



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
GRUPO DE PESQUISA EM NOVOS MATERIAIS**

INTRODUÇÃO A POLÍMEROS



**2ª SEMANA DE QUÍMICA 19 A 20 DE JUNHO
ETF-MT**

**PROF. DR. JOSÉ DE SOUZA NOGUEIRA
ANDRÉ LUIS BONFIM BATHISTA E SILVA
EMERSON OLIVEIRA DA SILVA**

EDIÇÃO BRASILEIRA

EDITORA GPNM

EDITOR: André & Emerson

EDIÇÃO DE TEXTO: André Luis Bonfim, José de Souza Nogueira e
Emerson Oliveira da Silva

2000

Todos os direitos reservados pelo Grupo de Pesquisa em Novos
Materiais.

Av. Fernando Corrêa da Costa S/N, ICET - Departamento de Física,
Sala 218 A, CEP 78060-900

Tel (0xx65) - 615 8748

Internet: [http// www.gpnm.com.br](http://www.gpnm.com.br)

e-mails: andrelbbs@hotmail.com

emerson1@vem.ca

1 INTRODUÇÃO

Desde o início dos tempos, o homem vem executando trabalhos de engenharia progressivamente mais complexos, com finalidade de suprir abrigo e propiciar conforto para si e seus dependentes, protegendo-se dos perigos e das intempéries.

O primeiro elemento estrutural de engenharia usado pelo homem, foi a madeira, seguindo-se a pedra, depois metais, a cerâmica, o vidro e, finalmente, os polímeros.

A palavra polímero é utilizada para designar moléculas de substâncias formadas por um número grande de unidades moleculares repetidas, denominadas monômeros. Na natureza, são encontrados muitos polímeros importantes: celulose, amido, algodão, borracha, madeira, lã, cabelo, couro.

Os primeiros polímeros sintéticos resultaram da procura de substâncias que reproduzissem as propriedades encontradas nos polímeros naturais. Assim, a falta de borracha natural, no período da Segunda Guerra Mundial, motivou a pesquisa para obtenção de borracha Sintética. Na tentativa de substituir a seda, descobriu-se a fibra de *nylon* (*Now You Look Old Nippons*). Posteriormente, surgiram vários tipos de polímeros, que permitiram uma modificação muito grande nos costumes do mundo atual.

Os polímeros constituem matéria-prima para a confecção de artigos com a finalidade de atender as mais diversas áreas de utilização.

2 CONCEITOS BÁSICOS DOS POLÍMEROS

Polímeros são materiais que apresentam em sua estrutura molecular unidades relativamente simples que se repetem, ligadas entre si por ligações covalentes do tipo sp^3 , formando longas cadeias e, portanto, resultando em compostos de alta massa molecular.

Essas unidades que se repetem são conhecidas como *meros* ou *unidades monoméricas*. No entanto, existem polímeros que não possuem massa molecular muito elevada. Esses polímeros são chamados *oligômeros*. Para os polímeros que realmente possuem alta massa molecular (da ordem de 10^3 a 10^6 g/mol), usa-se a expressão *alto polímero* (high polymer).

O termo polímero vem do grego e quer dizer muitas partes, já o termo oligômero, também do grego, significa poucas partes.

Os polímeros, diferentemente das substâncias químicas de baixa massa molecular, são produtos heterogêneos, pois possuem uma mistura de moléculas de diferentes massas moleculares, apresentando, portanto, *polimolecularidade*.

O número de meros na cadeia polimérica é chamado *grau de polimerização*. Por via de regra, é simbolizado pela letra n . O produto do grau de polimerização n e da massa molecular da unidade monomérica M_u , é a massa molecular do polímero, como indica a equação abaixo:

$$M_{pol} = nM_u$$

Quando existem tipos diferentes de meros na composição do polímero, este é designado *copolímero*. Se no entanto existirem três meros formando o polímero, pode-se chamá-lo de *terpolímero*. Já os polímeros que possuem somente um tipo de mero, podem ser chamados de *homopolímeros*.

Quando na cadeia do copolímero houver alternância de segmentos formados pela repetição de cada um dos meros, tem-se um *copolímero em bloco* (Figura 1). Quando os blocos forem ramificações poliméricas introduzidas em um polímero anteriormente linear, tem-se um *copolímero grafitizado*, Figura 2 (do inglês graft, 'enxerto'), conforme o esquema abaixo, onde as letras representam meros.



copolímero em Bloco

Figura 1: Esquema de um copolímero em bloco

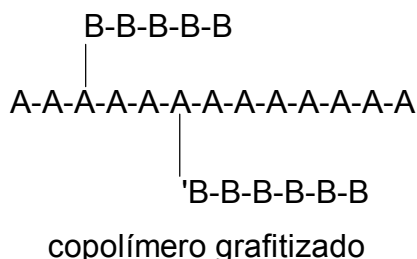
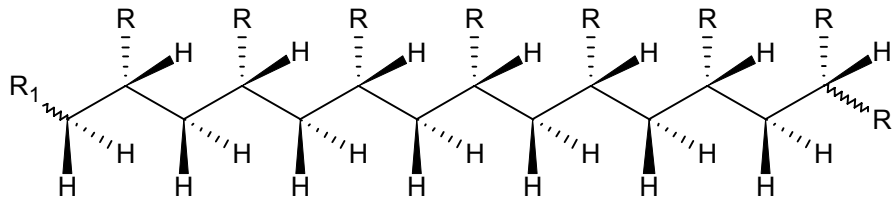


Figura 2: Esquema de um copolímero em grafitizado

Dependendo das características físicas desejadas para formar materiais a partir de polímeros, faz-se necessária o controle da porcentagem de cada mero.

