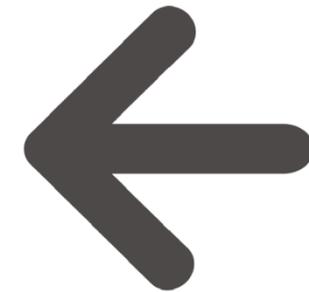


Aula 03

Materiais Poliméricos



ZEA 1038

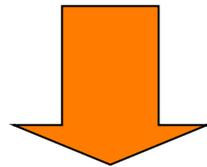
Ciência e Tecnologia dos Materiais

Prof. João Adriano Rossignolo
Profa. Eliria M.J.A. Pallone

Materiais poliméricos

Etimologia da palavra “polímero”

A palavra **polímero** origina-se do grego *poli* (muitos) e *mero* (unidade de repetição).

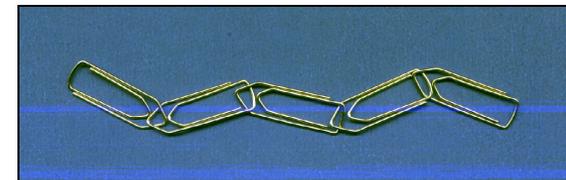
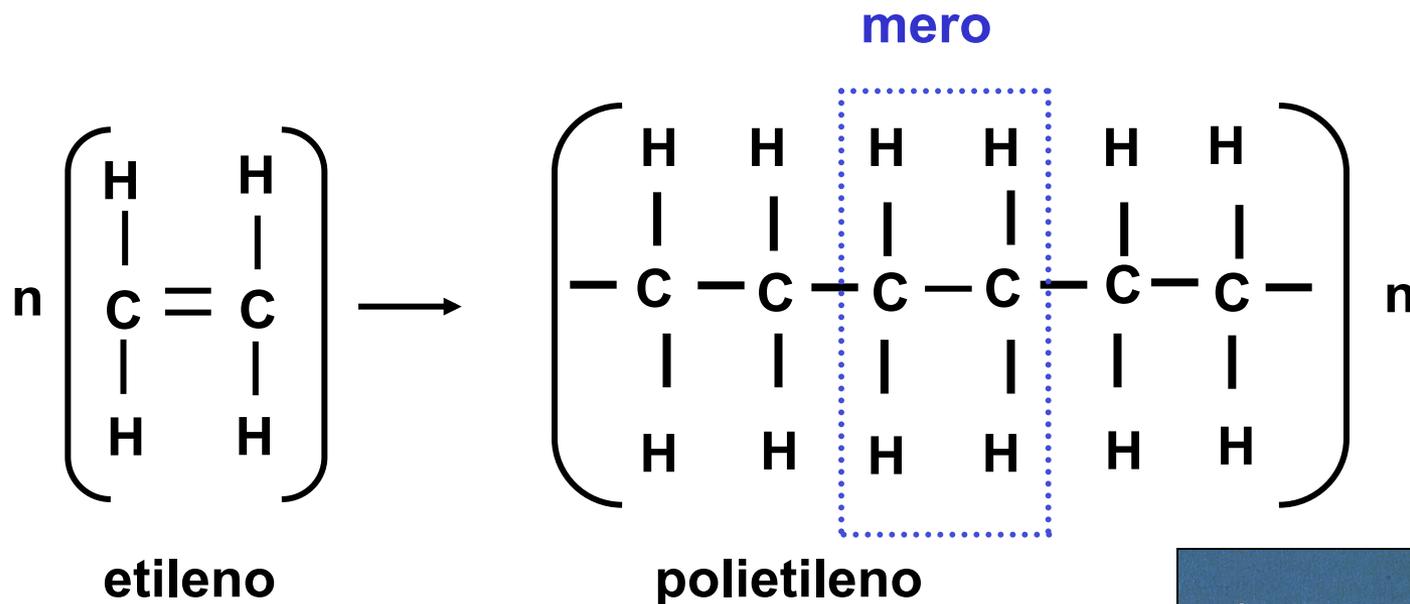


“muitas partes repetidas”

Materiais poliméricos

monômero → mono (um)

mero → (unidade de repetição).



Materiais poliméricos

Particularidades dos Polímeros ↑

- ∅ Facilidade de fabricação;
- ∅ Economia em peso;
- ∅ Resistência à corrosão;
- ∅ Isolação elétrica;
- ∅ Baixa permeabilidade a vapores;
- ∅ Transparência;
- ∅ Características de amortecimento

Materiais poliméricos

Particularidades dos Polímeros ↓

- ∅ Baixa resistência mecânica;
- ∅ Instabilidade dimensional;
- ∅ Termicamente instáveis;
- ∅ Sujeitos à deterioração;
- ∅ Odor;
- ∅ Dificuldade de reparação;

Materiais poliméricos

Propriedades variadas conforme o tipo de polímero



Poliestireno (isopor) e Nomex (poliamida)

Materiais poliméricos

História dos polímeros

1500 - Bolas de látex natural - civilização Maia

1839 - Vulcanização da borracha com enxofre, a 270 °C – C. Goodyear.

1907 - Sintetização do primeiro polímero (baquelite, isolante eléctrico) - Bakeland

1917 – Descoberta da estrutura da celulose por M. Polani por DRX

1920 – Teoria da polimerização por Staudinger (prémio Nobel da química)

1927 – Produção em larga escala de PVC (policloreto de vinilo)

1930 – Invenção de PS (poliestireno, utilizado em embalagens)

1938 – Invenção do nylon (W. Carothers DuPont)

1941 - Invenção do polietileno (embalagens, etc)

1970 – Desenvolvimento de polímeros moldados a temperatura mais elevada

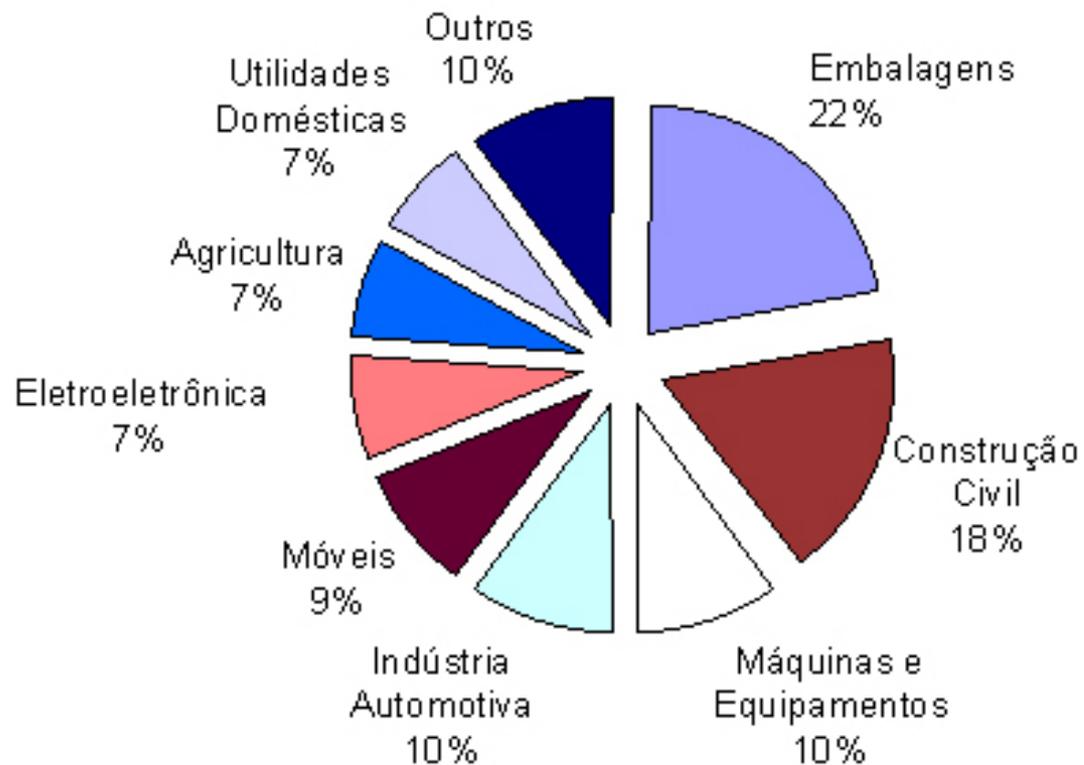
1971 – Descoberta dos cristais líquidos

1976 – Indústria dos plásticos supera a do aço

Hoje em dia utiliza-se mais plástico que aço, alumínio e cobre juntos.

Materiais poliméricos

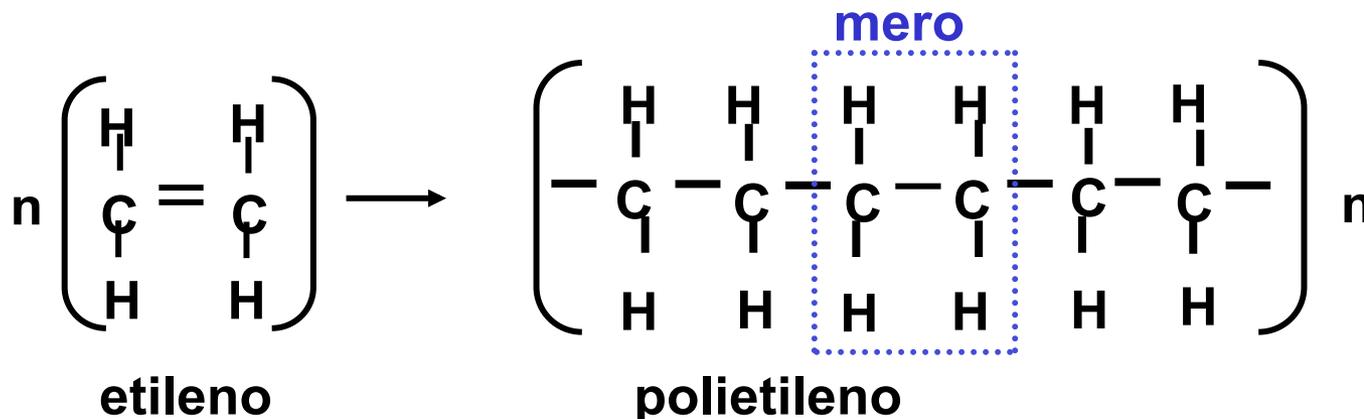
Mercado dos polímeros (2011)



Materiais poliméricos

Polímeros e polimerização

Polimerização – produtos simples (**monômeros**) reagem entre si, combinando suas moléculas, formando macromoléculas, caracterizadas pela repetição de uma unidade básica (**meros**)



Materiais poliméricos

Como é obtido o Monômero?

