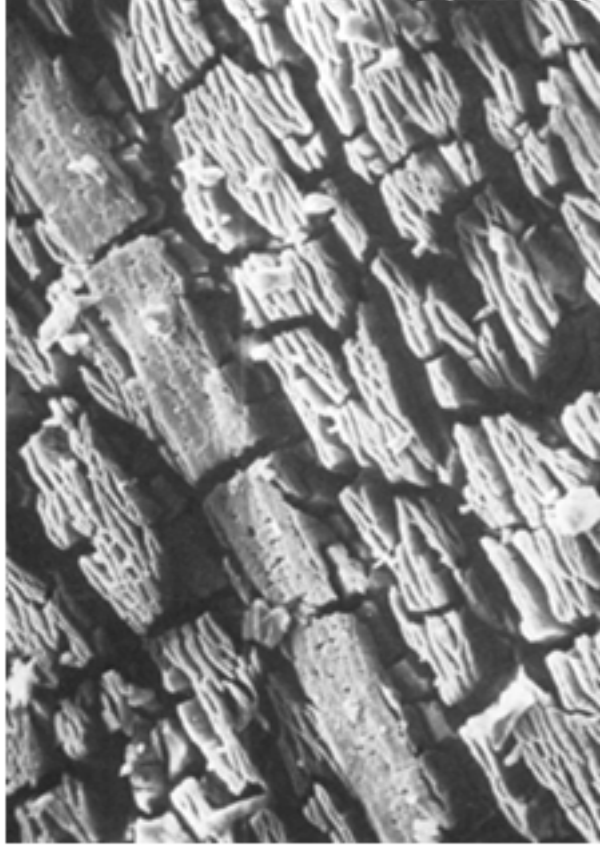


# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### Exemplos de ataque de Luz UV em polímeros



**POM - 1000h em UV / 200X**

**PA6 GF 50 / 200x**





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### **Resistência ao Ozônio**

Este ensaio tem como objetivo verificar o comportamento dos elastômeros após alguns anos, sob condições normais ou condições severas.

A amostra é exposta em câmara com ozônio, gerado em célula a parte, em concentração que gira em torno de 50 pphm – Parts Per Hundred Million e em temperatura que varia de 35 a 70°C. O corpo de prova pode estar distendido ou em estado normal.





# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

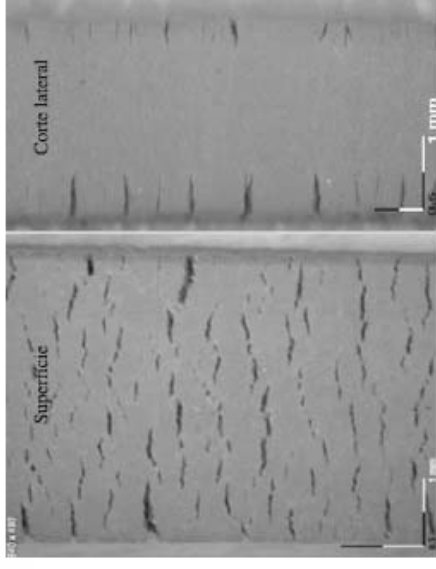
## Características e ensaios de laboratório

M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

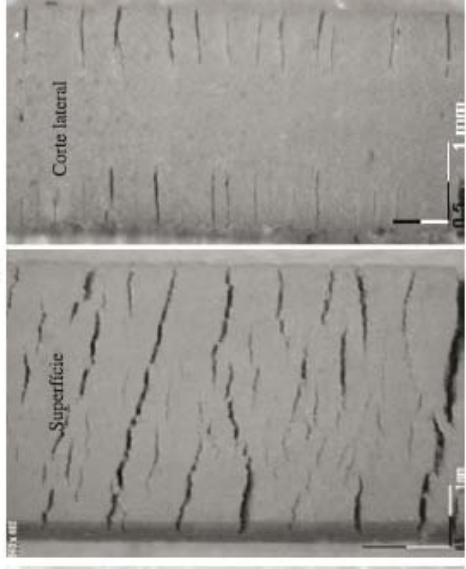
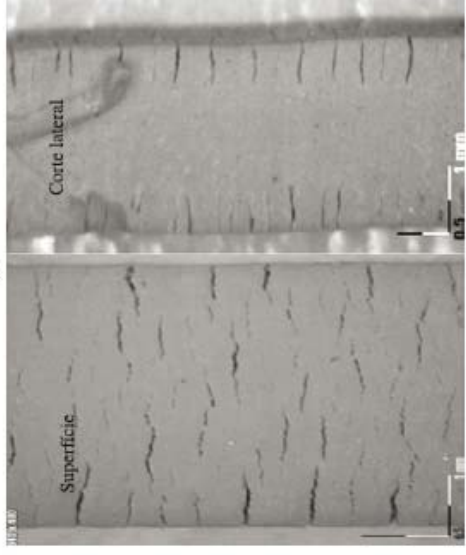
### Resistência ao Ozônio