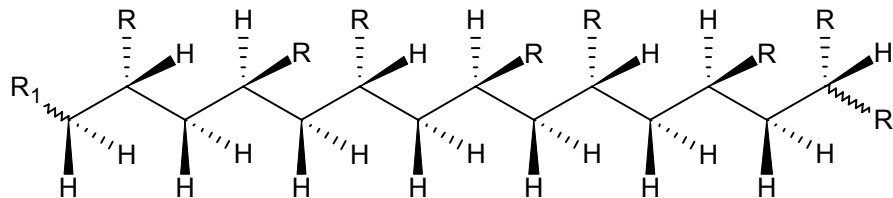
Em contraposição a expressão copolímero, usa-se o termo homopolímero para ressaltar a existência de apenas um tipo de mero. Quando à taticidade, ou seja, à orientação dos substituintes em relação ao plano formado pela cadeia principal (em zig-zague, devido a ligação sp^3) de um polímero supostamente linear, tem-se:

- a) **polímeros isotáticos**, em que as ramificações estão todas voltadas para um mesmo lado do plano.

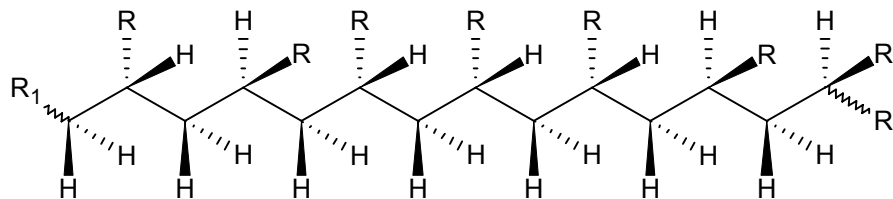


Alguns polímeros comerciais, tais como polipropileno isotático que tem uma estrutura regular, são denominadas cristalinos, embora eles sejam na realidade semi-cristalinos. Nesses polímeros são distinguidos duas regiões uma amorfa e outra cristalina na mesma macromolécula.

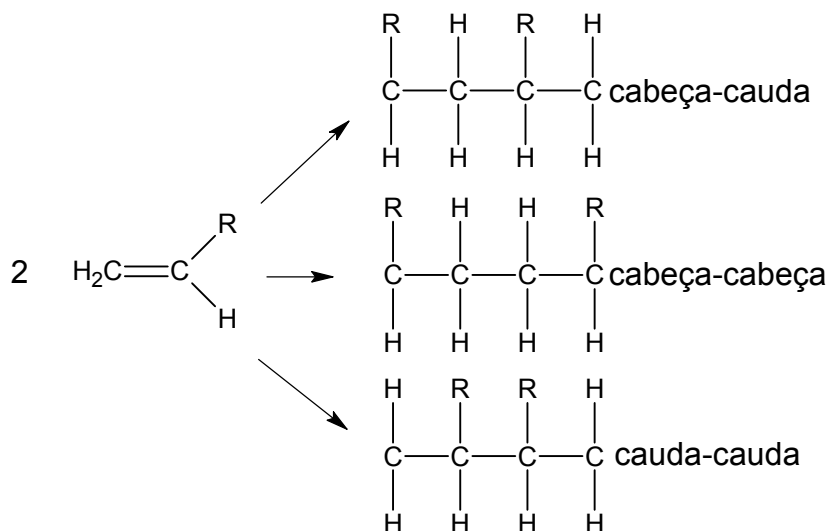
- b) **polímeros sindiotáticos**, em que há alternância de orientação em relação ao plano da cadeia.



- c) **polímeros atáticos**, quando não há qualquer regularidade de orientação.



Quanto aos tipos de encadeamento entre os monômeros, tem-se: encadeamento cabeça-cauda, cabeça-cabeça e cauda-cauda, predominando o primeiro, por razões estéricas.



3 ASPECTOS ESTRUTURAIS

Os polímeros podem ter suas cadeias sem ramificações, admitindo conformação em zigue-zague - polímeros lineares - ou podem apresentar ramificações, cujo grau e complexidade pode ir até o extremo da formação de retículos, resultando então o que se denomina polímero reticulado, ou polímero com ligações cruzadas, ou polímero tridimensional.

Como consequência imediata, surgem diferentes propriedades no produto, especialmente em relação à fusibilidade e solubilidade. Os polímeros laterais, dificultando a aproximação das cadeias poliméricas, isso faz com que diminua as interações moleculares, o que acarretam às propriedades mecânicas, 'plastificando' internamente o polímero. A formação de retículos, devido as ligações cruzadas entre moléculas.

Levando-se em conta a mobilidade relativa das moléculas, é fácil compreender porque os polímeros lineares ou ramificados são, em princípio, solúveis em solventes adequados e passíveis de sofrer escoamento sob a ação de calor e pressão, enquanto que os polímeros com estrutura molecular tridimensional são insolúveis e infusíveis.

Nos plásticos, a linearidade molecular caracteriza os chamados plásticos termoplásticos, que podem ser moldados e reprocessados sucessivamente, como por exemplo o polietileno, poliestireno, PVC, etc.

4 NOMENCLATURA

Embora não exista uma nomenclatura que possa identificar sem ambigüidade todas as substâncias poliméricas, tem maior aceitação aquela em que se toma o(s) monômero(s) como ponto de partida (baseia-se no processo de preparação) Outros métodos baseiam-se na estrutura do mero ou então são empíricos.

Homopolímeros

Admitindo o monômero como base, basta acrescentar o prefixo 'poli'. No caso do monômero ter nome composto, este deverá vir entre parênteses. Alguns exemplos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Nomenclatura de homopolímeros.

Polímero	Monômero
Poliétileno	$H_2C=CH_2$ (etileno)
Poliestireno	$H_2C=CH_2-\phi$ (Estireno)
Polibutadieno	$CH_2=CH-CH=CH_2$
Poliisopreno	$CH_2=C(CH_3)-CH=CH_2$
Poli(Metacrilato de Metila)	$H_2C=CH_2-COOCH_3$
Poli(Cloreto de Etila) PVC	$H_2C=CHCl$ (Cloreto de vinila)
Poliformaldeído	CH_2O
Poli(Óxido de Etileno)	CH_2-CH_2O

Em alguns casos recorre-se a um monômero hipotético, como o poli(álcool vinílico), vulgarmente referido como álcool polivinílico. A nomenclatura em bases empíricas é comum aos nylons e nas borrachas: nylon-6, nylon-11 (o número se refere ao número de átomos de carbono do aminoácido que poderia ter originado o polímero); elastômero BR, elastômero CR, elastômero IR (polibutadieno, policloropreno e poliisopreno, respectivamente).

