

Go to [www.menti.com](http://www.menti.com) and use the code 93 68 66 6



1



ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS

DISCIPLINA:  
ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS II (SMM 0194)

---

PROFA. COLAB. DRA. JULIANA MARA PINTO DE ALMEIDA  
[julianamara@ifsc.usp.br](mailto:julianamara@ifsc.usp.br) SALA 35646  
CV: <http://lattes.cnpq.br/7830925338249360>

2



AULA 1 – MATERIAIS POLIMÉRICOS: DEFINIÇÃO,  
CLASSIFICAÇÃO E APLICAÇÃO

3

Go to [www.menti.com](http://www.menti.com) and use the code 93 68 66 6



Materiais  
poliméricos que  
temos em casa



4

Go to [www.menti.com](http://www.menti.com) and use the code  
**93 68 66 6**



**Materiais poliméricos que temos em casa**




5

### ALGUNS EXEMPLOS DE POLÍMEROS SINTÉTICOS

**Aplicações**

**Embalagens**



Uma variedade de polímeros (PE, PVC, PET, PP)

**Construção civil**



Instalações hidráulicas e elétricas (PVC, PS, PE, PP)

**Vestuário**



Nylon  
Dry-fit  
Neoprene

6

### ALGUNS EXEMPLOS DE POLÍMEROS NATURAIS

**Aplicações**

**Embalagens/Papelaria**



Celulose

**Produtos hospitalares**



Latex

**Vestuário**



Couro  
Algodão  
Lã  
Seda

7



8

# HISTÓRICO

## HISTORY OF POLYMERS

**1500- PRESENT**

**1500's** - British explorer discovers the natural latex civilization in Central America. The Mayans are assumed to be among the first to find its applications for polymers, as their children were fond of playing with balls made from latex **rubber trees**.

**1839** - Charles Goodyear discovered **polyisoprene**, by combining natural rubber with sulfur and heating it to 270 degrees Fahrenheit. "Vulcanized rubber" is a polymeric substance that is much more durable than its natural counterpart. Its most common use today is in automobile tires.

**1907** - The oldest recorded synthetic plastic is fabricated by Leo Baekeland. **Bakelite's** hardness and high heat sensitivity made it an excellent choice as an electrical insulator.

**1917** - X-ray crystallography is introduced as a method of analyzing crystal structures. Eight years later, this method is used by M. F. Perlin to discover the chemical structure of **cellulose**. This soon blazes the fact that polymers exist with complex structures of long chain molecules rather than small molecular species.

**1930** - Scientists published the structure of paper invented by **Ulber Polymer Institute**. Publication of this paper launched a decade of intense research and progress to the point of the development of modern polymer therapy.

**1937** - Large scale production of **vinyl-chloride** begins. This polymeric compound continues to be widely used today to make plumbing, toys, PVC pipe, Emery paper, and bottles.

9

# HISTÓRICO

**1930** - Polyethylene is invented. This polymer is used in vinyl-carbon and other packaging. Expanded polyethylene commonly called **Styrofoam** is used in cups, packaging, and thermally insulated containers.

**1938** - Wallace Carothers of the Dupont company produces another well known polymeric product, **nylon**. It is commonly used today for such applications as ropes and clothes.

**1941** - **Polyethylene** is developed. Billions of pounds of both high and low density variations of this material are produced annually for everything from packaging film to piping to toys.

**1970** - James Flannery develops one of the greatest moldable high temperature polymers (**Kevlar**). This polymeric material paved the way for the development of liquid crystal polymers like **Lexan**. Flannery's most common application occurs in electronic devices and aircraft engines.

**1971** - S. Krimm, who has been awarded more than 37 patents in polymer science, develops **Kevlar**. Kevlar is a high strength material that can withstand temperatures up to 300°C, and is used in applications such as bullet proof vests, and fire proof garments for firefighting and auto racing.

**1976** - The polymeric plastic industry encompasses steel as the nation's most widely used material per unit volume. We save one more plastic: the steel, aluminum and copper combined.