(a)



(b)





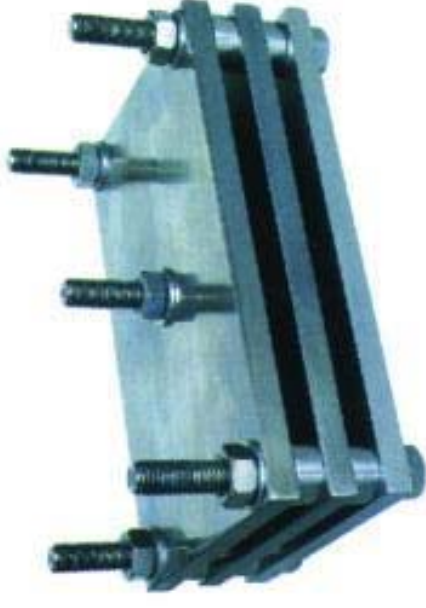
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### **Ensaio de deformação a tração e compressão**

Estes ensaios determinam a histerese de uma peça de elastômeros quando submetida a tração ou a compressão, quando da sua aplicação. Num sistema de vedação, por exemplo, quanto mais baixos forem estes valores, melhor será o seu comportamento. Acelera-se o processo de envelhecimento, com a exposição das amostras a temperaturas que vão de 40 a 100°C





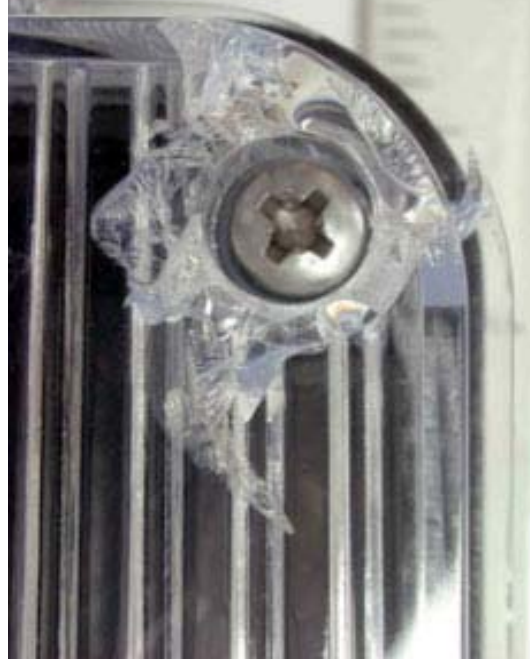
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

#### Ensaio de Stress Cracking

Este ensaio visa verificar a presença de tensões internas resultantes do processo de moldagem ou do esforço a que estão submetidas. Os corpos de prova são montados sob tensão e submetidos a produtos químicos e temperatura que aceleram o processo de sua ruptura.







# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## Microscopia Ótica

Usada normalmente para se avaliar a superfície do material antes ou após o ensaio, ou mesmo para a análise de uma falha ou fratura. Os microscópios de melhor observação são os estereoscópicos.





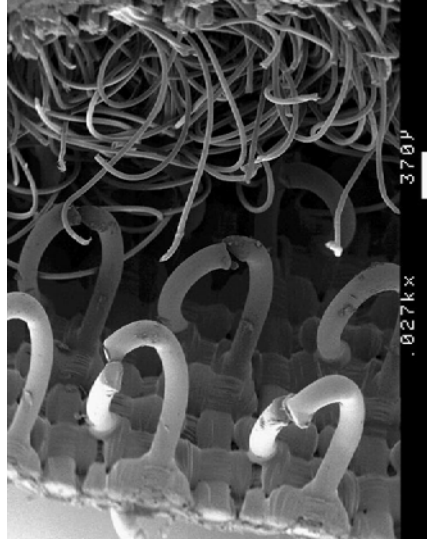
# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## Microscopia Eletrônica de Varredura

Equipamento até usado na pesquisa de metais, sendo usado para análises de fratura e defeitos em peças de polímeros. Para este tipo de análise, faz-se necessário o tratamento prévio da amostra com um flash de ouro para evitar a evaporação do polímero.