Copolímeros

No caso de uma distribuição ao acaso, emprega-se a partícula co entre o nome dos monômeros: poli(indeno-co-metacrilato de metila), devendo ser escrito em primeiro lugar o constituinte mais abundante. Se houver regularidade, as partículas alt, b ou g, significando, respectivamente, alternado, bloco ou graftizado, deverão constar: poli(etileno-alt-monóxido de carbono), poli(metacrilato de metila-b- α metilestireno)-longos blocos de metacrilato de metila-, poli(etileno-g-acrilonitrila)-suporte de polietileno.

Alguns nomes vulgares, com bases empíricas, são também empregados: nylon-610, nylon-66 (copolímeros de diácidos com dez e seis átomos de carbono e diamina com seis átomos de carbono), elastômeros SBR, EPR e IIR (copolímeros de butadieno e estireno, etileno e propileno, isobutileno e isopreno, respectivamente).

5 CLASSIFICAÇÃO

São normalmente classificados quanto a estrutura química das cadeias, ao método de preparação, às características tecnológicas e ao comportamento mecânico.

Quanto à estrutura química

Os grupos funcionais presentes são a base de classificação: poliamidas, poliésteres, poliéter, poliuretanas, polianidridos etc.

Quanto ao método de preparação

De um modo geral são divididos em polímeros de **adição** e polímeros de **condensação**, conforme ocorra uma simples adição, sem subprodutos, ou uma reação em que moléculas pequenas como H₂O, HCl sejam eliminadas.

Quanto às características tecnológicas

Entre outros fatores, os processos tecnológicos são dependentes do comportamento térmico dos polímeros. Dois grupos podem ser caracterizados: os *termoplásticos*, que se tornam moldáveis sempre que aquecido à temperatura de amolecimento, e os *termorrígidos*, que, uma vez aquecidos para moldagem, tornam-se rígidos, não amolecendo se forem depois aquecidos.

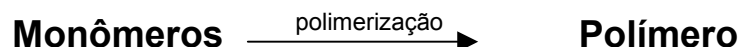
Quanto ao comportamento mecânico

Dividem-se em três grandes grupos: borrachas ou elastômeros, plásticos e fibras.

Resina é uma substância amorfa ou uma mistura, de peso molecular intermediário ou alto, insolúvel em água, mas solúvel em alguns solventes orgânicos, e que, à temperatura ambiente, é sólido ou líquido muito viscoso, que amolece gradualmente por aquecimento. Todas as resinas naturais são solúveis e fusíveis, e todos os polímeros sintéticos que obedecem as condições acima apontadas são também chamadas de resinas sintéticas.

6 POLIMERIZAÇÃO

Polimerização é o processo de transformação química de um ou mais monômeros em polímeros



Para que ocorra a polimerização é necessário que a molécula tenha duplas ligações no monômero ou 2 centros ativos

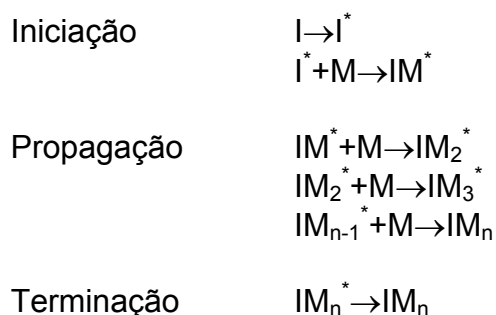
6.1 Tipos de polirreações

Os altos polímeros podem ser sintetizados a partir de moléculas pequenas (monômeros) por dois tipos principais de polirreações: polimerização por adição e polimerização por condensação.

A **polimerização por adição**, também denominada polimerização em cadeia, consiste na adição de uma molécula a outra através da utilização de ligações insaturadas. Por exemplo, o polietileno é formado por sucessivas adições de unidades $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ (monômero) à cadeia polimérica em crescimento. O desenvolvimento da cadeia pode ser iniciado pela introdução de um radical livre ou ion que, adicionado a uma molécula de monômero insaturado, gera uma espécie ativa, que, por reações sucessivas com outras moléculas do monômeros da origem à cadeia polimérica. Essa fase de crescimento da polimerização ocorre a uma velocidade muito grande. Finalmente ocorre a terminação da polimerização que consiste na interrupção do crescimento da cadeia e pode ser por:

- Combinção bimolecular de cadeias em crescimento;
- Desproporcionamento, através de transferência de átomos de hidrogênio de uma cadeia em crescimento para outra;
- Transferência de cadeia, através da transferência de átomos de hidrogênio ou outro elemento, proveniente do solvente, monômero, iniciador, polímero acabado ou de outra molécula estranha à cadeia em crescimento;
- Combinção de dois ou mais dos processos acima citados.

Um esquema geral do mecanismo das poliadições é apresentado abaixo:



Onde: I = molécula do iniciador,
M = monômero,
 I^* = espécie ativa (radical ou íon).

Se duas espécies diferentes de monômeros são utilizados como materiais de partida, pode ocorrer copolimerização, com possibilidade de formação de uma grande variedade, dependendo das proporções dos monômeros no produto.

A **polimerização por condensação** é um tipo de polirreação que ocorre pela eliminação de uma molécula menor e a formação de ligação entre dois monômeros, cada um contendo dois grupos, de modo que a reação possa ocorrer repetidamente produzindo uma macromolécula.

Nesse caso, como não existe diferença de reatividade em relação aos monômeros dos grupos terminais da cadeia, em qualquer fase do seu crescimento, tem-se uma evolução uniforme, sem as etapas distintas que caracterizam as poliadições. Os mesmos efeitos observados, quando da adição de um ácido mineral, na velocidade de substituição nucleofílica da hidroxila de um ácido por um grupo alcóxido, serão sentidos na velocidade de formação de um polímero que envolva essa mesma reação sucessivamente.