10

## POLÍMEROS ESTÃO PRESENTES EM TODOS OS LUGARES

$$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{H} - \text{C} - \text{O} \\ | \\ \text{OH} \end{array} \left[ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{H} - \text{C} - \text{O} \\ | \\ \text{OH} \end{array} \right]_n \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{H} - \text{C} - \text{O} \\ | \\ \text{OH} \end{array}$$

**Carboidratos**  
**Cellulose**: Principal reserva energética dos vegetais  
**Amido**: Função estrutural na célula vegetal, como um componente da parede celular.

**ácidos nucleicos**  
 DNA, RNA

11

## POLÍMEROS ESTÃO PRESENTES EM TODOS OS LUGARES

Até no corona vírus

Toda estrutura de encapsulamento do vírus é formada por **proteínas**

Os vírus são basicamente constituídos de macromoléculas

12

### O QUE É UM POLÍMERO?

**Polímero** → **Macromolécula** é uma molécula orgânica de dimensões gigantescas e de elevada massa molecular relativa.

Se a macromolécula for formada por unidades menores repetidas, chamadas meros, ela constitui um

**Poli** = Muitos      **mero** = Unidades de repetição

**Mero**      **Macromolécula**

13

### O QUE É O MONOMERO?

**Monômero** É uma molécula simples, que dá origem ao polímero (precursor do polímero)

**Mono** = 1 (UM)      **mero** = Unidades de repetição

$$n \begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \backslash & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \backslash \\ \text{H} & & \text{H} \end{array} \text{ etileno} \rightarrow \left( \begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ | & | \\ -\text{C} & - & \text{C}- \\ | & | \\ \text{H} & \text{H} \end{array} \right)_n \text{ polietileno}$$

14

### A CONSTITUIÇÃO DOS POLÍMEROS E SUA DIVERSIDADE

A maioria das macromoléculas naturais e polímeros sintéticos é formada pelos elementos C, H, O, N.

Também são encontrados em menor proporção o S, P e Si.

15

RESUMO DAS FUNÇÕES ORGÂNICAS			
Hidrocarbonetos	Só	Alcano	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ propano
		Alceno	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$ eteno (etileno)
		Alcino	$\text{HC}\equiv\text{CH}$ etino (acetileno)
	Carbono e	Alcadieno	$\text{H}_2\text{C}=\text{C}=\text{CH}_2$ propadieno (aleno)
		Ciclano	$\square$ ciclobutano
		Ciclono	$\square$ ciclobuteno
		Aromático	$\bigcirc$ benzeno
		Alcool (Saturado)	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH}$ etanol (álcool etílico)
		Enol (Insaturado)	$\text{H}_2\text{C}=\text{C}-\text{OH}$ etenol
		Fenol (Aromático)	$\bigcirc-\text{OH}$ hidróxi benzeno (fenol)
	Aldeído	$\text{H}-\text{C}(=\text{O})-\text{CHO}$ metanal (aldeído fórmico ou fórmol)	
	Cetona	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3$ propanona (dimetil cetona ou acetona)	
	Ácido Carboxílico	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$ ácido etanoico (ácido acético)	
	Éster Orgânico	$\text{H}_3\text{C}-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{CH}_3$ etanoato de metila (acetato de metila)	
	Éter	$\text{H}_3\text{C}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_3$ étili etano (éter dietílico)	

16

O **prefixo** indica o número de átomos de carbono na cadeia.  
 O **intermediário** indica o tipo de ligação entre os carbonos.  
 O **sufixo** indica a função a que pertence o composto orgânico.