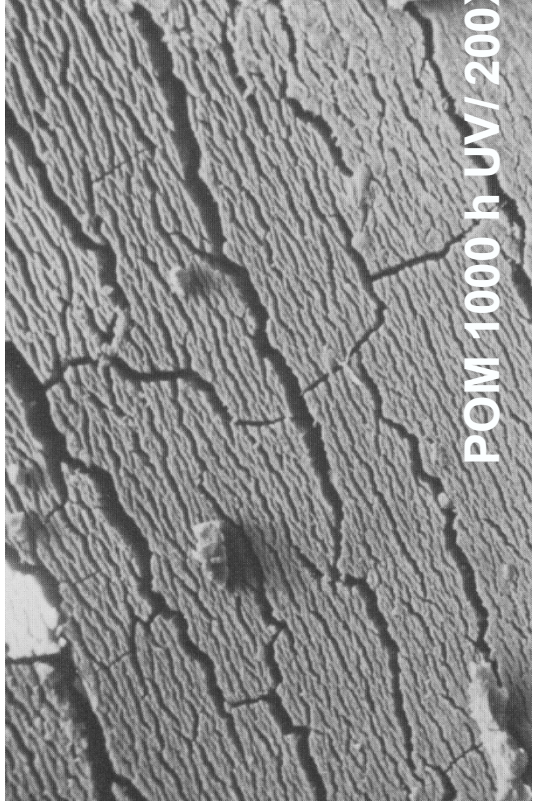
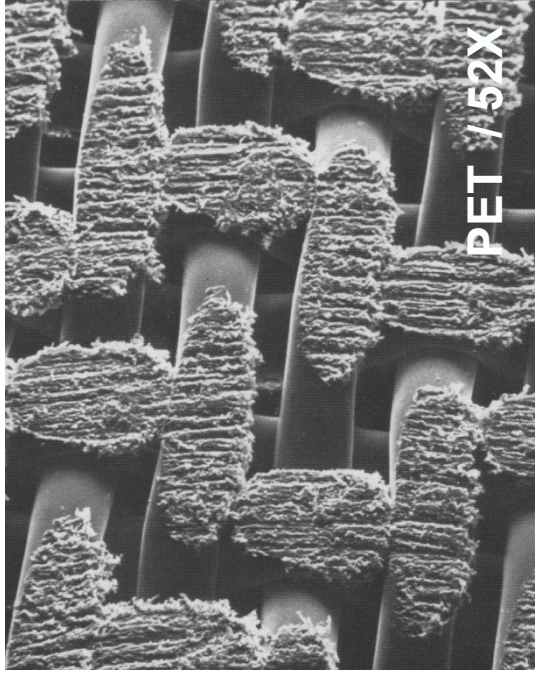
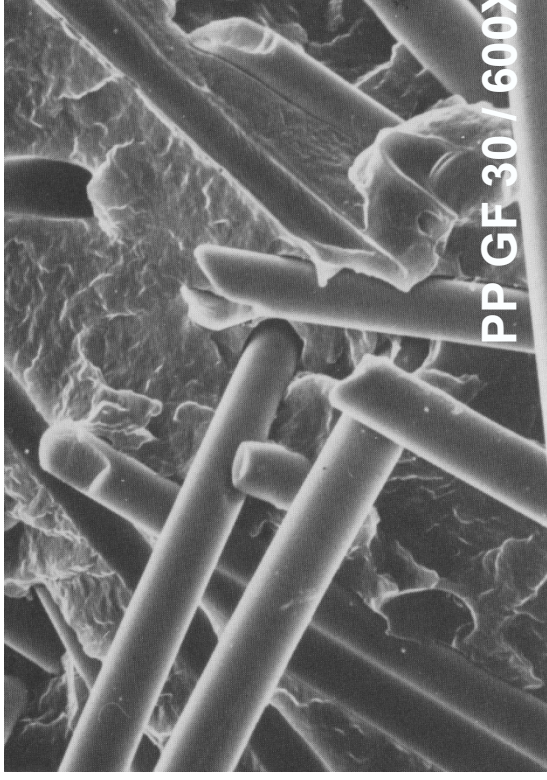
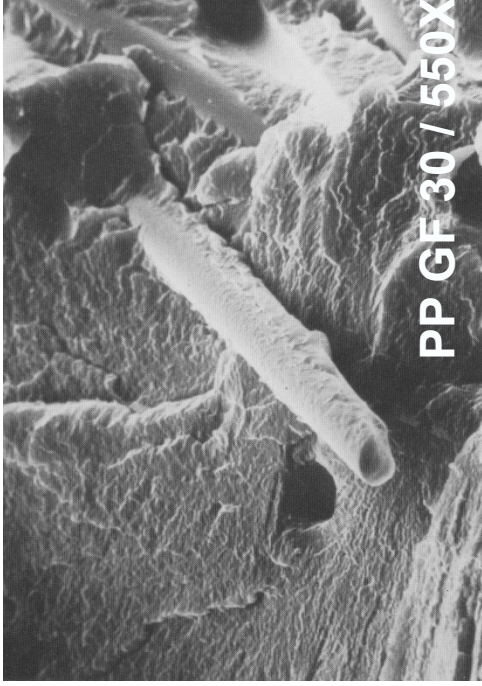




# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros Características e ensaios de laboratório

### Imagens obtidas em MEV





# M i n i c u r s o s - 2 0 1 3

## Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros Características e ensaios de laboratório

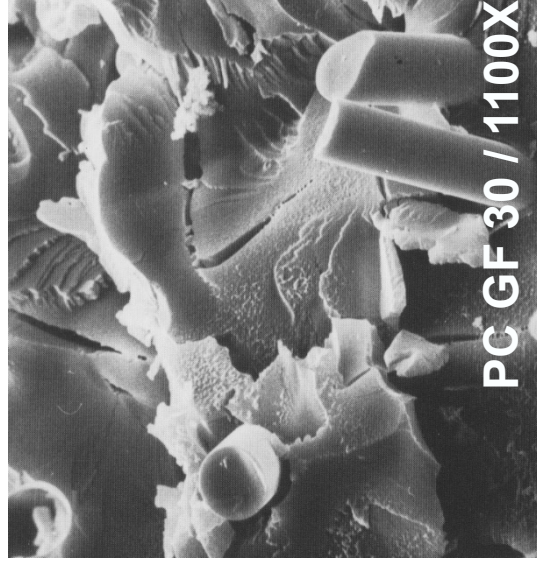
### Imagens obtidas em MEV



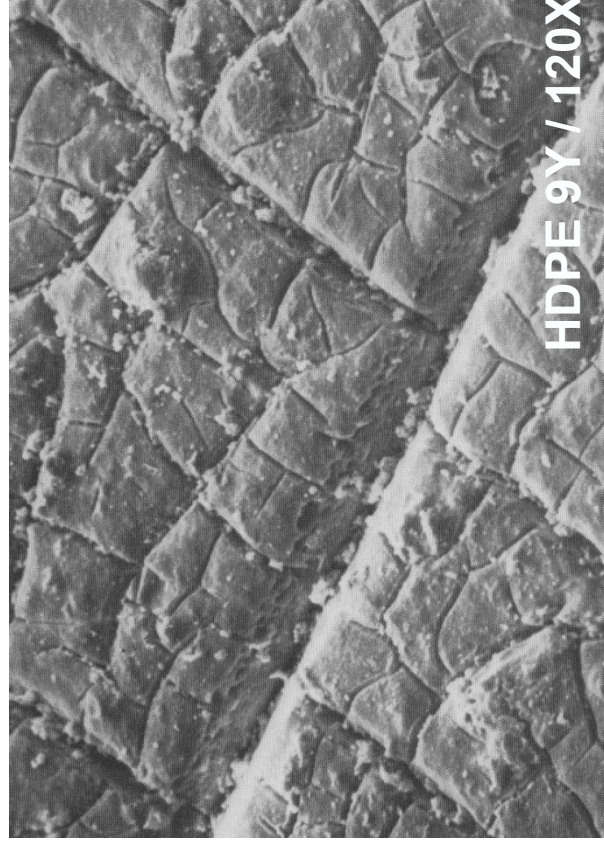
UP GF 27 / 65X



UP GF 27 / 65X



PC GF 30 / 1100X



HDPE 9Y / 120X



# Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros

## Características e ensaios de laboratório

### BIBLIOGRAFIA

*“Tecnologia dos Polímeros”*

D.C. Milles / J.H.Briston

*“Kunststoffe”*

KarlheinzBiederbick

*“Kunststoffe und Elastomere in Kraftfahrzeugen”*

Günter Walter

*“Curso de Tecnologia da Borracha”*

Enyo Caetano Grison - Eugenio Hoinacki - José Antonio Barcellos de Mello.

*“Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen von Kunststoffschäden”*

L. Engel – H. Klingele – G. Ehrenstein – H. Schaper



## Atividade Dinâmica - Ensaio de Laboratório

O projeto de um tanque vertical de 50 mil litros para armazenamento de água residual de processo para posterior tratamento e descarte, especifica como material de construção **resina poliéster tipo isoftálica, reforçado com  $30\pm 3\%$  de fibra de vidro**, e o processo a ser utilizado é o de **Filament Widing**.

Durante um fim de semana o tanque sofreu um colapso na base, com ruptura total.

Pergunta:

Como verificar em laboratório se o material do tanque sinistrado é o especificado no projeto aprovado?

Em caso positivo, qual a possível causa do sinistro?

