

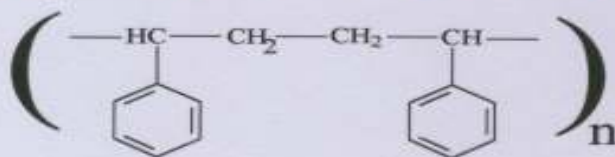


O homem sintético.  
 Superinteressante, v.9, n.1,

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>1- Drano cerebral</li> <li>2- Placa de titânio</li> <li>3- Canal do nariz de silicone</li> <li>4- Aparelho de surdez</li> <li>5- Dentes de cerâmica</li> <li>6- Orelha de silicone</li> <li>7- Olho de vidro</li> <li>8- Maxilar inferior de titânio</li> <li>9- Laringe com válvula para fala</li> <li>10- Marcapasso</li> <li>11- Ventrículo artificial</li> <li>12- Seio de silicone</li> <li>13- Mamilo de silicone</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>14- Articulação do ombro de titânio ou aço inoxidável e plástico</li> <li>15- Cotovelo</li> <li>16- Articulações dos dedos</li> <li>17- Mão e braço eletrônicos</li> <li>18- Disco intervertebral de titânio e plástico</li> <li>19- Pele artificial</li> <li>20- Vasos sanguíneos de sacro ou PTFE</li> <li>21- Bacia artificial</li> <li>22- Fêmur de titânio</li> <li>23- Ligamento do joelho de carbono e poliéster</li> <li>24- Articulações do pé de titânio ou outro material metálico</li> <li>25- Pena mecânica de fibra de carbono</li> <li>26- Testículo de silicone</li> <li>27- Pênis hidráulico</li> </ul> |
|---|---|

## MODELO DE MATÉRIA

- Modelos são desenvolvidos para nos ajudar a “visualizar” uma realidade inacessível pelos nossos sentidos.
1. **ÁTOMO:** menor unidade de um elemento que possui todas as propriedades do elemento.
    - Exemplos: H (hidrogênio); O (oxigênio); Ag (prata), etc...
  2. **MOLÉCULA:** menor unidade de uma substância pura que possui todas as propriedades da substância.
    - Exemplos: H<sub>2</sub> (hidrogênio); O<sub>2</sub> (oxigênio); H<sub>2</sub>O (água); H<sub>3</sub>CCH<sub>2</sub>OH (etanol); etc...
  3. **MACROMOLÉCULA:** moléculas constituídas por um número muito elevado (muitas centenas) de átomos formando cadeias.
    - proteínas (como a caseína do leite; a seda natural; cabelo; unha; etc...); lignina, “cimento” constituinte da madeira; celulose (algodão) e borracha natural (de seringueira) são exemplos de macromoléculas naturais.
    - Náilon (tecidos); poliestireno (réguas e canetas) e PET (garrafas de refrigerantes) são exemplos de macromoléculas sintéticas.
  4. **POLÍMERO:** macromolécula que é constituída por muitas unidades elementares segundo um padrão repetitivo.



## 2. CLASSIFICAÇÃO

### ❖ COMPORTAMENTO MECÂNICO

- ❖ ELASTÔMERO: exibe elasticidade à temperatura ambiente (borrachas).
- ❖ PLÁSTICO: adequado à moldagem.
- ❖ FIBRA: possui elevada razão comprimento/espessura.
- ❖ RESINA: polímero (ou mistura de) amorfo insolúvel em água mas, geralmente, solúvel em solventes orgânicos e que é um sólido (ou líquido muito viscoso) à temperatura ambiente e que pode ser termicamente processado.