Nº de carbonos	Nome			Grupo funcional
	Prefixo	Intermediário	Sufixo	
1 C	MET	AN	hidrocarbonetos	C, H
2 C	ET	DIEN	álcool	$\text{—C—OH}$
3 C	PROP	TRIEN	aldeído	$\text{—C=O}$ $\text{H}$
4 C	BUT	DIIN	cetona	$\text{—C—}$ $\text{O}$ secundário
5 C	PENT	TRIIN	ácido carboxílico	$\text{—C=O}$ $\text{OH}$
6 C	HEX	ENIN		
7 C	HEPT			
8 C	OCT			
9 C	NON			
10 C	DEC			
11 C	UNDEC			

17

Polímero			Mero		
<b>TABLE 15-3 Repeat units and applications for selected addition thermoplastics</b>					
Polymer	Repeat Unit	Application	Polymer	Repeat Unit	Application
Polyethylene (PE)	$\text{—[CH}_2\text{—CH}_2\text{]—}$	Packing films, wire insulation, squeeze bottles, tubing, household items	Polyacrylonitrile (PAN)	$\text{—[CH}_2\text{—CH(CN)]—}$	Textile fibers, precursor for carbon fibers, food container
Polyvinyl chloride (PVC)	$\text{—[CH}_2\text{—CHCl—]}_n\text{—}$	Pipe, valves, fittings, floor tile, wire insulation, vinyl automobile roofs	Polymethyl methacrylate (PMMA) (acrylic-Plexiglas)	$\text{—[C(CH}_3\text{)(COOCH}_3\text{)]—}$	Windows, windshields, coatings, hard contact lenses, lighted signs

18

Table 15.3 (Continued)

Polypropylene (PP)	$\text{—[CH}_2\text{—CH(CH}_3\text{)—]}_n\text{—}$	Tanks, carpet fibers, rope, packaging	Polychlorotrifluoroethylene	$\text{—[CF}_2\text{—CFCl—]}_n\text{—}$	Valve components, gaskets, tubing, electrical insulation
Polystyrene (PS)	$\text{—[CH}_2\text{—CH(C}_6\text{H}_5\text{)—]}_n\text{—}$	Packaging and insulation foams, lighting panels, appliance components, egg cartons	Polytetrafluoroethylene (Teflon) (PTFE)	$\text{—[CF}_2\text{—CF}_2\text{—]}_n\text{—}$	Seals, valves, nonslick coatings

19

**HOMOPOLÍMERO** → Mesmas unidades de repetição ao longo da cadeia

PE = Polietileno

Figure: Three ways to represent the structure of polyethylene: (a) a solid three-dimensional model, (b) a three-dimensional "space" model, and (c) a simple two-dimensional model.

20

**HOMOPOLÍMERO** → Mesmas unidades de repetição ao longo da cadeia

C=C

Monômero

Estireno

$\left[ \text{C}(\text{C}_6\text{H}_5)\text{C}_2\text{H}_4 \right]_n$ 

Polímero

Poliestireno (PS)

21

**COPOLÍMERO** → Cadeias compostas por duas ou mais unidades meros distintas

(a) Alternado

(b) Aleatório

(c) Blocos

(d) Enxertado ou grafitizado

© 2003 Brooks/Cole, a division of Thomson Learning, Inc. Thomson Learning is a trademark and service mark of Thomson Learning.

22

**COPOLÍMERO** → Cadeias compostas por duas ou mais unidades meros distintas

**BS rubber**

 $\text{---} \left[ \text{C}_2\text{H}_4 \text{---} \text{C}_6\text{H}_5 \right]_n \text{---}$ 

Butadiene    Styrene

**SAN polymer**

 $\text{---} \left[ \text{C}_6\text{H}_5 \text{---} \text{C}_2\text{H}_3\text{N} \right]_n \text{---}$ 

Styrene    Acrylonitrile

Figure 15.11 Copolymerization produces the polymer ABS, which is really made up of two copolymers, SAN and BS, grafted together.

23

**COMO OS MERO SE LIGAM PARA FORMAR O POLÍMERO?**

Monômero

→

Polimerização

→

Polímero

(próxima aula)

C=C

Ethylene

$\text{---} \left[ \text{C}_2\text{H}_4 \right]_n \text{---}$ 

Ethylene repeat units

The addition reaction for producing polyethylene from ethylene molecules. The unsaturated double bond in the monomer is broken to produce active sites, which then attract additional repeat units to either end to produce a chain.