- **Petróleo e Gás Natural**
- **Hulha, carvão mineral ou carvão de pedra**
- **Produtos Naturais (madeira, gelatina, queratina,...)**

Materiais poliméricos

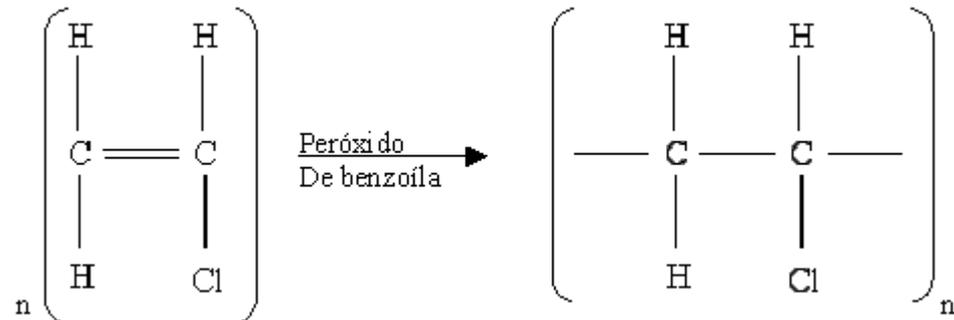
Polímeros e polimerização

As reações de polimerização podem ser de dois tipos:

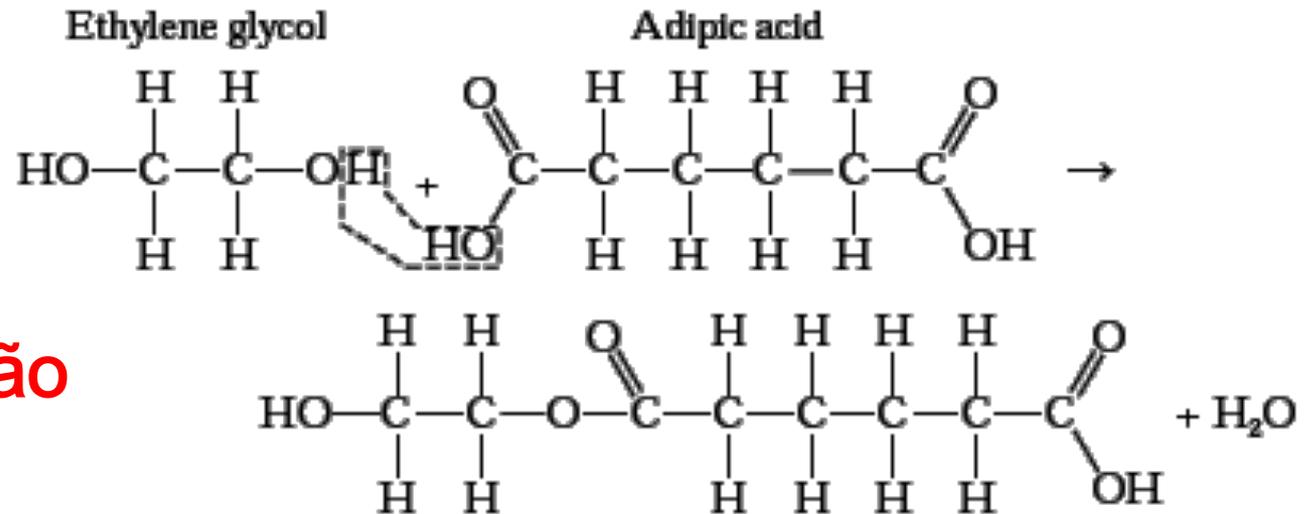
1. Aditivas
2. Condensadas

Materiais poliméricos

Reações aditivas



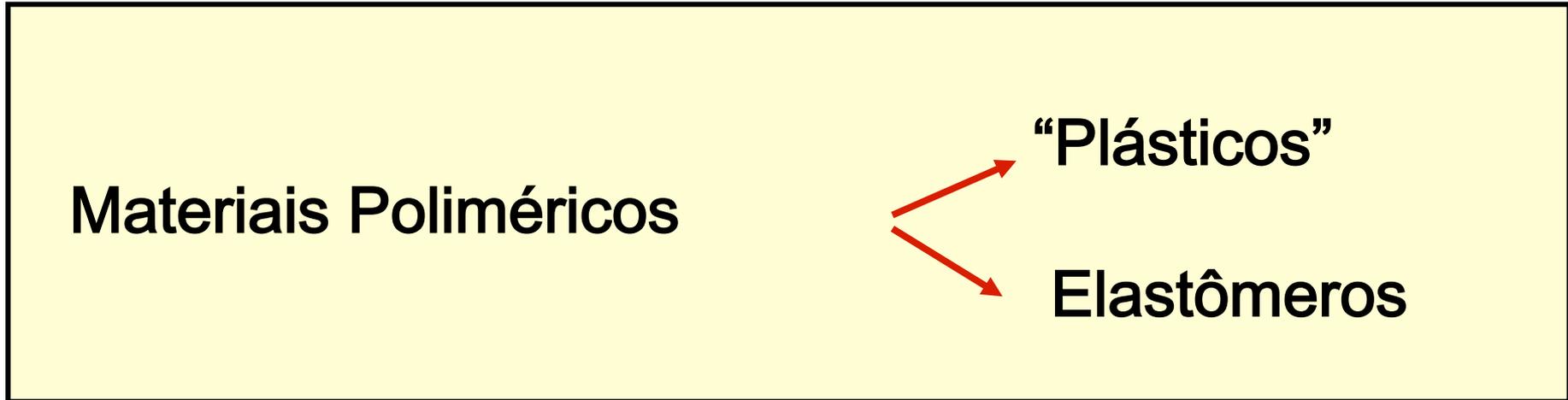
Condensação



Materiais poliméricos

Classificação dos polímeros

Classificação quanto ao comportamento mecânico



Plásticos → Se deformam plasticamente

Elastômeros → Se deformam elasticamente

Materiais poliméricos

Classificação dos polímeros

Classificação quanto a estrutura

Termoplásticos (Ex: PE, PET, PAN, nylon)

- Deformáveis por calor
- Processo repetível
- Massa molar elevada
- Decomposição difícil

Termorrígidos (Ex: resina fenol-formol, uréia-formol)

- Forma sólida por calor + cura
- Processo não repetível
- Massa molar baixa

Materiais poliméricos

Classificação dos polímeros

Classificação quanto a ocorrência

Naturais

Encontrados na natureza;
ex. celulose, algodão, lã de carnerio...

Sintéticos

Obtidos artificialmente;
ex. acrílico, isopor, teflon...

Materiais poliméricos

Classificação dos polímeros

Classificação quanto ao número de diferentes meros presentes no polímero

Homopolímero

(ligações entre segmentos iguais)

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Copolímero

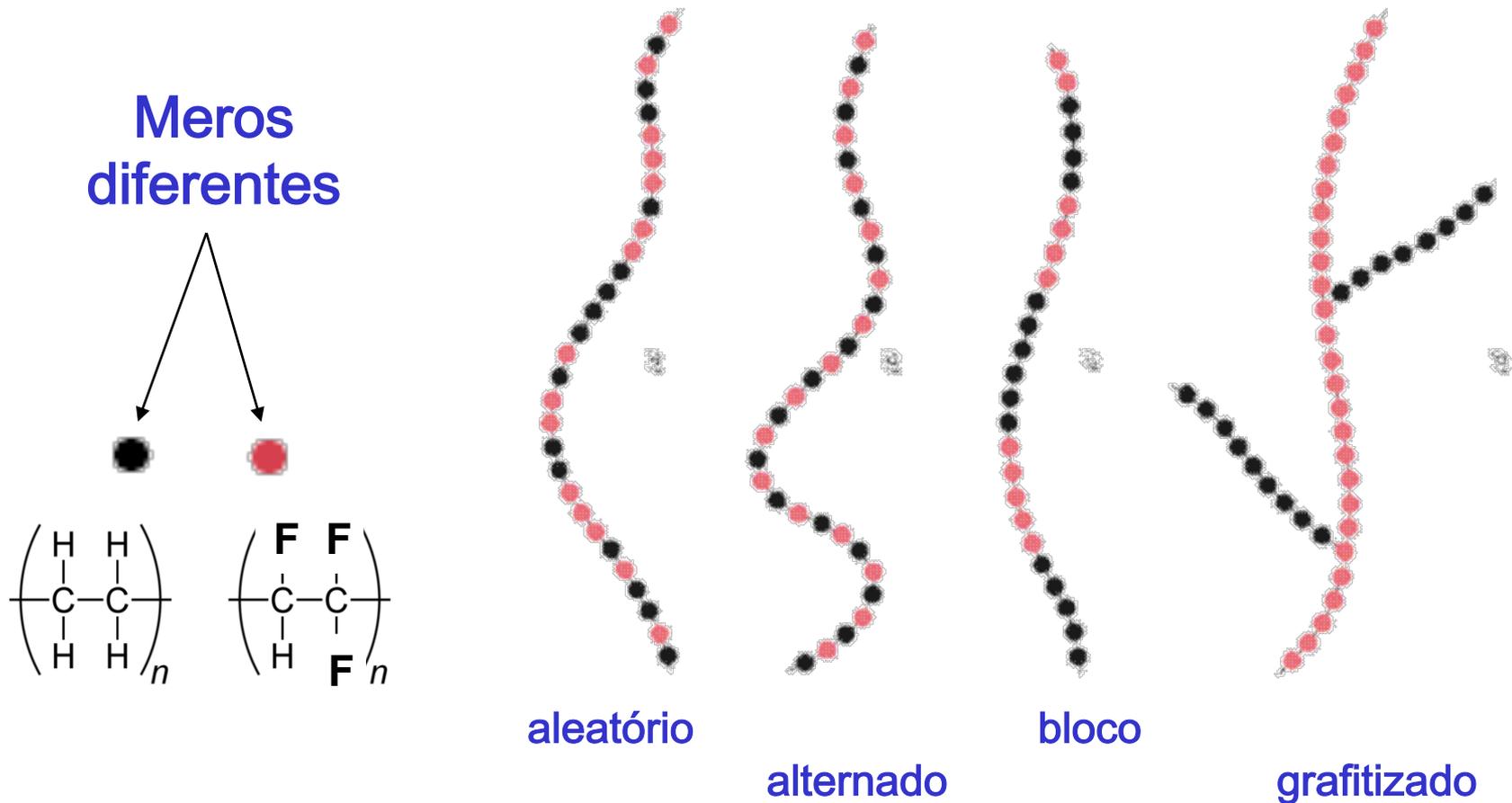
(ligações entre segmentos diferentes)