## 3. CARACTERÍSTICAS/PROPRIEDADES

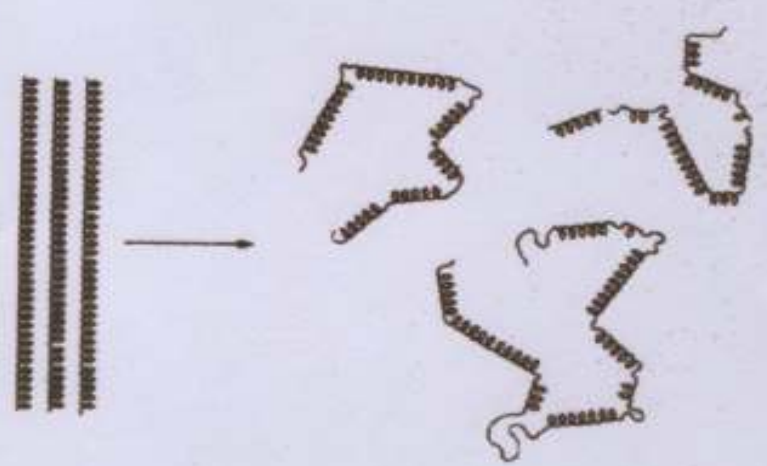
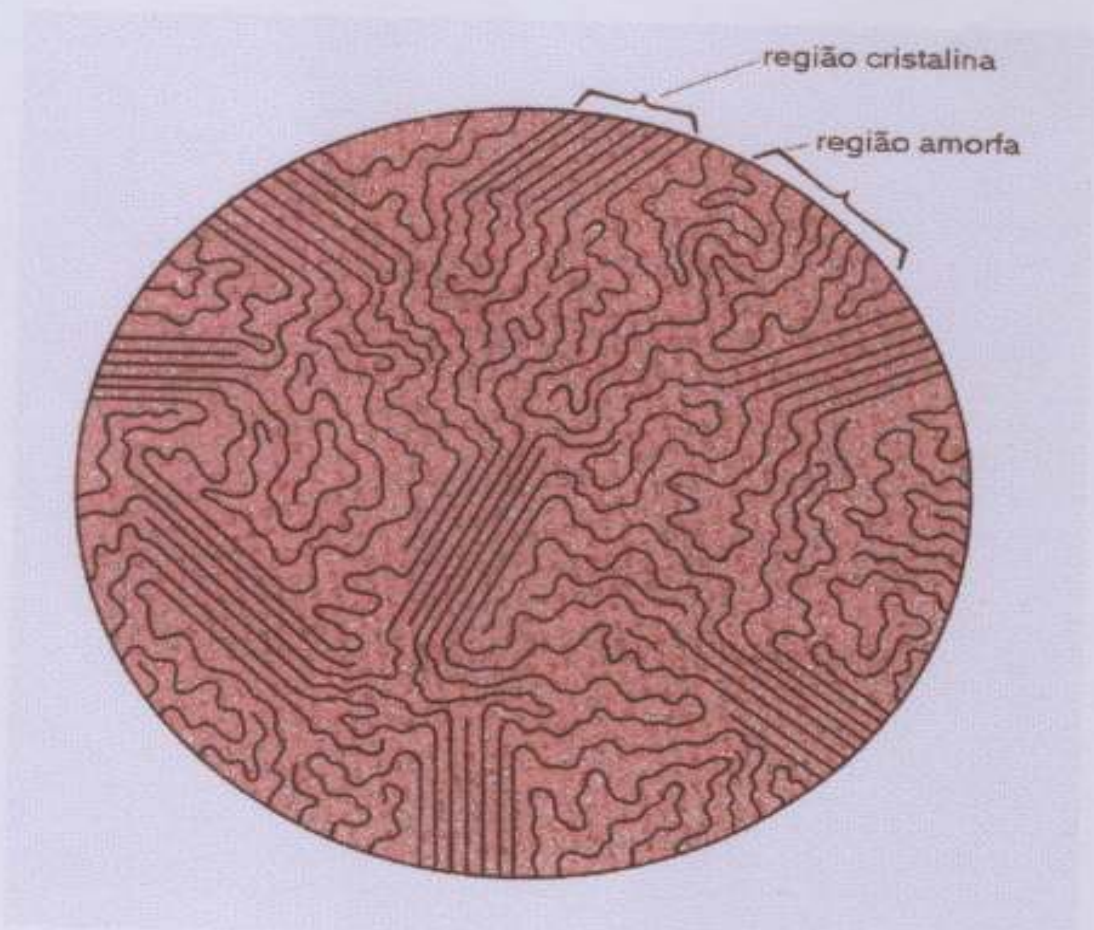
- ❖ NATUREZA QUÍMICA; MASSA MOLECULAR E SUA DISTRIBUIÇÃO; ESTRUTURA