A funcionalidade dos monômeros (número de centros ativos) será responsável pela existência ou não de ramificações nas cadeias poliméricas. Assim, um glicol e um diácido darão um poliéster essencialmente linear, enquanto que se o álcool for o glicerol, que contém três hidroxilas, tem-se um polímero necessariamente ramificado e, provavelmente, com ligações cruzadas formando um retículo.

6.2 Técnicas De Polimerização

O desenvolvimento das técnicas de polimerização é impulsionado pela necessidade de se obter polímeros de composição ótima (isentos de impurezas) no menor tempo. Industrialmente empregam-se quatro técnicas de polimerização: em massa, em solução, em emulsão e em suspensão. As duas primeiras passam em sistema homogêneo e as duas últimas em heterogêneo. Existe ainda a técnica de polimerização interfacial, porém ainda não foi empregada industrialmente.

Polimerização em massa

É grandemente aplicada em policondensações industriais em que as reações são apenas moderadamente exotérmicas e o aumento da viscosidade do meio é lento, permitindo agitação, transferência de calor e eliminação de bolhas. No caso de monômeros Vinílicos, sua aplicação é mais difícil, pois as reações são fortemente exotérmicas e a viscosidade aumenta muito logo no início da reação, dificultando a agitação e levando à formação de pontos superaquecidos. Exceto na preparação de placas moldadas, principalmente de poli(metacrilato de metila), esta técnica é pouco usada para polímeros Vinílicos. Sua grande desvantagem é a pureza do polímero acabado, já que o monômero atua como o próprio solvente da reação.

Polimerização em solução

Usa-se nesse caso um solvente para os monômeros, que poderá ou não dissolver também o polímero. A Homogeneização de temperatura, obtida pela

facilidade de transferência de calor, é a principal vantagem dessa técnica. O retardamento da reação pelo solvente e a dificuldade de sua remoção do polímero, que pode provocar bolhas e rachaduras nos artefatos acabados, são as principais limitações. Essa técnica pode ser empregada tanto em policondensação como em poliadições.

Polimerização em emulsão

Nessa técnica é empregado um sabão para emulsificar os monômeros em um não solvente, que geralmente é a água. Um iniciador hidrossolúvel, como o persulfato de potássio, é responsável pela formação de radicais livres, que completam a iniciação, reagindo com moléculas de monômeros que se encontram dispersas na fase aquosa:

Como a tendência do emulsificante é de formar micelas (de $1\text{m}\mu$ a 1μ de diâmetro), cuja parte interna é constituída pelas cadeias apolares das moléculas de sabão, esta será a região preferida pelas moléculas do monômeros, também apolares.

Uma vez completada a iniciação, o radical migra para o interior das micelas, havendo aí a propagação. A polimerização em emulsão é grandemente empregada para poliadições, pois apresenta vantagens de fácil controle de temperatura, de conduzir a elevadas e homogêneas MM_s e de rápida e alta conversão com fácil agitação, por não haver aumento de viscosidade. Tem como desvantagem a dificuldade de remoção completa do emulsificante, o que restringe as aplicações do material.

Polimerização em suspensão

Tem também aplicação industrial, sendo o meio reacional constituídos de monômeros, um iniciador neles solúvel e água. Agitação vigorosa faz com que se formem gotículas do monômero (0,01-0,50 cm), onde ocorre a polimerização. É comum o uso de estabilizadores de emulsão, que podem ser eletrólitos, para aumentar a tensão interfacial entre as fases. Ao final da reação, cessada a agitação, precipitam as 'pérolas' do polímero. Esse método é empregado comercialmente na preparação do poliestireno, poli(metracrilato de metila), poli(cloreto de vinila), poli(cloreto de vinilideno) e poliacrilonitrila.

Polimerização interfacial.

Ocorre quando a reação é conduzida na interface de dois solventes, cada um contendo um dos monômeros. Altas MM_s podem ser obtidas usando-se essa técnica, e o polímero removido pelo estiramento lento e contínuo do filme que se forma entre as duas camadas líquidas, ou então por agitação, que produz gotículas dispersas, em cuja superfície ocorra a reação de polimerização. A

reação de uma diamina solúvel em água com um cloreto de diácido na fase orgânica é um exemplo típico em que essa técnica pode ser aplicada.

7 APLICAÇÕES

A princípio todos os polímeros são isolantes, a medida que o dopamos, façamos com este conduza impulsos elétricos.

A utilidade de alguns polímeros depende principalmente de suas propriedades *elétricas*, as quais os torna adequado para isolamento elétrico, em capacitores dielétricos, ou radomes de micro-ondas. Em algumas aplicações, tais como janelas ou na camada adesiva entre os vidros de janelas de veículos (vidros de segurança), as propriedades *ópticas* são importantes. Plásticos e elastômeros usados como implantes cirúrgicos em tecidos humanos devem ter comportamento *bioquímico* apropriado (devem ser inertes ou possuírem decomposição controlada, além de apresentarem ausência de reações de rejeição pelo corpo humano). Propriedades térmicas podem ser de importância predominante em polímeros que encontram aplicação em isolação térmica.

7.2 Naturais

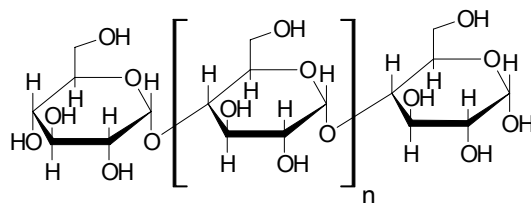
A quantidade de polímeros naturais que existem na terra excede, de longe, os milhões de toneladas de polímeros sintéticos que o homem tem produzido na indústria moderna.