XOXOXOXOXOXOXOXO

Materiais poliméricos

Classificação dos polímeros

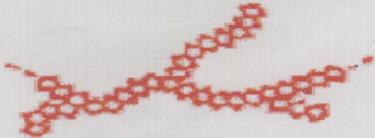
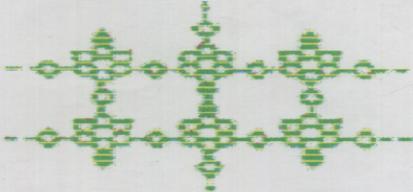
COPOLÍMEROS



Materiais poliméricos

Classificação dos polímeros

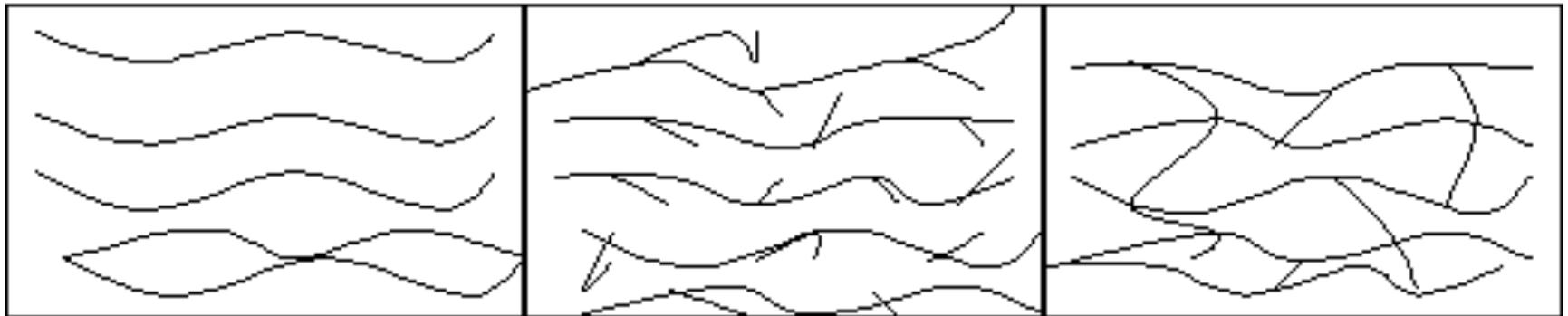
COPOLÍMEROS

POLÍMEROS	
<u>Estrutura</u>	<u>Composição</u>
Linear	Homopolímero
	- AAAAAAA -
Ramificado	Copolímero
	-ABBABAAABABB- -ABABABABABAB- -AAAABBBBAAAB- -AAAAAAAAAAAA- B B B B B B
Reticulado	Blenda
	-AAAAAAAAAAAA- + -BBBBBBBBBBBB-



Materiais poliméricos

Morfologia dos polímeros



Linear

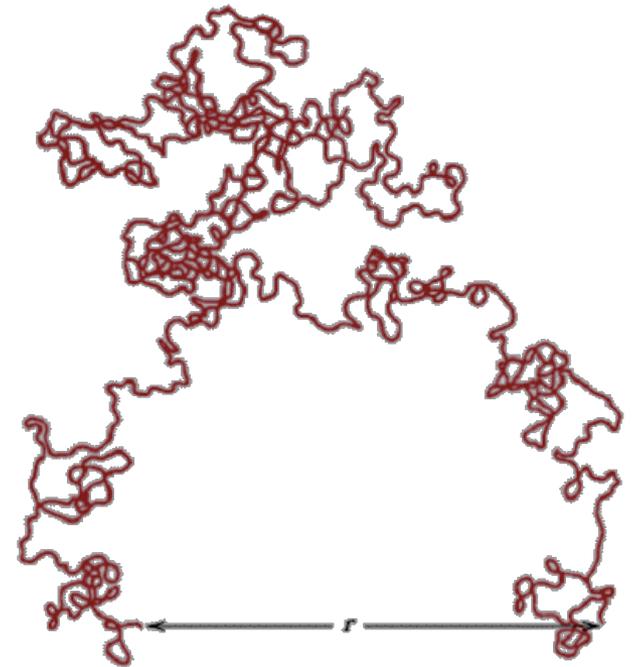
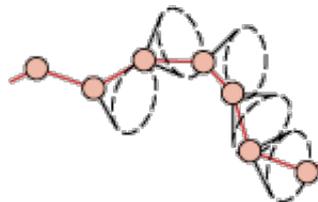
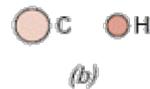
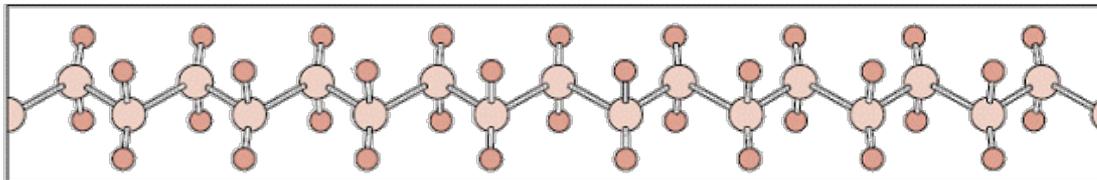
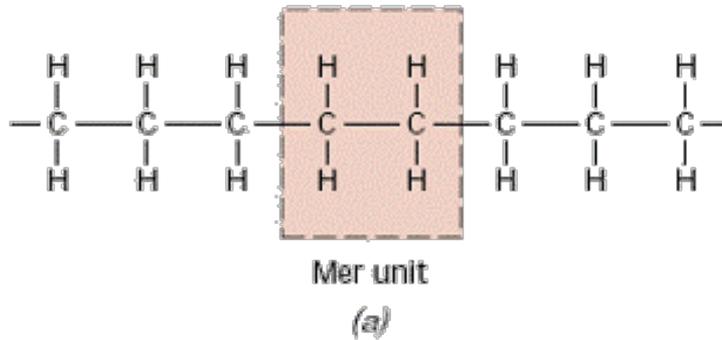
Ramificações
incompletas

Ramificações cruzadas

Materiais poliméricos

Morfologia dos polímeros

Polímero linear



Materiais poliméricos

SOLUBILIDADE

A maioria dos polímeros são insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos.

A não solubilidade é importante para dar qualidade a um produto final e um problema difícil para o engenheiro químico que sintetiza

Materiais poliméricos

ADITIVOS

1. Plastificantes;
2. Carga;
3. Catalisadores;
4. Corantes e pigmentos;
5. Estabilizadores;
6. Lubrificantes;
7. Agentes de cura;
8. Retardadores de chama;
9. Agentes de esponjamento...

Materiais poliméricos

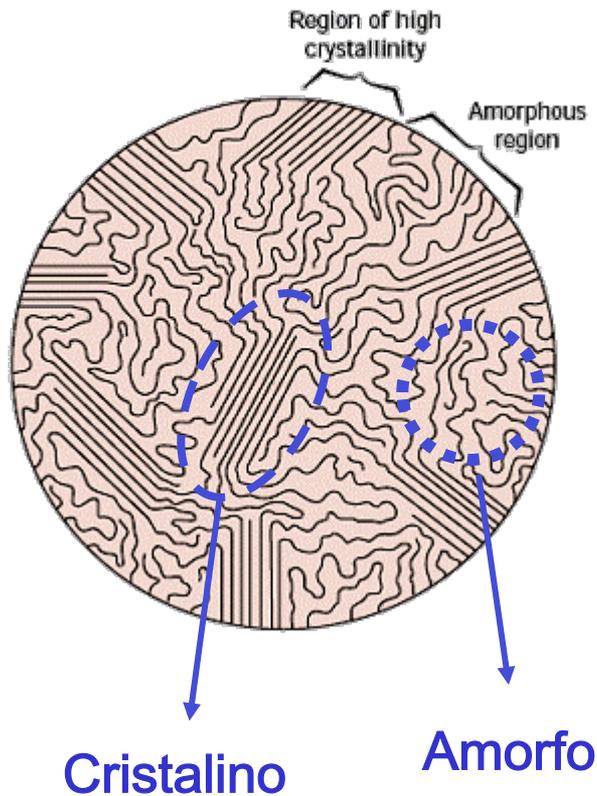
Cristalinidade dos polímeros



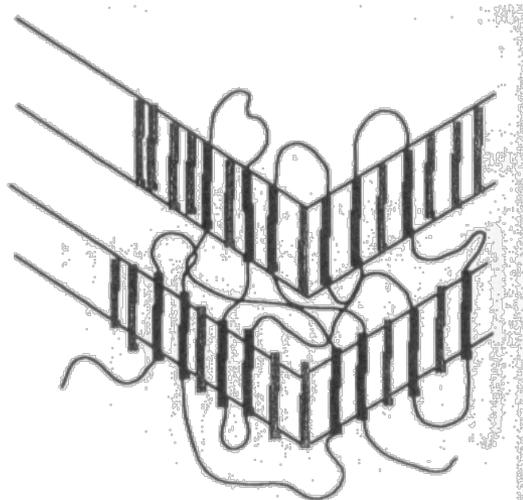
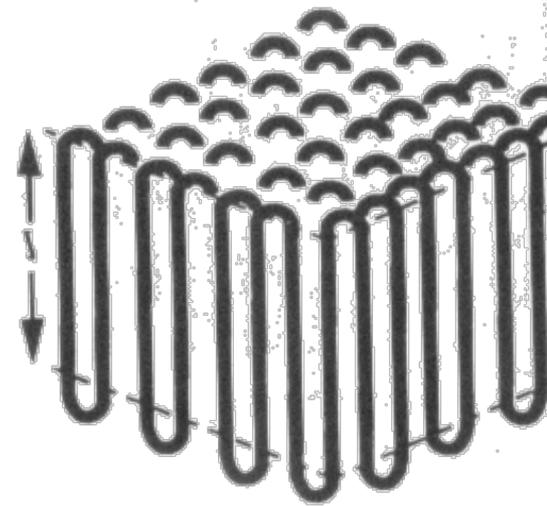
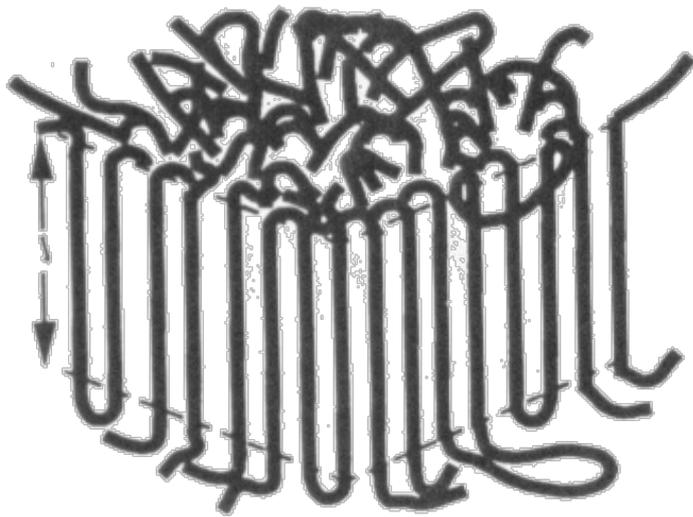
**Polímeros são
cadeias longas...**