## I. FUNDAMENTOS E DEFINIÇÕES

- ❖ **MACROMOLÉCULAS:** cadeias moleculares formadas por grande número de átomos com características peculiares (viscosidade; filmogenia...).
- ❖ **EXEMPLOS:** POLISSACARÍDEOS (amido, algodão, *madeira...*);  
PROTEÍNAS (lã, couro, cabelo, seda natural...)  
POLI-HIDROCARBONETOS (borracha natural)  
SINTÉTICOS ORGÂNICOS (poliestireno, nylon)  
NATURAIS INORGÂNICOS (diamante, sílica)  
SINTÉTICOS INORGÂNICOS (poli (ácido fosfórico))
- ❖ **POLÍMEROS:** macromoléculas sintéticas e naturais em cujas estruturas primárias são reconhecidos padrões de repetição, unidades denominadas **MEROS** (OLIGÔMEROS; ALTOS POLÍMEROS)
- ❖ **PUREZA/POLIMOLECULARIDADE:** os polimeros não são substâncias homogêneas pois contêm moléculas de mesma composição elementar mas “tamanhos” diferentes.
- ❖ **MONÔMEROS:** reagentes bifuncionais que se encadeiam através de REAÇÕES DE POLIMERIZAÇÃO para gerar POLÍMEROS. (VIVOS)







## 1. FUNDAMENTOS E DEFINIÇÕES

❖ GRAU DE POLIMERIZAÇÃO (DP ou n): é o número médio de meros constituintes das cadeias poliméricas.

❖ CLASSIFICAÇÕES

❖ HOMOPOLÍMEROS:  $\sim A-A-A-A-A-A \sim$

❖ COPOLÍMEROS

❖ ALTERNADO:  $\sim A-B-A-B-A-B-A-B \sim$

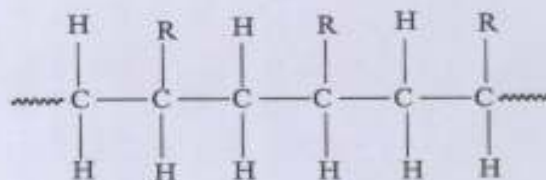
❖ EM BLOCO:  $\sim (A-A-A-A)_n \sim (B-B-B-B)_m \sim$

❖ ESTATÍSTICO:  $\sim A-A-B-A-B-B-A-B-A-A-A \sim$

❖ ENXERTADO OU GRAFTIZADO

❖ FORMAS ISOMÉRICAS DAS CADEIAS

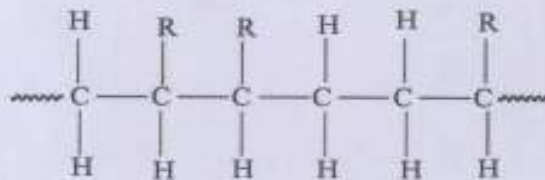
❖ CABEÇA-CAUDA



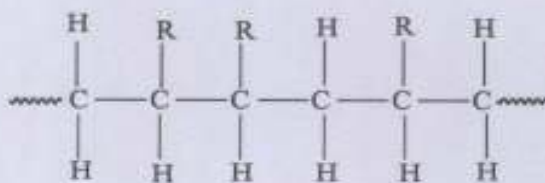
# 1. FUNDAMENTOS E DEFINIÇÕES

## ❖ FORMAS ISOMÉRICAS DAS CADEIAS

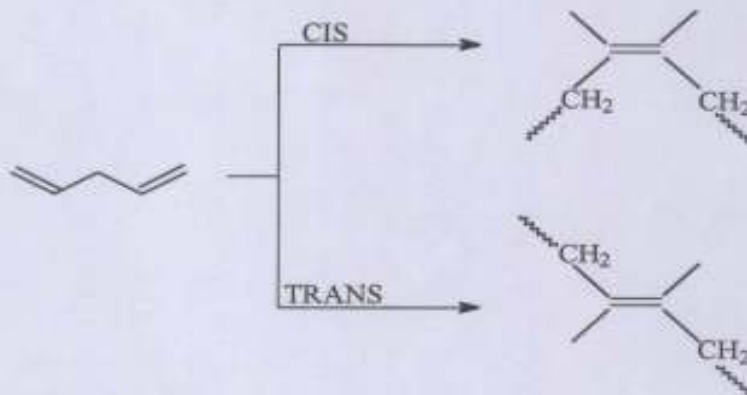
### ❖ CABEÇA-CABEÇA (CAUDA-CAUDA)