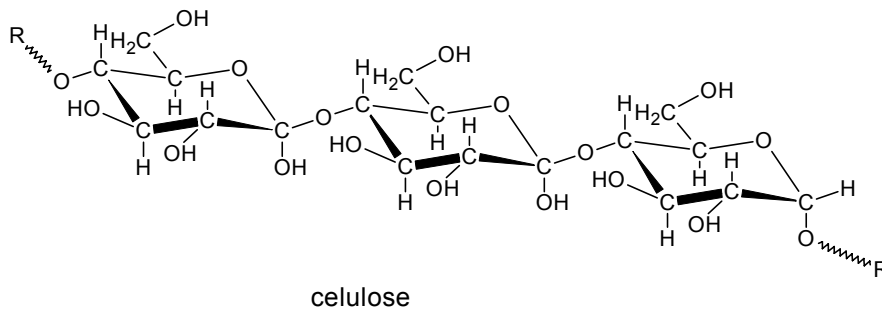
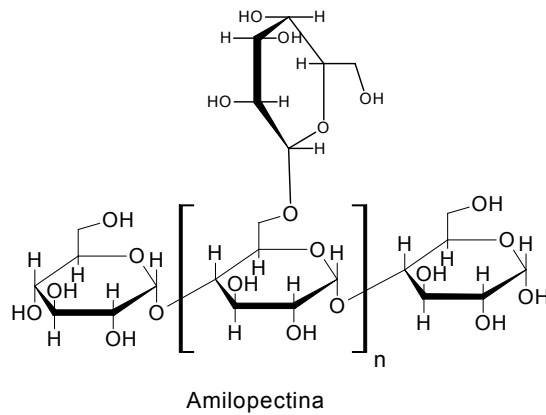
O principal constituinte das paredes celulares de plantas e árvores é a celulose, um polímero contendo carbono, hidrogênio e oxigênio. Proteínas, que são encontradas em abundância tanto na vida animal como na vegetal, são polímeros produzidas pela condensação de α aminoácidos. Além desses, há polímeros naturais não tão abundantes, por exemplo a borracha, os quais são também muito importantes.

Polissacarídeos

A Amilose, Amilopectina e celulose, são derivados da glicose (Amido, celulose). Veja as suas respectivas estruturas abaixo:

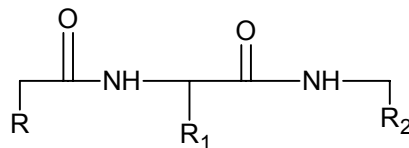
Amilose





Proteínas

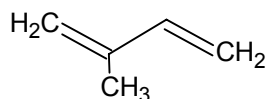
Proteínas são polipeptídios que tem uma ordem definida em relação aos grupos aminoácidos que formam o polímero. A natureza dos radicais **R** (e a ordem em que estão dispostos) determina as propriedades da proteínas (Albumina, caseína, colágeno, globulina, seda)



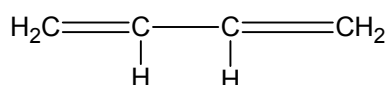
Elastômero

Apresentam capacidade de estiramento extremamente elevada, sofrendo deformação elástica completa e reversível; têm tendência muito baixa à cristalização.

A borracha natural é um polímero do isopreno (borracha natural, guta percha); sua aplicação industrial está na fabricação de materiais hospitalares, pneumáticas e artigos para recreação (bolas).

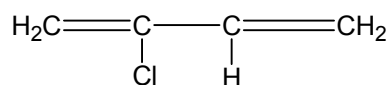


A borracha sintética Buna é um polímero do eritreno, sua aplicação industrial está na fabricação de pneumáticas



1,3 butadieno

A borracha sintética neopreno é um polímero do cloropreno, sua aplicação industrial está na fabricação de gaxetas, amortecedores, objetos utilizados no mar (vestimentas, cobertura de cabos submarinos) e adesivos.



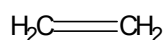
cloropreno

7.3 Sintético

Plásticos

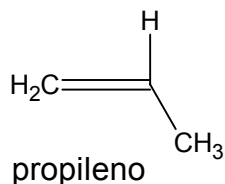
Apresentam capacidade de estiramento bastante inferior à dois elastômeros, possuindo alguma elasticidade reversível e sofrendo pequeno deformação permanente; têm moderada tendência à cristalização.

O plástico polietileno é um polímero do etileno, sua aplicação industrial está na fabricação de chaveiros, sacos, fitas para lacre de embalagens, frascos e filmes para embalagens.



etileno

O plástico polipropileno é um polímero do propileno, sua aplicação industrial está na fabricação de carcaças de eletrodomésticos, tubos para cargas de canetas esferográficas, seringas descartáveis, sacarias, brinquedos e para-choques.



O plástico polipropileno é um polímero do propileno, sua aplicação industrial está na fabricação de carcaças de eletrodomésticos, tubos para cargas de canetas esferográficas, seringas descartáveis, sacarias, brinquedos e para-choques.

7.3 Sintéticos

Polímeros de transformação (borracha clorada, borracha ciclizada, celulose regenerada, ésteres e éteres de celulose);

Polímeros de síntese (maioria dos elastômeros, plastômeros, resinas diversas e fibras têxteis atualmente utilizados, obtidos a partir de produtos carboquímicos, petroquímicos ou xiloquímicos.

Solubilidade de polímeros:

Vários fatores influem na solubilidade de um polímero, entre os quais o grau de cristalinidade de um polímero e o peso molecular do polímero. Em vista disso, vamos ter variações de amostra para amostra.

Apesar disso, o conhecimento da solubilidade tem um papel importante na caracterização dos polímeros. Por exemplo, na determinação do peso molecular de um polímero, pelo método viscosimétrico, o solvente deverá ser conhecido. Também certos polímeros só podem ser fabricados a partir de suas soluções.

Os polímeros de ligações cruzadas em geral não apresentam um comportamento normal no que tange à solubilidade, podendo inchar na presença de certos solventes. Abaixo temos uma tabela que dá de um modo geral a solubilidade de alguns polímeros.