Materiais poliméricos

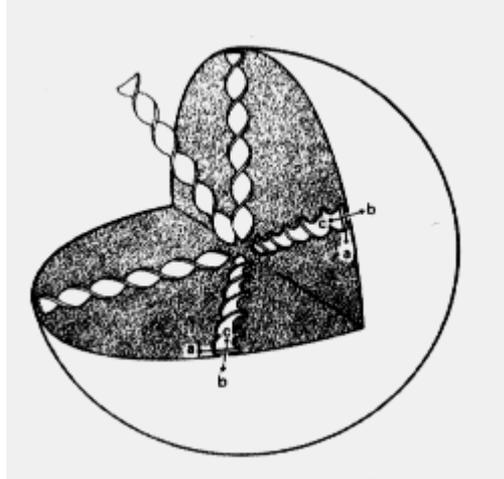
Variação das propriedades com a cristalinidade



Materiais poliméricos

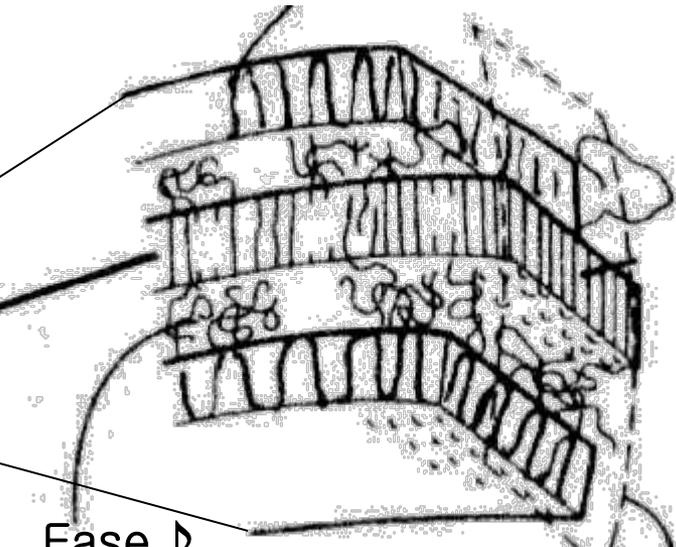
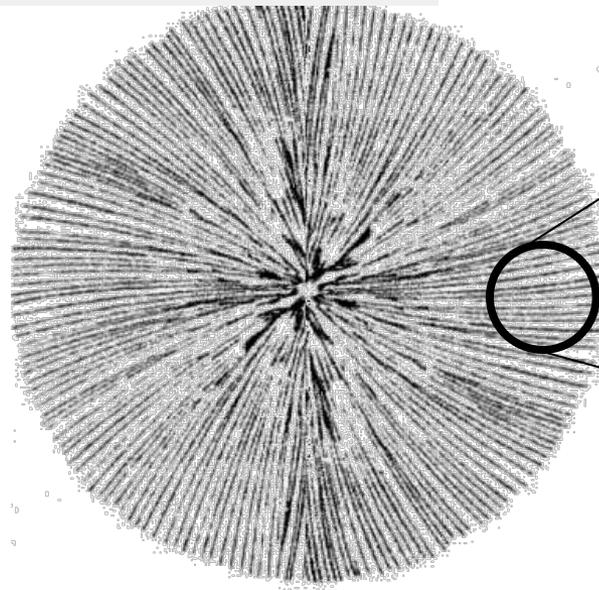


Materiais poliméricos



Polímero semicristalino resfriado a partir do fundido

Fase cristalina



Fase amorfa

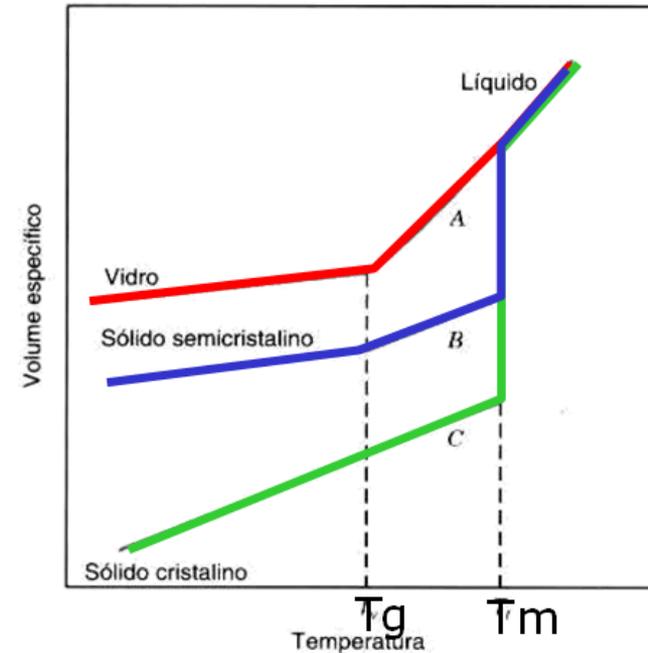
Superfície do esferulito

Materiais poliméricos

Propriedades térmicas

T_g TEMPERATURA DE TRANSIÇÃO VÍTREA
temperatura acima da qual o polímero se torna flexível e elastomérico e abaixo da qual se torna rígido ou vítreo.

T_m TEMPERATURA DE FUSÃO



Materiais poliméricos

Propriedades mecânicas

Resistência à tração x massa molecular.

Exemplos: PEBD – 10-24 MPa (MEGAPASCAL)
 PEAD - 44
 PTFE - 35 (teflon)
 PP - 50

Materiais poliméricos

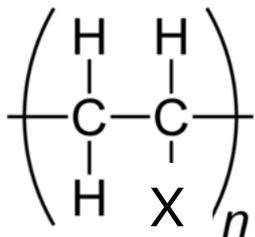
Polímeros mais comuns

19 famílias...

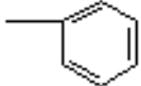
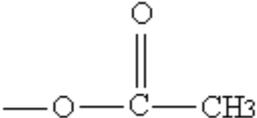
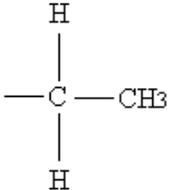
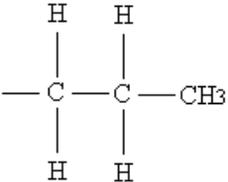
Poliiolefinas (resinas vinílicas)	Policarbonatos	Alílicos
Acrílicos	Polimidas	Aminoplásticos
Celulósicos	Polioximetilênicos	Epoxídicos
Fluoroplásticos	Polissulfonas	Fenólicos
Polialômeros	Polifenilênicos	Silicones
Poliamidas	Poliésteres	Éteres poliarílicos
Poliuretanos		

Materiais poliméricos

Classe:
Poliolefinas



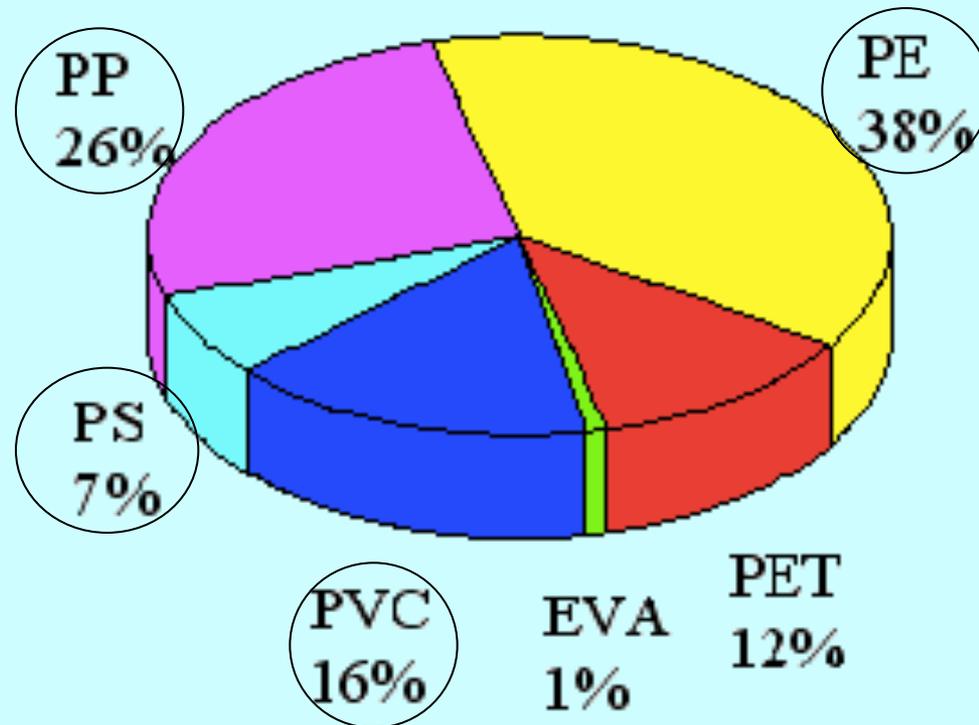
mero

Polímero	Abreviatura	Radical X
Polietileno	PE	—H
Polipropileno	PP	—CH ₃
Poli(cloreto de vinila)	PVC	—Cl
Polistireno	PS	
Poliacetato de vinila	PVAC	
Polibuteno-1	PBT	
Poli-4-metilpenteno-1	PMP	
Álcool polivinílico	PVAL	—OH