### ❖ MISTO



### ❖ FORMAS CIS-TRANS

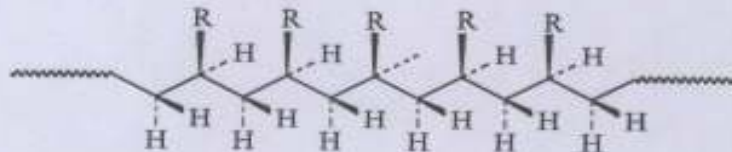




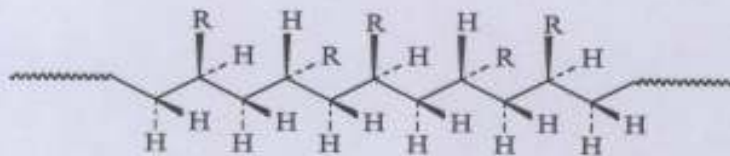
# I. FUNDAMENTOS E DEFINIÇÕES

## ❖ ESTEREOQUÍMICA DAS CADEIAS

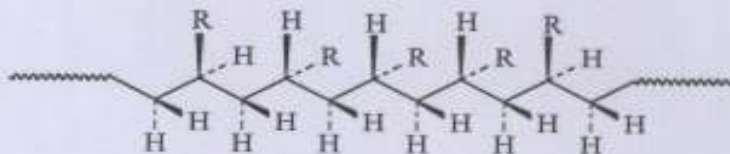
### ❖ ISOTÁTICO



### ❖ SINDIOTÁTICO



### ❖ ATÁTICO



### ❖ TIPOS DE CADEIAS

#### ❖ LINEARES

#### ❖ RAMIFICADAS

#### ❖ RETICULADAS (ENTRECRUZADAS)

## 1. NOMENCLATURA DE POLÍMEROS

### ❖ FONTE/MONÔMERO OU PROCESSO

- ❖ polietileno; poliestireno; poli(ácido acrílico); poli(álcool vinílico); policaprolactama;....

### ❖ EMPÍRICA

- ❖ Náilon-66 (número se refere ao número de átomos de carbono do aminoácido monomérico); ABS (terpolímero de estireno, butadieno e acrilonitrila); EVA (copolímero de estireno e acetato de vinila); PVC (poli(cloreto de vinila);...

### ❖ COPOLÍMEROS

- ❖ ESTATÍSTICO: poli(estireno-*co*-metacrilato de metila);
- ❖ ALTERNADO: poli(estireno-*alt*- metacrilato de metila);
- ❖ BLOCO: poli(estireno-*b*-metacrilato de metila);
- ❖ ENXERTADO: poli(etileno-*g*-acrilonitrila)

## 2. CLASSIFICAÇÃO

❖ **ESTRUTURA QUÍMICA:** poliamidas (náilon), poliésteres (de ácido tereftálico: Dacron, Mylar); poliuretanas (espumas);...

### ❖ MÉTODO DE PREPARAÇÃO

❖ **POLÍMEROS DE ADIÇÃO** (monômeros vinílicos): PVC; poli(ácido acrílico);...

❖ **POLÍMEROS DE CONDENSAÇÃO** (elimina pequenas moléculas, como  $H_2O$ ,  $HCl$ ,...): poliamidas; poliésteres,...

### ❖ PROCESSAMENTO TÉRMICO

❖ **TERMOPLÁSTICOS:** polímeros lineares ou ramificados que se fundem por aquecimento e solidificam ao serem resfriados.

❖ **TERMORRÍGIDOS:** polímeros reticulados que são insolúveis e que não podem ser termicamente processados.