Polímeros	Solventes
Polisulfonamidas (tendo –NH-) Poliâmidas	Solventes ácidos, ácido fórmico, m. cresol, solventes básicos; solução 10% de hidróxido de sódio, dimetil formamida
Poliuretanas	Solventes clorados; cloreto de metileno, clorofórmio, misturas de cloreto de metileno ou clorofórmio com metanol a 10-20% em peso.
Poliésteres	Solventes clorados; tricloroetano, diclorobenzeno; poliuretanas
Polímeros vinílicos	Cetonas, hidrocarbonetos aromáticos, éteres cíclicos, solventes clorados.
Poli(vinil álcool)	Água
Poli(cloreto de vínila)	Tetrahidrofurano, dioxano.
Poli(acetato de vinila)	Acetona, metil etil cetona
Poliestireno	Xileno, acetato de butila, tetracloroeto de carbono
Ésteres poliacrílicos e metacrílicos	Metil etil cetona, tetrahidrofurano
Poliacrilonitrila	Dimetilformamida
Epoxi	Benzeno, dioxano, dicloroetileno
Condensados uréia formaldeído	Água, butanol, tolueno.
Condensados fenol-formaldeído	Álcool, acetona.
Alquídicas (tipo ácido ftálico, glicerol)	Acetona, metil etilcetona, ácido acético, tolueno.

Indústrias de adesivos e materiais de calefetação;
 Indústria de borrachas;
 Indústria de fios e cabos elétricos;
 Indústria de materiais estruturais e de construção civil;
 Indústria de plásticos;
 Indústria de têxteis;
 Indústria de tintas.

Prática nº 1

Título: Síntese de um polímero – Formação de espuma

Materiais:

- Copo de plástico descartável;
- Palito de picolé;
- Etilenoglicol;
- Diisocianato de parafenileno.

Procedimento:

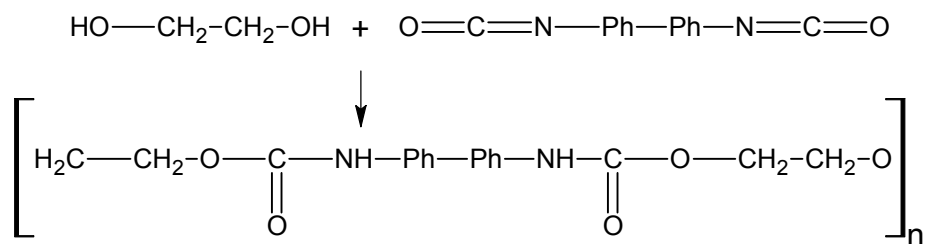
Colocar no copo de plástico cerca de 5 mL de etilenoglicol e cerca de 5 mL de diisocianato de parafenileno. Homogeneizar com o palito. Observar a evolução da reação.

Interpretação Microscópica:

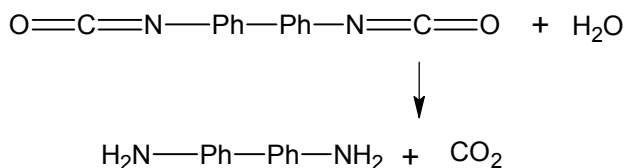
O etilenoglicol, ao reagir com o diisocianato de parafenileno produz um polímero; ao mesmo tempo, uma segunda reação ocorre e nesta um gás é produzido. A saída do gás promove a expansão do polímero sobre a forma de uma espuma.

Expressão Representacional:

Reação 1



Reação 2

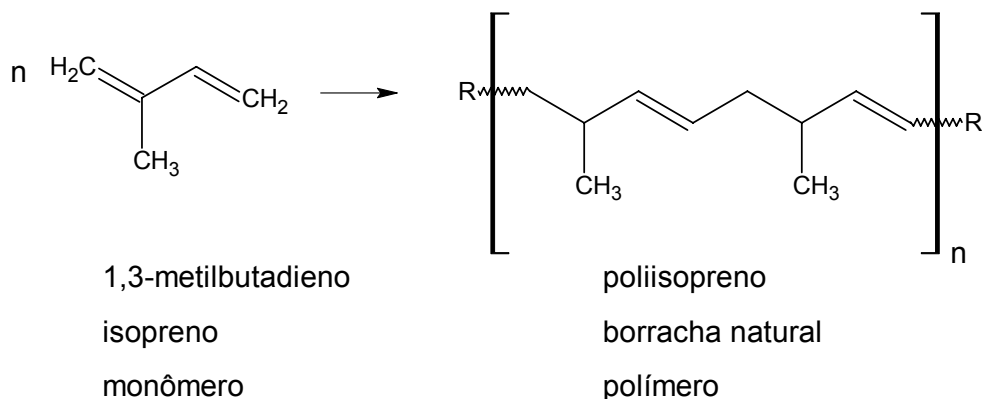


Prática nº 2**Título:** Síntese de um tipo de polímero – Borracha natural**Materiais:**

- Copo de plástico descartável;
- Palito de picolé;
- Látex;
- Ácido acético (vinagre).

Procedimento:**Interpretação Microscópica:**

No látex, as moléculas do hidrocarboneto 1,3-metilbutadieno estão agregados em partículas, com tamanho médio de 0,5 micrometros, sendo algumas só perceptíveis através da microscopia eletrônica. As partículas em forma de pérolas estão em constante agitação (movimento browniano). Elas tendem a coalescer quando o látex (que é neutro, pH entre 7,0 e 7,2) fica exposto ao ar por um período entre 12 e 24 horas. Neste período, acontece naturalmente a reação de produção do ácido láctico que reduz o pH para 5,0, ocorrendo a polimerização espontânea, isto é, a formação da borracha. A estrutura da borracha pode ser representada por $(C_5H_8)_n$, onde n é da ordem de 10.000 e apresenta massa molar média de 600.000 a 950.000 g/mol. As propriedades mais importantes da borracha são a elasticidade e a impermeabilidade.