Materiais poliméricos

Polímeros mais comuns

Consumo Brasileiro de Resinas Termoplásticas



Forte: COPLAST-2005

Materiais poliméricos

Polímeros mais comuns

Identificação - Reciclagem



PET



PEAD



PVC



PEBD



PP



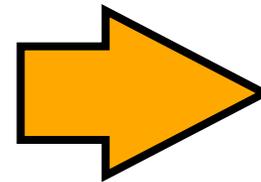
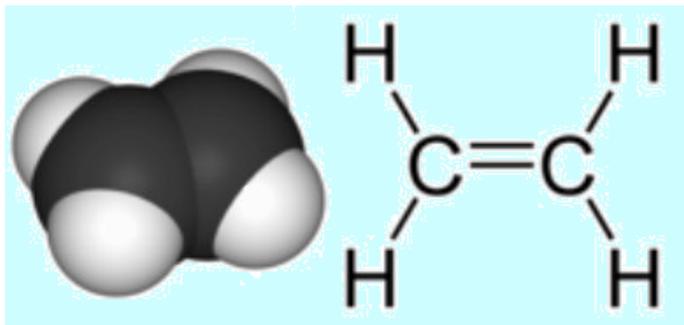
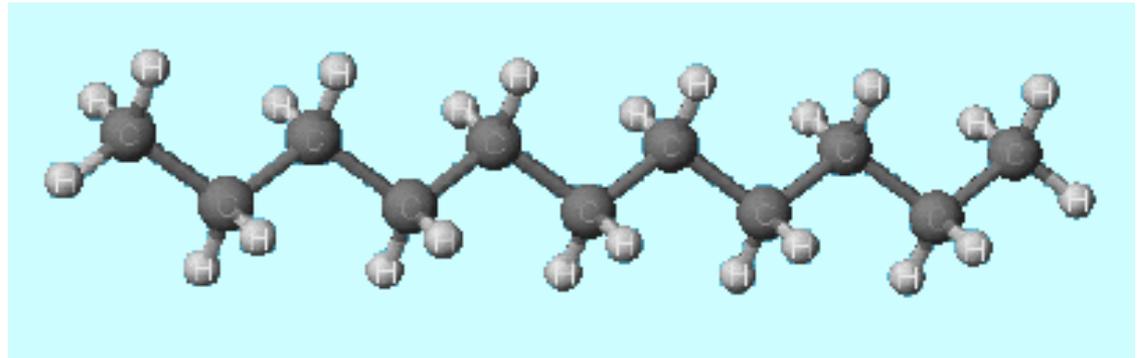
PS



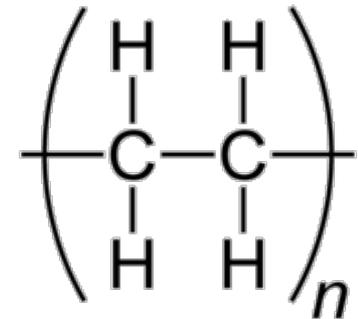
OUTROS

Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polietileno (PE)



Polimerização



Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polietileno (PE)

Características	PEBD	PEAD	PELBD
Grau de cristalinidade [%]	40 a 50	60 a 80	30 a 40
densidade [g/cm ³]	0,915 a 0,935	0,94 a 0,97	0.90 a 0.93
Módulo [N/mm ²] a 52215 °C	~130	~1000	-
Temperatura de Fusão [°C]	105 a 110	130 a 135	121 a 125
estabilidade química	boa	excelente	boa
Esforço de ruptura [N/mm ²]	8,0-10	20,0-30,0	10,0-30,0
Elongação à ruptura [%]	20	12	16
Módulo elástico E [N/mm ²]	200	1000	-
Coefficiente de expansão linear [K ⁻¹]	1.7 * 10 ⁻⁴	2 * 10 ⁻⁴	2 * 10 ⁻⁴
Temperatura máxima permissível [°C]	80	100	-
Temperatura de fusão [°C]	110	140	-

Materiais poliméricos

Poliiolefinas – Polietileno (PE)



Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polietileno (PE)



Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polietileno (PE)



Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polietileno (PE)



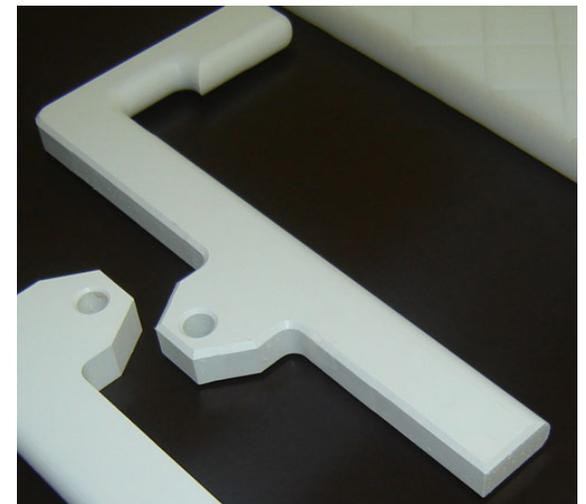
Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polietileno (PE)



Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polietileno (PE)



Materiais poliméricos

Poliiolefinas – Polietileno (PE)



Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polietileno (PE)



Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polietileno (PE)



Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polietileno (PE)



Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polietileno (PE)



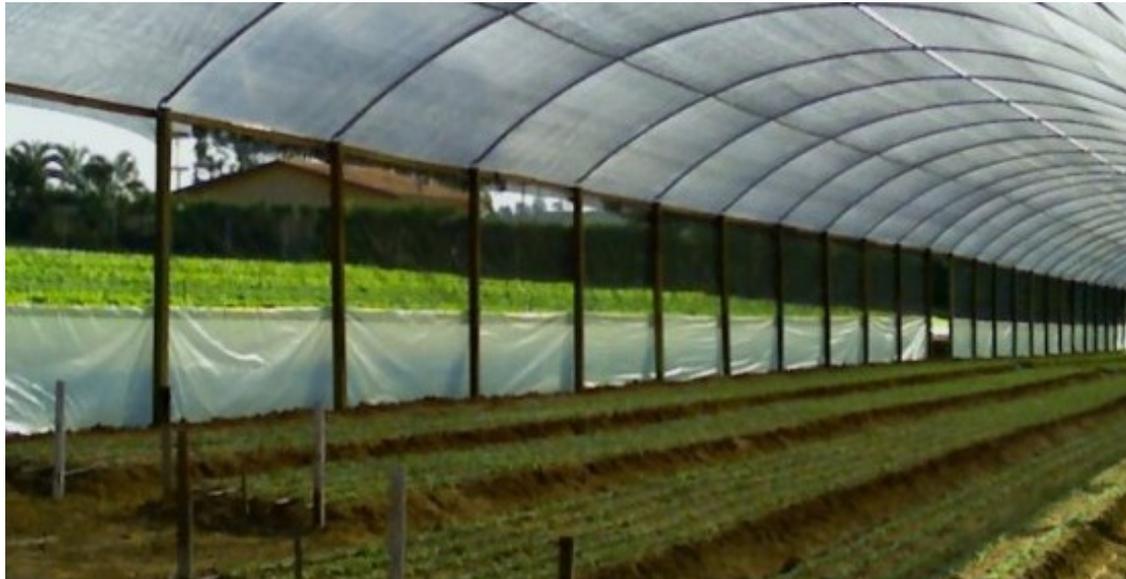
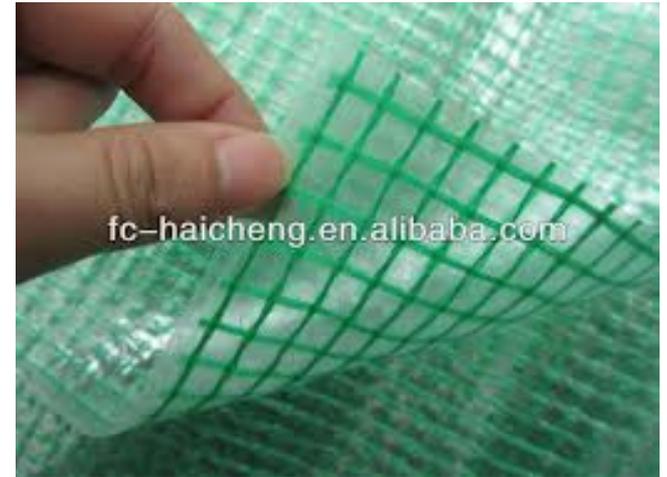
Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polietileno (PE)



Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polietileno (PE)



Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polietileno (PE)

Vantagens:

1. elevada resistência química;
2. cor natural: Branco (podendo ser utilizados pigmentos)
3. boa resistência a impacto, mesmo a baixas temp.;
4. ótimas propriedades de isolamento térmico;
5. atóxico;
6. pode ser usinado e soldado;
7. baixo índice de absorção de água.

Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polietileno (PE)

Limitações:

1. baixa resistência mecânica;
2. sofre ação de raios ultravioleta e ozônio;
3. não é inerte a ácidos oxidantes;
4. pouca resistência ao corte;
5. oxida em altas temperaturas.

Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polietileno (PE)

Algumas aplicações:

- Revestimento de silos, calhas, bicas, guias de deslizamento, containers, revestimento de caçambas;
- Buchas, arruelas, mancais, acoplamentos, anéis de vedação, gaxetas;
- Utensílios domésticos (socadores, rolos de massa, etc), mesas de corte para a indústria de alimentos.
- Embalagens e sacos plásticos

Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polietileno (PE)

Há quatro tipos básicos:

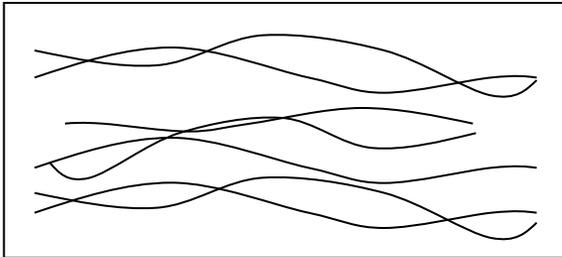
- **Polietileno de Baixa Densidade (PEBD):**
- **Polietileno de Alta Densidade (PEAD):**
- **Polietileno de Baixa Densidade Linear (PEBDL):**
- **Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular (PEUAPM):**

Mais resistentes e mais rígidos

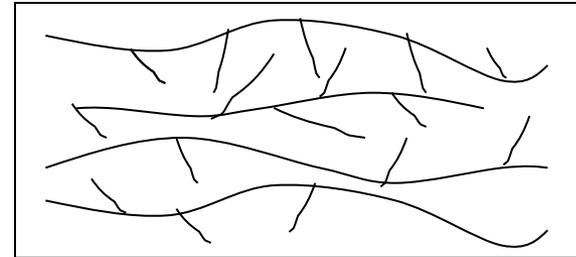
Mais flexíveis e tenazes

Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polietileno (PE)



Densidade = 0,98 g/cm³



Densidade = 0,92 g/cm³

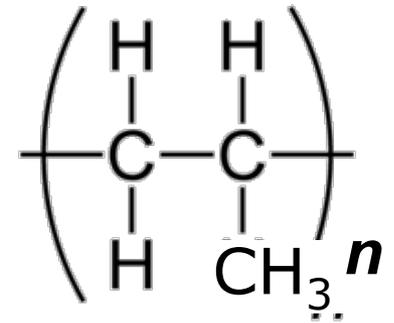
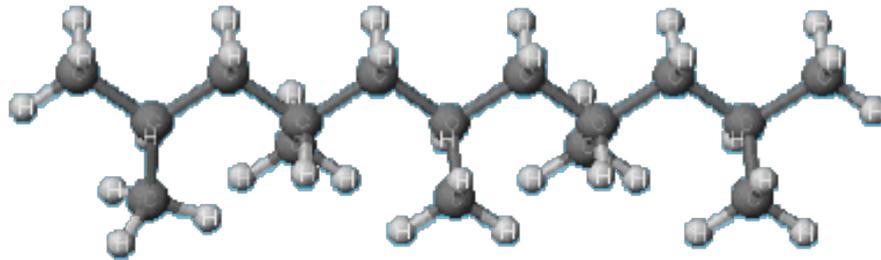
Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polietileno (PE)

- è O PE é altamente utilizado devido suas características estruturais e suas propriedades .**
- è O que diferencia os principais tipos de polietilenos é a presença de ramificações na cadeia polimérica.**

Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polipropileno (PP)



Possui propriedades semelhantes ao PE com **menor** densidade e **maior** resistência ao calor
Maior dureza e resistência a tração

Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polipropileno (PP)

Vantagens:

1. Baixo custo;
2. Elevada resistência química e a solventes;
3. Fácil moldagem;
4. Fácil coloração;
5. Alta resistência à fratura por flexão ou fadiga;
6. Boa resistência ao impacto acima de 15°C;
7. Boa estabilidade térmica;

Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polipropileno (PP)

Limitações:

1. baixa (mas, maior que o PE) resistência mecânica;
2. sofre ação de raios UV e agente oxidante;
3. resistência limitada à temperatura;
4. oxidação em temperaturas elevadas;
5. perda da resistência em baixas temperaturas.

Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polipropileno (PP)

Algumas aplicações:

Brinquedos; recipientes para alimentos, remédios, produtos químicos; carcaças para eletrodomésticos, fibras, tubos para cargas de canetas e sferográficas, carpetes, seringas de injeção, autopeças (pára-choques, pedais, carcaças de baterias, ventoinhas, ventiladores).

ΦAtualmente há uma tendência no sentido de se utilizar exclusivamente o PP no *interior dos automóveis*. Isso facilitaria a reciclagem do material por ocasião do sucateamento do veículo.



Materiais poliméricos

Poliiolefinas – Polipropileno (PP)



Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polipropileno (PP)



Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polipropileno (PP)



Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polipropileno



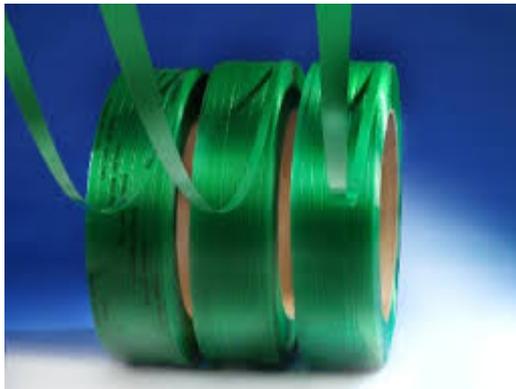
Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polipropileno (PP)



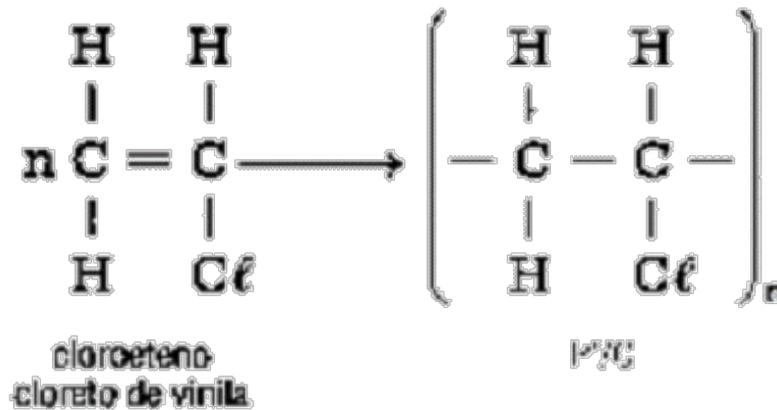
Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polipropileno (PP)



Materiais poliméricos

Poliiolefinas – Poli(cloreto de vinila) (PVC)



- Principais propriedades:

- Baixo custo;
- Elevada resistência a chama, pela presença do cloro;
- Processamento demanda um pouco de cuidado.

Materiais poliméricos

- Restrições:

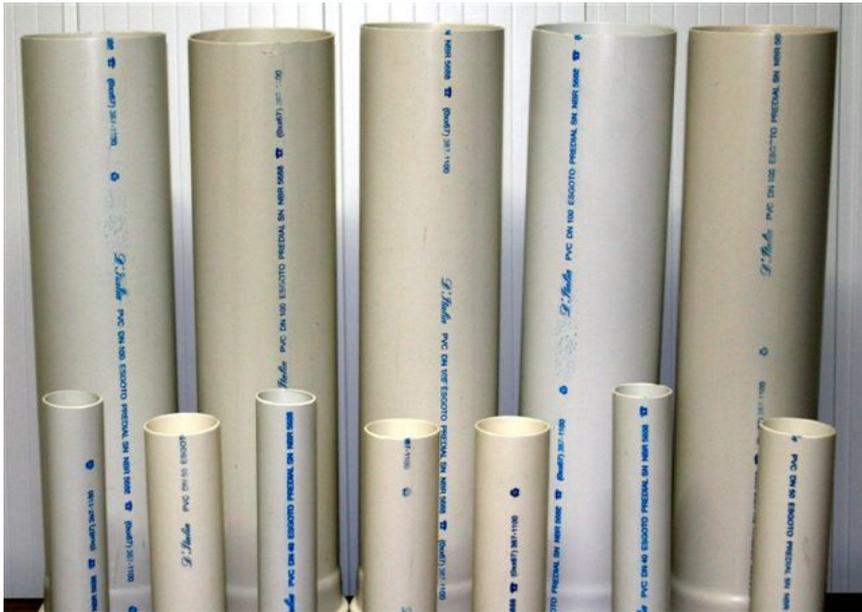
1. O monômero é um potente cancerígeno; deve haver controle do teor residual que permanece no polímero, particularmente em aplicações em que o polímero vai entrar em contato com alimentos.
 2. Plastificantes (aditivo usado para tornar o polímero mais flexível) a base de ftalatos também são considerados cancerígenos.
- Φ **O Greenpeace vem promovendo ampla campanha para banir o uso do PVC que contenha esse aditivo, particularmente em brinquedos e produtos que venham a entrar em contato com alimentos.**

Materiais poliméricos

Poliolefinas – Poli(cloreto de vinila) (PVC)

Algumas aplicações:

Tubulação de água



Perfis de PVC garantem isolamento termoacústico



Materiais poliméricos

Poliolefinas – PVC



Materiais poliméricos

Poliolefinas – PVC



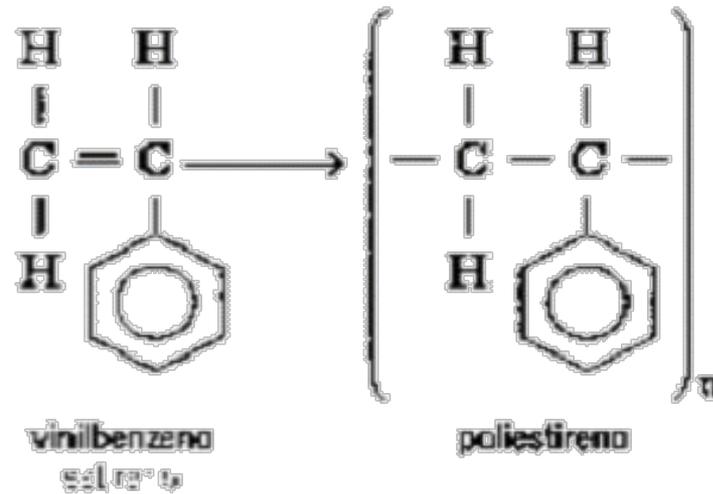
Materiais poliméricos

Poliolefinas – PVC



Materiais poliméricos

Poliiolefinas – Poliestireno (PS)



Materiais poliméricos

Poliiolefinas – Poliestireno (PS)

- **Principais propriedades:**

- Fácil processamento;
- Fácil coloração;
- Baixo custo;
- Elevada resistência a ácidos e álcalis;
- Semelhante ao vidro;
- Baixa densidade e absorção de umidade;
- Baixa resistência a solventes orgânicos, calor e intempéries.

Materiais poliméricos

Há quatro tipos básicos:

- PS cristal:

Usado em artigos de baixo custo.

- PS resistente ao calor:

Peças de máquinas ou automóveis, gabinetes de rádios e TV, grades de ar condicionado, peças internas e externas de eletrodomésticos e aparelhos eletrônicos, circuladores de ar, ventiladores e exaustores.

- PS de alto impacto

Muito usado na fabricação de utensílios domésticos (gavetas de geladeira) e brinquedos.