## CONTEXTO HISTÓRICO-ECONÔMICO

### ➤ 15000 – 10000 ANOS

- MATERIAIS COMPÓSITOS  
MACROMOLECULARES NATURAIS (*BIO-BASED  
COMPOSITES*)

### ➤ IDADE DA PEDRA

### ➤ IDADE DO FERRO

### ➤ IDADE DO BRONZE....

### ➤ ERA DOS POLÍMEROS

### ❖ SÉCULO XIX: macromoléculas naturais (borracha natural, proteínas, celulose, amido)

#### ○ 1832

- BERZELIUS: buteno seria o estado polimérico do etileno, i.e., seria constituído por muitas unidades etilênicas

#### ○ 1844

- GOODYEAR / HANCOCK: vulcanização da borracha

#### ○ 1870

- HYATT: nitrato de celulose

## CONTEXTO HISTÓRICO-ECONÔMICO

### ➤ ERA DOS POLÍMEROS

#### ❖ SÉCULO XX: POLÍMEROS SINTÉTICOS INDUSTRIAIS

##### ○ 1907

- BAEKELAND: resina fenol-formaldeído  
(BAQUELITE: polímero termofixo)

##### ○ (1920) STAUDINGER (NOBEL/1953)

- CONCEITUAÇÃO DE MACROMOLÉCULA

##### ○ (1920-1960): CIÊNCIA DOS POLÍMEROS

- (1928) CAROTHERS; (1934) FLORY; (1937) ZIEGLER; (1947) BAYER; (1954) NATTA; PAULING; CRICK & WATSON

##### ○ I GUERRA MUNDIAL

- INDÚSTRIAS DO PAPEL, DE FIBRAS TÊXTEIS, DE FILMES E RECOBRIMENTOS
- POLÍMEROS DE CELULOSE
  - TERMOPLÁSTICOS: NITROCELULOSE; ACETATO DE CELULOSE
  - FIBRAS E FILMES: VISCOSE ; CELOFANE
- RESINAS TERMOFIXAS: FENOL-; URÉIA-; MELAMINA-FORMALDEÍDO

##### ○ II GUERRA MUNDIAL

- FIBRAS COMERCIAIS: POLIAMIDAS; POLIÉSTERES; ACRÍLICAS;
- FILMES/PLÁSTICOS: POLIETILENO; FLUORADOS; SILICONES; POLIEPÓXIDOS; POLICARBONATOS; POLIURETANAS

##### ○ 1960 - 1999

- BAIXO CUSTO + DESEMPENHO
- > 10000 DIFERENTES MATERIAIS POLIMÉRICOS
- CRESCIMENTO ANUAL > 10%



### Início de Comercialização de Alguns Polímeros Sintéticos\*

Ano	Sigla	Polímero	Fabricante
1927	PVC	Poli(cloreto de vinila)	B. P. Goodrich
1930	PS	Poliestireno	I.G.Farben/Dow
1936	PMMA	Poli(metacrilato de metila)	Rohm and Haas
1936	PA 6,6	Nylon 6,6	DuPont
1939	LDPE	Poli(etileno de Baixa Densidade)	ICI
1946	PTFE	Poli(tetra fluor etileno)/TEFLON	DuPont
1948	ABS	Copolímero acrilonitrila-butadieno-estireno	Rohm and Haas/ I.G.Farben
1954	PU	Poliuretanos	Bayer/DuPont
1954	HDPE	Poli(etileno de Alta Densidade)	Hoechst
1954	PET	Poli(tereftalato de etileno)	ICI
1956	PA 6	Poli(amida ou Nylon 6)	Allied
1957	PP	Polipropileno	Phillips Petrol.
1958	PC	Policarbonato	GE/Bayer
1958	POM	Poli(acetal ou Acetal)	DuPont
1959	LLDPE	Poli(etileno Linear de Baixa Dens.)	DuPont-Canada
1960	ARAMID	Poli(amida aromática)	DuPont
1963	PI	Poliimidas	DuPont
1965	PPO	Poli(eter fenileno) ou Noryl	GE
1965	SBS	Borracha Termoplástica	Shell
1969	PBT	Poli(tereftalato de butileno)	Celanese
1972	PPS	Poli(sulfeto de fenileno)	Phillips Petrol.
1972	LCP	Cristal Líquido Polimérico	Carborundum
1978	PES	Poli(éter sulfona)	ICI
1978	PEEK	Poli(éter éter sulfona)	ICI
1982	PEI	Poli(éter imida)	GE
1987	PA 4,6	Poli(amida ou Nylon 4,6)	DSM

\* Dados obtidos através da referência : UTRACKI, L.A. - " History of commercial polymer alloys and blends". Polym. Eng. Sci. , vol. 35, pag. 2, 1995