Expressão Representacional:

Prática nº 3

Título: Elasticidade da borracha

Materiais:

- Dois balões de borracha;
- Uma agulha de tric.;

Procedimento:

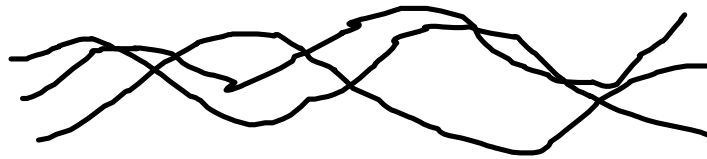
Inflar com ar os balões tendo o cuidado de deixar um com volume de ar próximo ao limite de elasticidade da borracha (cheio) e outro com pouco ar, longe de estar no limite de elasticidade. Com agulha tentar atravessar cada um dos balões, de forma a conseguir reter o ar no interior do balão.

Interpretação Microscópica:

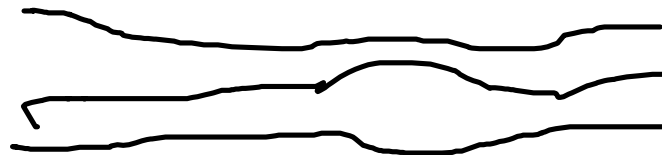
A borracha não é um polímero linear. Entre as diversas cadeias do polímero ocorrem ligações cruzadas criando assim uma estrutura tridimensional que toma grande número de conformações diferentes originando formas torcidas e enroladas. Isto explica a propriedade de estiramento da borracha. Na estrutura da borracha, as moléculas grandes e flexíveis tendem a se enrolar de maneira desordenada e quando o material é esticado as moléculas ficam desenroladas. Quando um material esticado é solto, a desordem aumenta e a borracha se contrai. Essa situação particular do polímero permite que ele possa conter um fluido e adaptar-se as transformações provocadas pelas mudanças de forma deste fluido.

Expressão Representacional:

Borracha solta



Borracha esticada



Prática nº 4**Título:** Cristalização da borracha – Temperatura vítrea**Materiais:**

- Bolinhas de borracha;
- Nitrogênio líquido.

Procedimento:

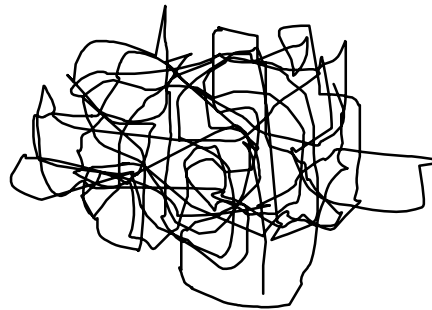
Verificar a flexibilidade da bolinha de borracha. A seguir mergulhar a bolinha no nitrogênio líquido por alguns minutos e lança-la contra a parede

Interpretação Microscópica:

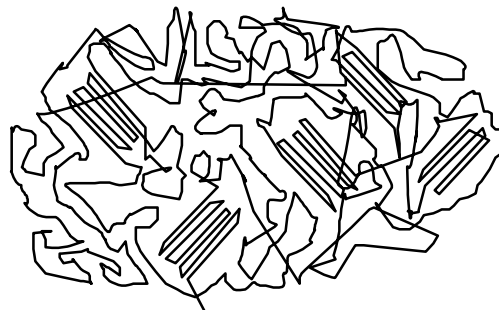
Um polímero como a borracha, submetido a uma temperatura suficientemente elevada, torna-se um material fundido amorfo, extremamente pegajoso. Quando a borracha é resfriada ocorre a formação de regiões chamadas cristalinos, mas ainda persiste muito material amorfo onde o enrolamento acentuado confere aos polímeros flexibilidade. A 25°C, as cadeias podem enrolar-se de uma forma a outra, milhares de vezes, porém tal movimento é extremamente lento a -100°C. Com o resfriamento a -196°C (nitrogênio líquido) o enrolamento torna-se cada vez mais lento, a mobilidade da cadeia é insignificante e o polímero é um sólido duro, vítreo e quebradiço.

Expressão Representacional:

Polímero a temperatura ambiente



Polímero submetido a baixas temperaturas



Prática nº 5**Título:** Termoplásticos e termorrígidos**Materiais:**

- Placa metálica;
- Fonte de aquecimento;
- Plásticos: garrafas de refrigerantes, saquinhos de supermercado, pedaços de bateria, cabo de panela, etc.

Procedimento:

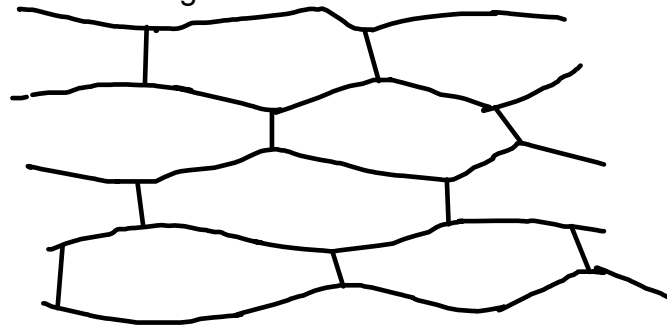
Executar testes de aquecimento com os diversos materiais, com o intuito de identificar quem é termoplástico e quem é termorrído.

Interpretação Microscópica:

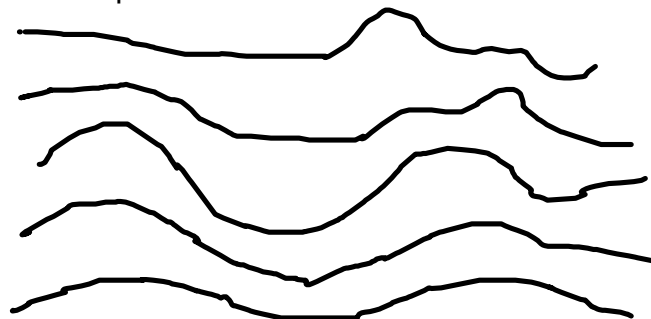
Um material termoplástico pode ser refundido (transformação física) muitas vezes. Isto é possível porque as cadeias não são interligadas e podem deslizar uma sobre as outras. Nos plásticos termorrígidos este movimento não é possível por causa das ligações cruzadas (entre cadeias) e o sólido não pode ser moldado.