- PS expandido

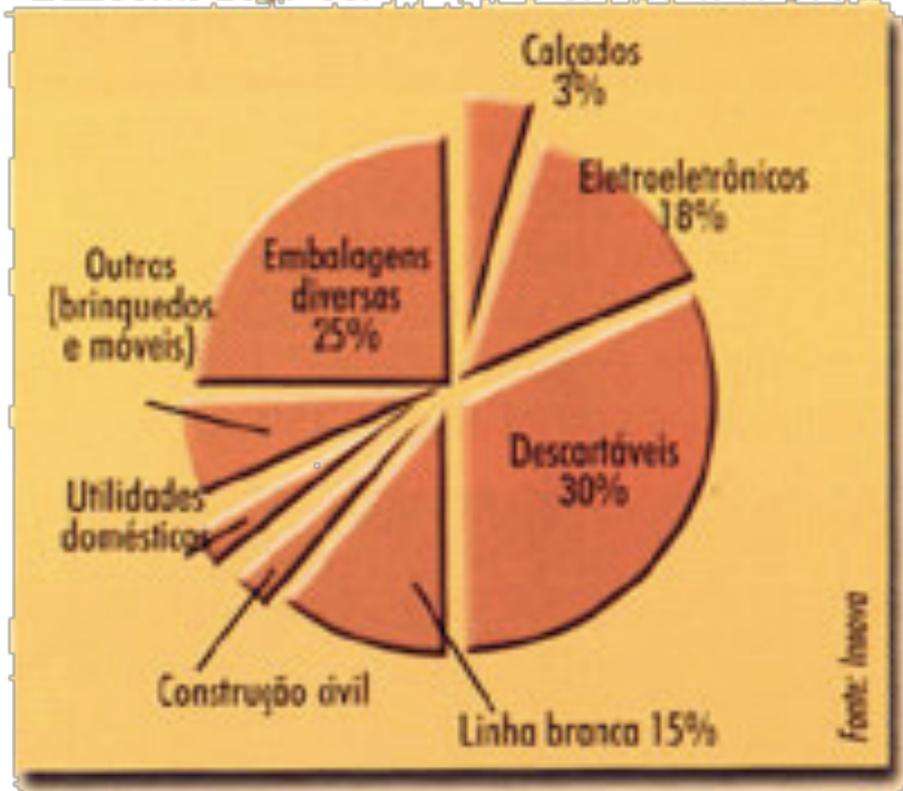
Aplicações: protetor de equipamentos, isolantes (isopor)

Materiais poliméricos

Poliolefinas – Polistireno (PS)

Algumas aplicações:

DISTRIBUIÇÃO DE PS POR APLICAÇÃO



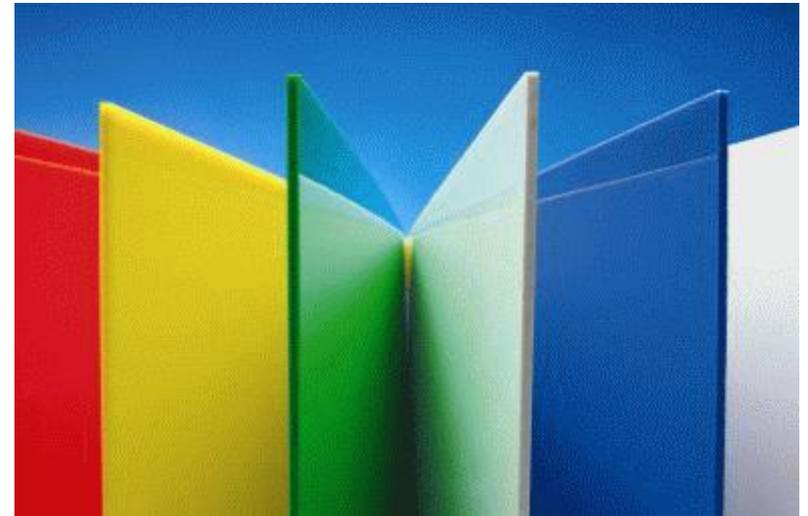
Materiais poliméricos

Poliolefinas – Poliestireno (PS)



Materiais poliméricos

Poliiolefinas – Poliestireno (PS)



Materiais poliméricos

Poliolefinas – Poliestireno (PS)



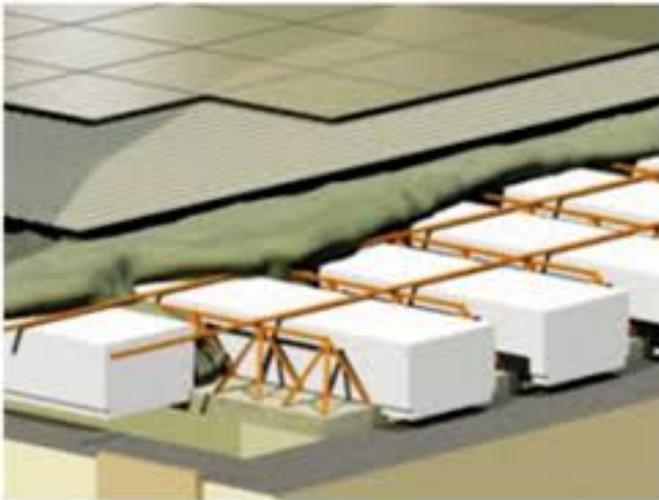
Materiais poliméricos

Poliolefinas – Poliestireno (PS)



Materiais poliméricos

Poliiolefinas – Poliestireno (PS)



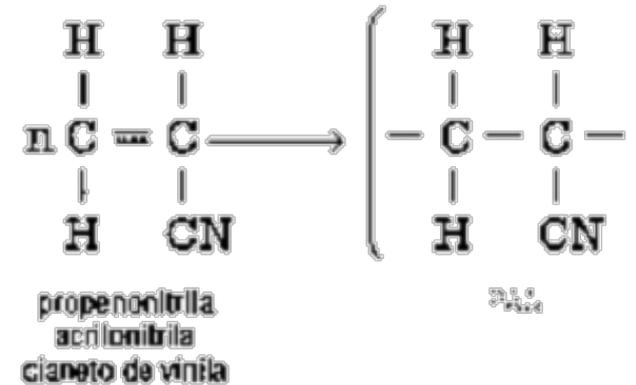
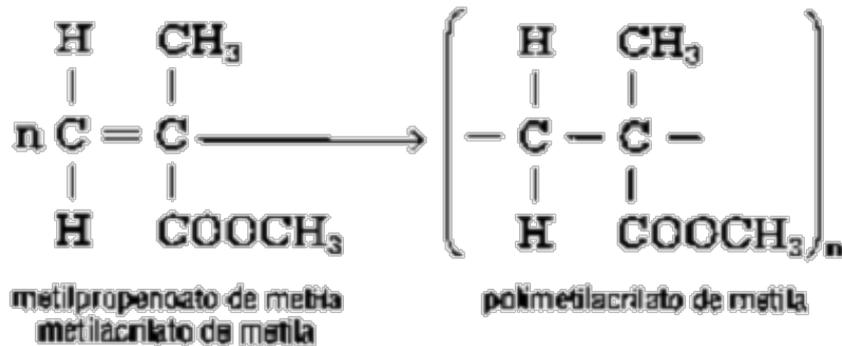
Materiais poliméricos

Poliiolefinas – Poliestireno (PS)



Materiais poliméricos

Acrílicos



Poli(metacrilato de metila)



Poliacrilonitrilo



Materiais poliméricos

Acrílicos

Algumas aplicações:



Poli(metacrilato de metila) PMMA

+ amorfo



Poliacrilonitrilo PAN

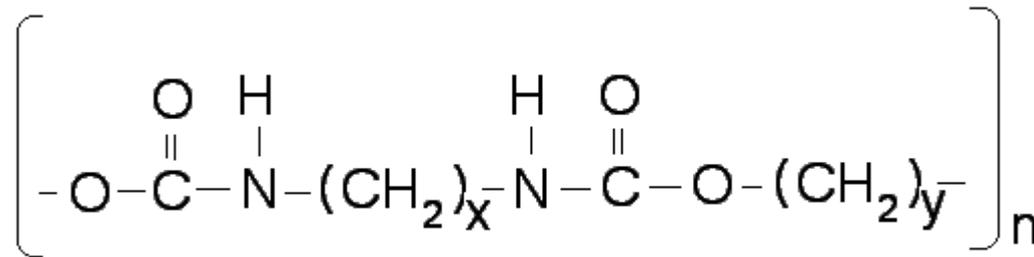
+ cristalino

Materiais poliméricos

Poliuretanos

Poliuretanos lineares (termoplásticos)

Elevada resistência química, tenazes, resistentes a abrasão



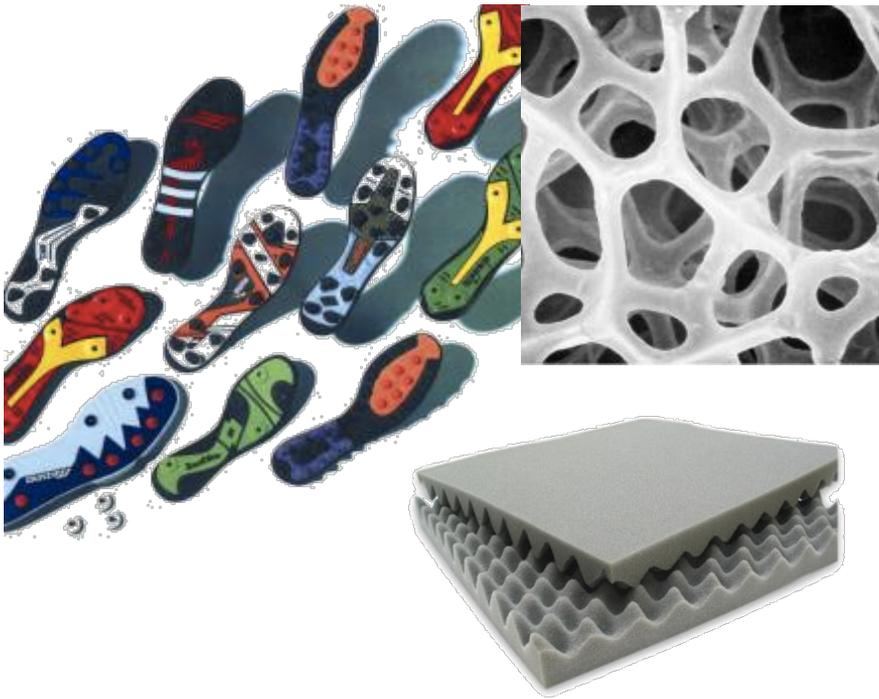
Poliuretanos Termorrígidos

Ampla faixa de propriedades dependendo do grau de ligações cruzadas entre as moléculas

Materiais poliméricos

Poliuretanos

Algumas aplicações:



Poliuretano linear
(termoplástico)



Poliuretano
termorrígido

Materiais poliméricos

Poliésteres – (PET, PBT...)