Hage Jr, E.; Polímeros: Ciência e Tecnologia 2, 9 (1998)

### Início de Comercialização de Alguns Polímeros Sintéticos\*

Ano	Sigla	Polímero	Fabricante
1927	PVC	Poli(cloreto de vinila)	B. P. Goodrich
1930	PS	Poliestireno	I.G.Farben/Dow
1936	PMMA	Poli(metacrilato de metila)	Rohm and Haas
1936	PA 6,6	Nylon 6,6	DuPont
1939	LDPE	Poli(etileno de Baixa Densidade)	ICI
1946	PTFE	Poli(tetra fluor etileno)/TEFLON	DuPont
1948	ABS	Copolímero acrilonitrila-butadieno-estireno	Rohm and Haas/ I.G.Farben
1954	PU	Poliuretanos	Bayer/DuPont
1954	HDPE	Poli(etileno de Alta Densidade)	Hoechst
1954	PET	Poli(tereftalato de etileno)	ICI
1956	PA 6	Poli(amida ou Nylon 6)	Allied
1957	PP	Polipropileno	Phillips Petrol.
1958	PC	Policarbonato	GE/Bayer
1958	POM	Poli(acetal ou Acetal)	DuPont
1959	LLDPE	Poli(etileno Linear de Baixa Dens.)	DuPont-Canada
1960	ARAMID	Poli(amida aromática)	DuPont
1963	PI	Poliimidas	DuPont
1965	PPO	Poli(éter fenileno) ou Noryl	GE
1965	SBS	Borracha Termoplástica	Shell
1969	PBT	Poli(tereftalato de butileno)	Celanese
1972	PPS	Poli(sulfeto de fenileno)	Phillips Petrol.
1972	LCP	Cristal Líquido Polimérico	Carborundum
1978	PES	Poli(éter sulfona)	ICI
1978	PEEK	Poli(éter éter sulfona)	ICI
1982	PEI	Poli(éter imida)	GE
1987	PA 4,6	Poli(amida ou Nylon 4,6)	DSM

\* Dados obtidos através da referência : UTRACKI, L.A. - " History of commercial polymer alloys and blends". Polym. Eng. Sci. , vol. 35, pag. 2, 1995

Hage Jr, E.; Polímeros: Ciência e Tecnologia 2, 9 (1998)



## MATERIAIS POLIMÉRICOS

❖ POLÍMEROS E PRÉ-POLÍMEROS SÃO MATÉRIAS-PRIMAS PARA A PRODUÇÃO DESSES MATERIAIS

- ARTIGOS TERMOPLÁSTICOS: MANUFATURADOS EM GRANDES QUANTIDADES (PVC; LDPE; HDPE; OS)
- MATERIAIS DE ENGENHARIA: TERMOPLÁSTICOS COM PROPRIEDADES MECÂNICAS SUPERIORES (PET; PC; POM; PA; PMMA; SAN; ABS)
- ALTO DESEMPENHO: PROPRIEDADES MECÂNICAS MUITO SUPERIORES (POLISULFONAS; POLIIMIDAS)
- FLUORADOS: PROPRIEDADES DE SUPERFÍCIE (TEFLON; PVDF)
- TERMORRÍGIDOS (TERMOFIXOS): DE ENGENHARIA OU DE ALTO DESEMPENHO (RESINAS FENÓLICAS; EPÓXIDOS; POLIURETANAS)

❖ INDÚSTRIAS: AUTOMOBILÍSTICA; AEROESPACIAL; DE CONSTRUÇÃO; ELTRO-ELETRÔNICA, ETC

# ESTADO DA ARTE DOS MATERIAIS

## POLIMÉRICOS: APLICAÇÕES

ADITIVOS	MEMBRANAS/FILMES
ADESIVOS	MICELAS
BIOMATERIAIS	MICROESFERAS
BIOSENSORES	NANOCOMPÓSITOS
CATALIZADORES	ÓTICA
BLENDAS	FOTOSENSÍVEIS
COMPÓSITOS	FARMACÊUTICA
CONDUTORES	SURFACTANTES
COSMÉTICOS	HÍBRIDOS
CRISTAIS LÍQUIDOS	IONOMEROS
ELEETROREOLÓGICOS	TECIDOS
ENGENHARIA	TINTAS/VERNIZES
AUTOMÓVEIS	ODONTOLOGIA
BATERIAS	AEROESPACIAL
FLOCULANTES	ISOLANTES
GÉIS	MEDICINA