24

1) QUAL O TIPO DE LIGAÇÃO? Ao longo da cadeia

A) Metálica  
B) Iônica  
C) Covalente  
D) van der Waals

2) QUAL O TIPO DE LIGAÇÃO? Entre cadeias

A) Metálica  
B) Iônica  
C) Covalente  
D) van der Waals

25

LIGAÇÕES INTERATÔMICAS  
Classificação dos sólidos

26

LIGAÇÕES INTERATÔMICAS  
Classificação dos sólidos

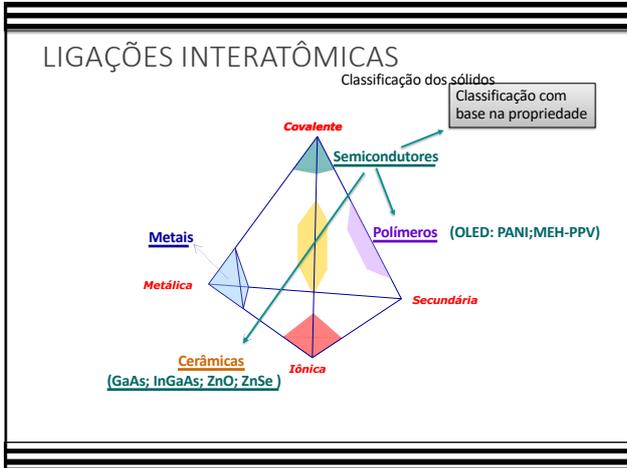
Classificação dos materiais

27

LIGAÇÕES INTERATÔMICAS  
Classificação dos sólidos

Classificação com base na propriedade

28



29

### LIGAÇÃO COVALENTE

- Ocorre nos sólidos elementares (diamante, Si, Ge), moléculas elementares de não-metals ( $H_2$ ,  $Cl_2$ ,  $F_2$ ), moléculas de átomos diferentes ( $CH_4$ ,  $H_2O$ ) e elementos do lado direito da tabela periódica (SiC, GaAs)
- Compartilhamento de elétrons
- Direcional (magnitude da ligação não é igual em todas as direções)

Siicon atom

Covalent bonds

A ligação covalente requer que os elétrons sejam compartilhados entre os átomos de tal forma que cada átomo tenha seu orbital sp externo preenchido. No silício, com uma valência de quatro, quatro ligações covalentes devem ser formadas

30

**EXERCÍCIO:** COMO OS ÁTOMOS DE CARBONO E HIDROGÊNIO SE LIGAM PARA FORMAR O METANO?

31

**EXERCÍCIO:** COMO OS ÁTOMOS DE CARBONO E HIDROGÊNIO SE LIGAM PARA FORMAR O METANO?

Shared electron from hydrogen

Shared electron from carbon

**Figure 2.10** Schematic representation of covalent bonding in a molecule of methane ( $CH_4$ ).

32

### LIGAÇÕES SECUNDÁRIAS

© 2003 Brooks/Cole Publishing / Thomson Learning™

**Figure 2.20** Illustration of London forces, a type of a van der Waals force, between atoms

33

### LIGAÇÕES SECUNDÁRIAS

© 2003 Brooks/Cole Publishing / Thomson Learning™

**Figure 2.21** Polarization of molecules or groups of atoms. In water, electrons in the oxygen tend to concentrate away from the hydrogen. The resulting charge difference permits the molecule to be weakly bonded to other water molecules