Poli(tetraftalato de etileno) PET



Pode ser transparente quando amorfo ou translúcido quando semi-cristalino – Baixíssima permeabilidade de CO_2 . Devido a suas prop. mecânicas vem substituindo o vidro no armazenamento de alimentos.

Poli(tetraftalato de butileno) PTB

Polímero semi-cristalino, substituindo PVC no caso de isolamento de cabos condutores de eletricidade. Usado também material de construção de fibras ópticas.

Materiais poliméricos



Poliésteres – (PET, PBT...)



PET



PBT

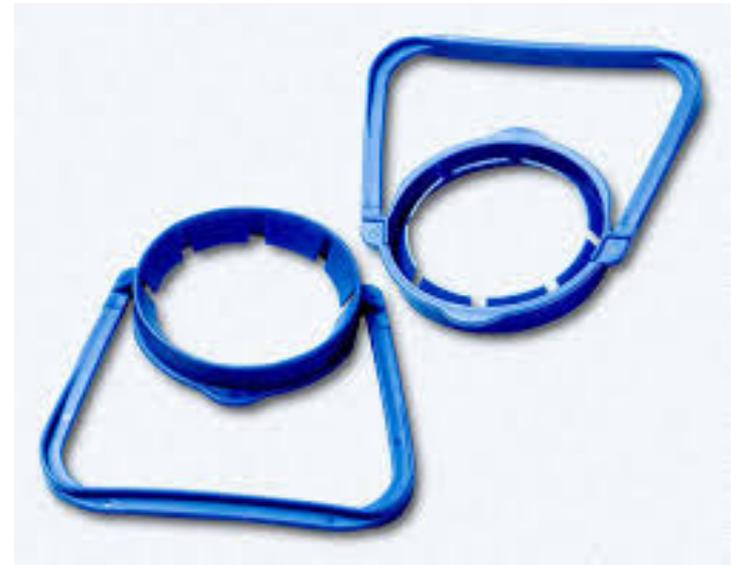
Materiais poliméricos



Materiais poliméricos



Materiais poliméricos



Materiais poliméricos

Poliamidas – (nylon®)

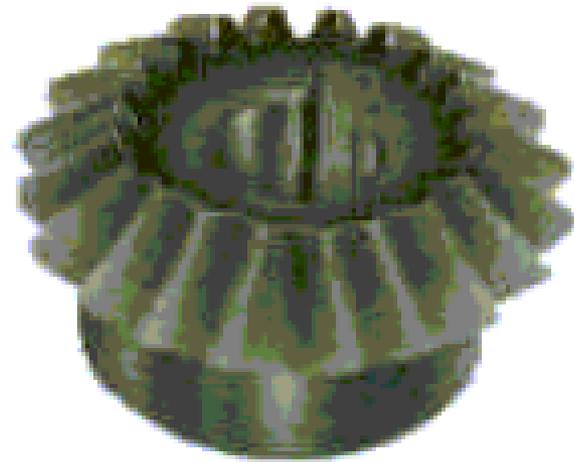
Apresentam elevada resistência à tração, resistência ao impacto e elevada resistência a abrasão. Resistem à ação do óleo, hidrocarbonetos e ésteres, mas são amolecidos por álcoois, glicóis e água.

Dentre os vários náilons encontrados no comércio, quatro recebem grande importância: o náilon 66, o náilon 610, náilon 6 e náilon 11.

Materiais poliméricos

Poliamidas – (nylon®)

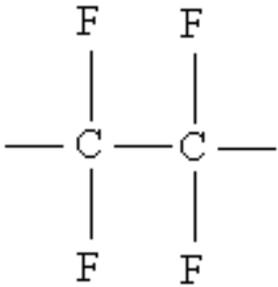
Algumas aplicações:



Materiais poliméricos

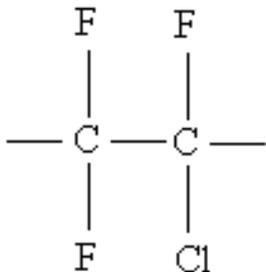
Fluoroplásticos

Politetrafluoretileno (PTFE) – Teflon



É altamente cristalino com elevada resistência ao calor, antiaderente e com baixíssimo coeficiente de atrito.

Policlorotrifluoretileno (PCTFE)



É resistente à umidade, intempéries, ataques de solventes e à inflamação. A moldagem se dá a 260°C, com temperatura de trabalho até 130°C.

Materiais poliméricos

Fluoroplásticos – Teflon PTFE

Algumas aplicações:



Teflon PTFE

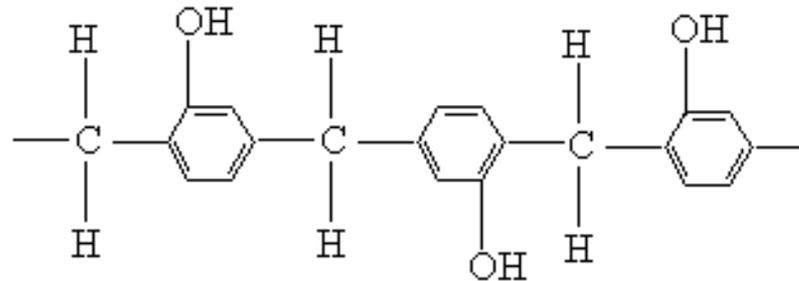


PCTFE

Materiais poliméricos

Polímeros fenólicos – Baquelite (termofixo)

Também conhecido como baquelite, sua resina pura resulta da reação do formaldeído com o fenol e tem a fórmula estrutural como segue.



Ótimo isolamento elétrico e térmico (cabo de panela)

Materiais poliméricos

Polímeros fenólicos – Baquelite (termofixo)

Algumas aplicações:

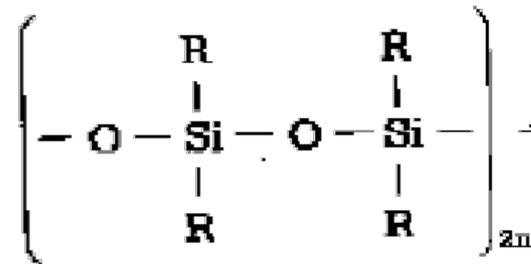
Terminais para lâmpadas fluorescente, soldas eletrônicas, equipamentos elétricos e mecânicos, cabos de painelas e talheres.



Materiais poliméricos

Silicones

Cadeia principal formada por ligações contendo o Si.



Esta estrutura confere maior resistência ao calor

Materiais poliméricos

Silicones

Algumas aplicações:

Borrachas de silicone, graxas, colas, vernizes, implantes dentários, cirurgias plásticas...



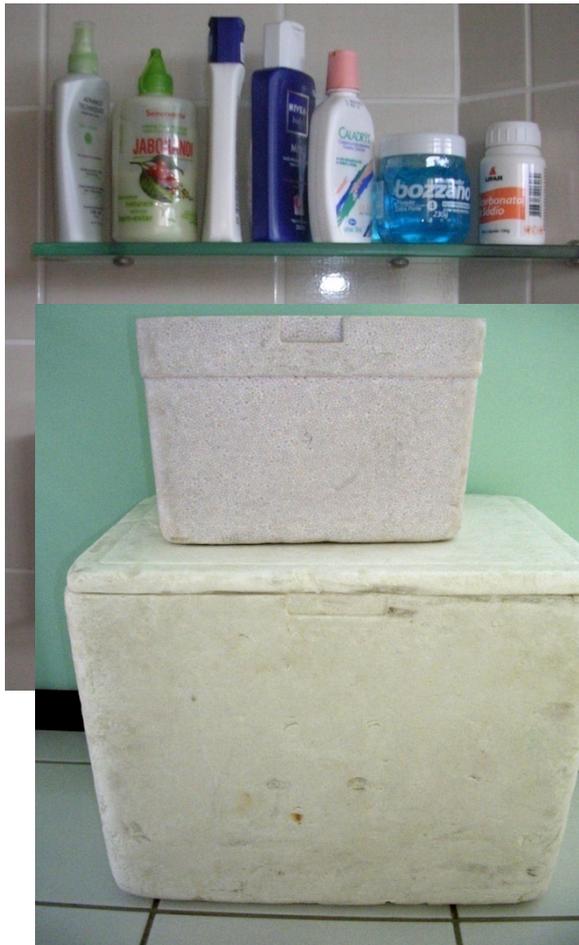
Materiais poliméricos

Para refletir....

1. Muitos produtos são armazenados em embalagens plásticas;
2. Muitas roupas contém nylon e poliéster;
3. Tênis e sapatos são feitos de materiais sintéticos;
4. O leite é vendido em sacos plásticos ou caixinhas;
5. Os encanamentos e eletrodutos são de PVC e PP;
6. Os colchões são de poliuretanos expandidos, as caixas de isopor de poliestireno também expandido;
13. Olhe para si mesmo, seus óculos devem ser de policarbonato ou outro polímero mais recente, com filmes poliméricos (anti-reflexo e anti-risco);
14. Sua roupa é feita de materiais que não existiam há 60 anos;
15. A garrafa de refrigerante agora é polimérica...
19. Pense na natureza: Onde todo este plástico irá parar?
20. Os plásticos demoram para se decompor na natureza e muitos não se decompõem nunca;
21. Saiba também que a maioria dos plásticos são provenientes do petróleo, uma fonte natural não renovável;
22. Prefira consumir produtos armazenados em embalagens de material reciclável, assim você estará garantindo um futuro melhor para as próximas gerações... Afinal como o homem viveria sem os polímeros?

Materiais poliméricos

Para refletir....



Materiais poliméricos

Para refletir....

- 7. Olhe para si mesmo, seus óculos devem ser de policarbonato ou outro polímero mais recente, com filmes poliméricos (anti-reflexo e anti-risco);**
- 8. Sua roupa é feita de materiais que não existiam há 60 anos;**
- 9. A garrafa de refrigerante agora é polimérica...**

Materiais poliméricos

Para refletir....

- 10. Pense na natureza: Onde todo este plástico irá parar?**
- 11. Os plásticos demoram para se decompor na natureza e muitos não se decompõem nunca;**
- 12. Saiba também que a maioria dos plásticos são provenientes do petróleo, uma fonte natural não renovável;**
- 13. Prefira consumir produtos armazenados em embalagens de material reciclável, assim você estará garantindo um futuro melhor para as próximas gerações... Afinal como o homem viveria sem os polímeros?**