## PRINCIPAIS PLÁSTICOS DE ENGENHARIA E SEUS

### USOS

- o *Alper, J & Nelson, G. L: Polymeric Materials: Chemistry For The Future (ACS, 1989)*

POLÍMERO	APLICAÇÕES
TEFLON	Revestimento elétrico; fita vedante; recobrimento não-adesivo
POLICARBONATOS	Louças de microondas; vidros; componentes de aviões; garrafas
POLI (SULFETO DE FENILENO)	Secadores de cabelo; componentes automotivos
POLIÉSTERES TERMOPLÁSTICOS	Garrafas p/ bebidas; louças p/ microondas;
POLISULFONAS	Placas de circuitos; conectores
POLIIMIDAS	Placas de circuito impresso; peças de vestuário

## PRINCIPAIS FIBRAS SINTÉTICAS E SEUS USOS

- o *Alper, J & Nelson, G. L: Polymeric Materials: Chemistry For The Future (ACS, 1989)*

POLÍMERO	APLICAÇÕES
POLIÉSTERES	Cobertores; tapetes; roupas; linha de costura
NAILONS	Tapetes; tecidos; pára-quedas; lingerie;
POLIOLEFINAS	Filtros; geotecidos; capas de assentos de automóveis
POLIÉSTERES TERMOPLÁSTICOS	Garrafas p/ bebidas; louças p/ microondas;
ACRÍLICOS	Cobertores; tapetes; roupas; tapeçaria

- o Geotecidos são usados para fazer revestimentos de aterros sanitários
- o Aramida é usada em coletes à prova de balas, isolamento elétrico e materiais compósitos
- o Spandex é usada em vestes especiais para esportes



## PRINCIPAIS RESINAS TERMOFIXAS E SEUS USOS

- o *Alper, J & Nelson, G. L: Polymeric Materials: Chemistry For The Future (ACS,1989)*

POLÍMERO	APLICAÇÕES
FENÓLICOS	instalações e conectores elétricos; adesivos p/ laminados; componentes de freio e transmissão automotivos
URÉIAS	Recobrimentos quimicamente resistentes; espumas isolante e p/ embalagem
POLIÉSTERES INSATURADOS	Adesivos; mármore sintético; componentes automotivos; embalagem; tanques e dutos resistentes a corrosão; brinquedos; recobrimentos.
EPÓXIDOS	Adesivos; laminados elétricos; moldagem; pavimentos
MELAMINAS	Adesivos; recobrimentos; talhares; cinzeiros

### o PRINCIPAIS MERCADOS

- CONSTRUÇÃO CIVIL (67%)
- TRANSPORTE (9%)
- EQUIPAMENTOS ELETRO-ELETRÔNICOS (5%)

## PRINCIPAIS RESINAS TERMOPLÁSTICAS E SEUS

### USOS

o *Alper, J & Nelson, G. L: Polymeric Materials:*

*Chemistry For The Future (ACS, 1989)*

POLÍMERO	APLICAÇÕES
POLIETILENO BAIXA DENSIDADE	Revestimentos industriais; sacas; embalagem de alimentos; garrafas; sacos de lixo; fraldas descartáveis; brinquedos
POLIETILENO ALTA DENSIDADE	sacos de verduras; tanques de gasolina; garrafas de bebidas;
PVC	Dutos, tubos e conexões; tapumes vinílicos; isolamento; ladrilhos
POLIESTIRENO	Videocassetes; placas de espuma isolante; caixas de ovos; embalagem p/ fast-food
ABS (acrilonitrila-butadieno-estireno)	Revestimento de refrigeradores; telefones; utensílios domésticos; banheiras; artigos esportivos
NÁILONS	Câmaras, brinquedos; recobrimentos; sacos p/ cozinhar; suturas; caixas de descarga; linha de pesca

### o PRINCIPAIS MERCADOS

- EMBALAGEM (35%)
- CONSTRUÇÃO (16%)
- EQUIPAMENTOS ELETRO-ELETRÔNICOS (6%)
- MÓVEIS (5%)