34

© 2003 Brooks/Cole Publishing / Thomson Learning™

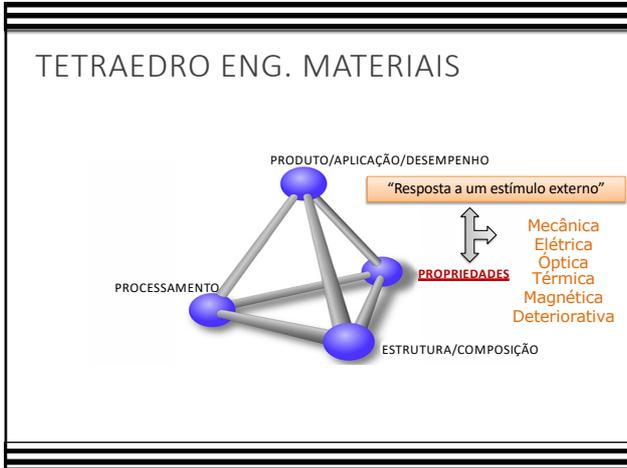
**Figure 2.22 (a)** In polyvinyl chloride (PVC), the chlorine atoms attached to the polymer chain have a negative charge and the hydrogen atoms are positively charged. The chains are weakly bonded by van der Waals bonds. This additional bonding makes PVC stiffer. **(b)** When a force is applied to the polymer, the van der Waals bonds are broken and the chains slide past one another

35

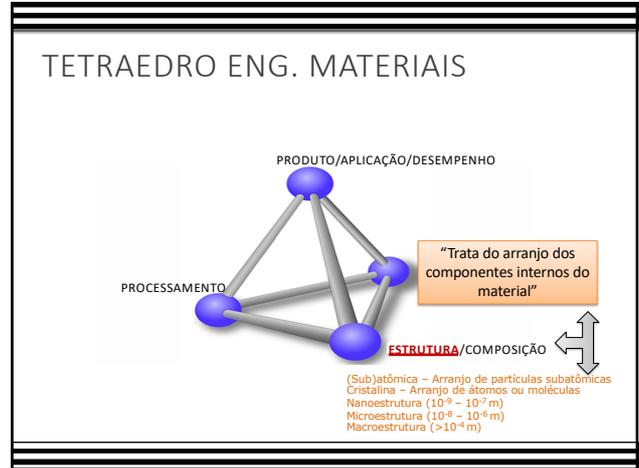
### ENERGIA DAS LIGAÇÕES

Tipo de ligação	Energia da ligação	Comentário
Iônica	Alta	Elétrons transferidos Não-direcional (cerâmicas)
Covalente	Variável Alta - Diamante Baixa - H <sub>2</sub> O	Elétrons compartilhados Direcional (semicondutores, cerâmicas, cadeias poliméricas)
Metálica	Variável Alta - Tungstênio Baixa - Mercúrio	Gás de elétrons Não direcional (metais)
Secundárias	Baixa	Inter-cadeias (polímeros) intermoleculares

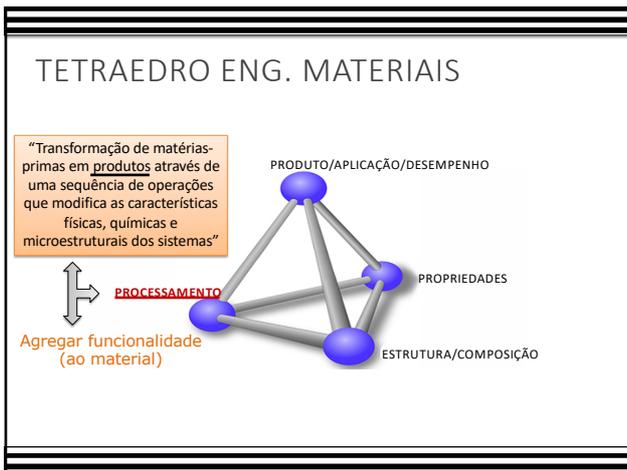
36



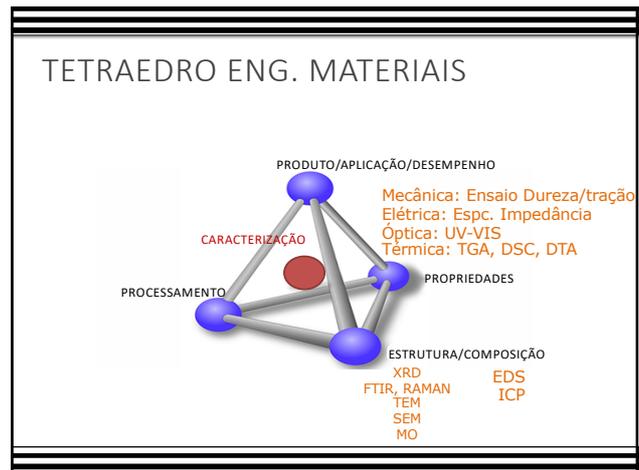
37



38



39

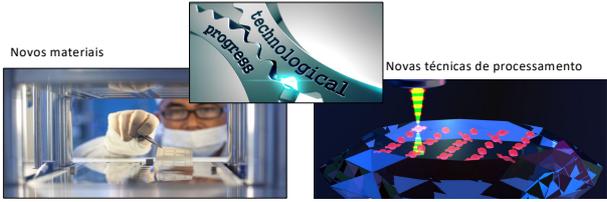


40

CIENTISTAS E ENGENHEIROS BUSCAM...

Novos materiais

Novas técnicas de processamento



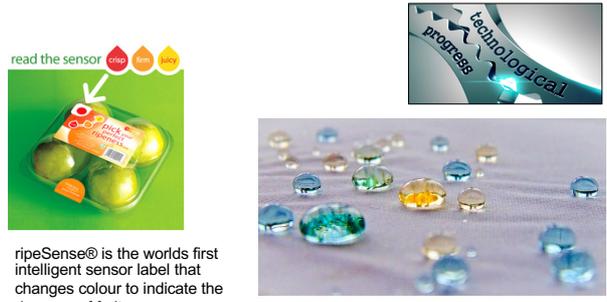
technological progress

41

CIENTISTAS E ENGENHEIROS BUSCAM...

read the sensor

ripeSense®



ripeSense® is the worlds first intelligent sensor label that changes colour to indicate the ripeness of fruit.  
<http://www.ripesense.co.nz>

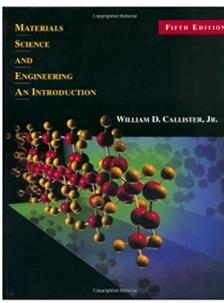
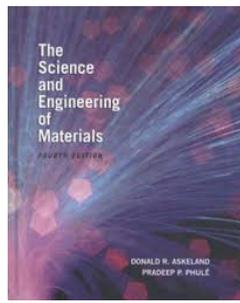
Toalhas auto-limpantes

technological progress

42

BIBLIOGRAFIA

+ Leituras sugeridas no Moodle

43

AVALIAÇÃO

Nota Final =  $0,7 * [P2] + 0,15 * [atividades] + 0,15 * [artigo de divulgação]$

- Quiz
- Tarefas
- Demonstrações

Prova substitutiva??? → NÃO

Conta presença??? → SIM

Atividades em equipes (2 ou 3 integrantes)

Obs: Não pode mudar de grupo

- Demonstrações
- Relatórios
- Artigo de divulgação

44

## CRONOGRAMA

SEMANA	TEMA	DATA
1	<i>Semana preparação pedagógica da EESC (não haverá aula síncrona live)</i>	21/08
2	<i>Teoria – cerâmica (Classificação produtos cerâmicos )</i>	28/08
3	<i>Teoria – cerâmica (Ligações químicas/estrutura)</i>	04/09
4	<i>Teoria – cerâmica (Estrutura/Processamento)</i>	11/09
5	<i>Teoria – cerâmica (Conformação)</i>	18/09
6	<i>Teoria – cerâmica (Tratamentos térmicos)</i>	25/09
7	<i>Teoria – cerâmica (Propriedades)</i>	02/10
8	<b>Avaliação 1</b>	<b>09/10</b>
9	<i>Teoria – polímeros</i>	13/10
10	<i>Teoria – polímeros</i>	20/10
11	<i>Teoria – polímeros</i>	27/10
12	<b>Feriado turmas 201,202, 204 e 205</b>	<b>03/11</b>
13	<i>Teoria – polímeros</i>	10/11
14	<i>Teoria – polímeros</i>	17/11
15	<i>Teoria – polímeros</i>	24/11
16	<b>Avaliação 2</b>	<b>01/12</b>
17	Elaboração/entrega artigo de divulgação	07 a 11/12
18		14 a 18/12