Expressão Representacional:

Estrutura de um polímero termorrígido



Estrutura de um polímero termoplástico



Prática nº 6**Título:** Solubilidade de um polímero**Materiais:**

- Béquer ou copo grande incolor;
- Acetona, acetato de etila, terebentina, clorofórmio, diclorometano, etc.
- Isopor.

Procedimento:

Colocar em um recipiente de vidro incolor aproximadamente 200 mL do solvente, em seguida adicionar ao sistema o isopor até formar uma pasta viscosa.

Interpretação Microscópica:

Plástico, fibras e borrachas são insolúveis em água, que é um solvente polar, mas dependendo da estrutura do polímero ela pode ser solúvel em outros solventes apolares.

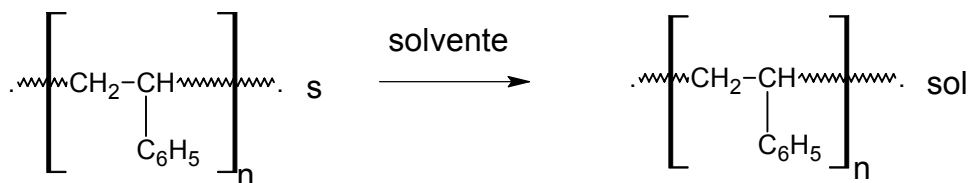
Polímeros orgânicos podem ser: polares ou apolares; cristalinos ou amorfos, lineares ou com ligações cruzadas.

Um polímero amorfo, não polar e linear é miscível em todas as proporções com um solvente orgânico desde que haja coincidência entre as respectivas polaridades.

O isopor, poliestireno expandido, é completamente miscível com benzeno, tolueno, tetracloreto de carbono, mas é apenas inchado parcialmente por hexano e por acetona.

Um polímero cruzado e amorfo, como a espuma de poliuretana, ou a borracha natural, não pode dissolver-se em nenhum solvente, mas seu grau de inchamento é uma medida de afinidade pelo solvente.

Polímeros cristalinos são muito menos solúveis que polímeros amorfos.

Expressão Representacional:

Prática nº 7

Título: Utilização de um polímero como gel absorvente

Materiais:

- Copo de plástico descartável (transparente);
- Palito de picolé;
- Poliacrilato de sódio;
- Água.

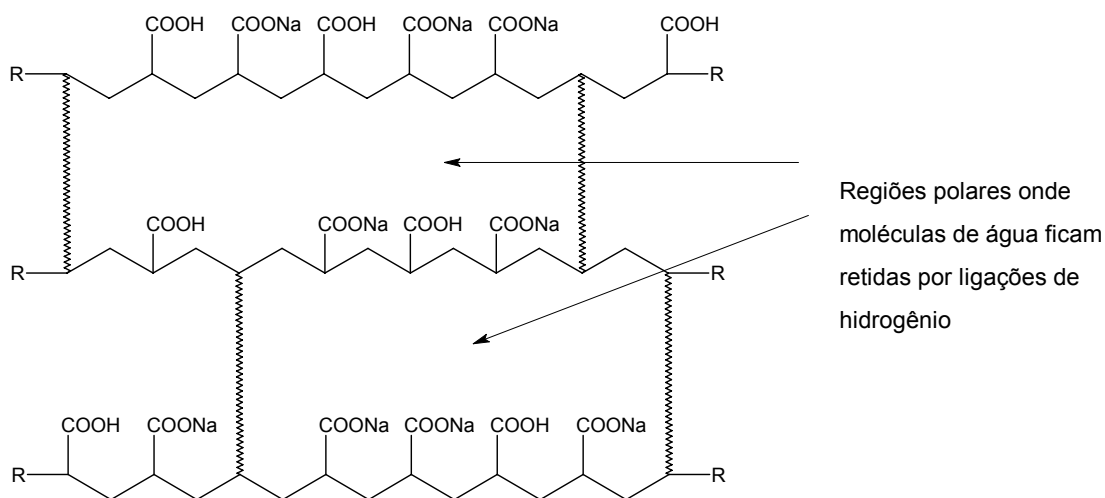
Procedimento:

Ao copo de plástico adicionar cerca de 1,0 g de poliacrilato de sódio. Adicionar 200 mL de água. Agitar com o palito. Deixar em repouso. Observar a consistência do material.

Interpretação Microscópica:

O poliacrilato de sódio possui ao longo da cadeia grande quantidade de grupos polares hidrofílicos. Esses grupos formam ligações de hidrogênio (pontes de hidrogênio) com a água e retêm a água nos interstícios da rede polimérica.

Expressão Representacional:



Prática nº 8**Título:** Formação de uma geléia**Materiais:**

- Solução saturada de ácido bórico;
- Cola à base de álcool polivinílico (PVA);
- Copo de vidro ou plástico;
- Corante (azul de metileno ou anilina)
- Palito de picolé.

Procedimento:

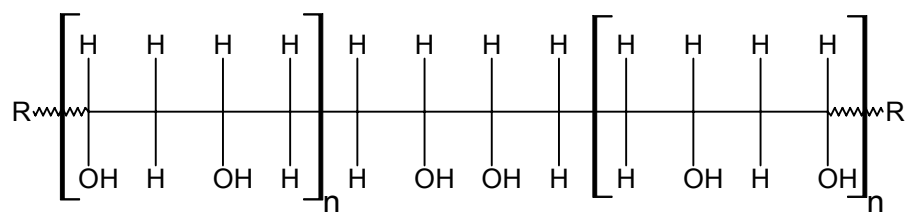
Ao copo de plástico adicionar aproximadamente 5 mL de cola e 5 mL de água. Homogeneizar e adicionar lentamente com agitação constante 5 mL da solução de ácido bórico. Caso queira que o material tenha uma melhor aparência, adicione corante antes de colocar a solução de ácido bórico.

Interpretação Microscópica:

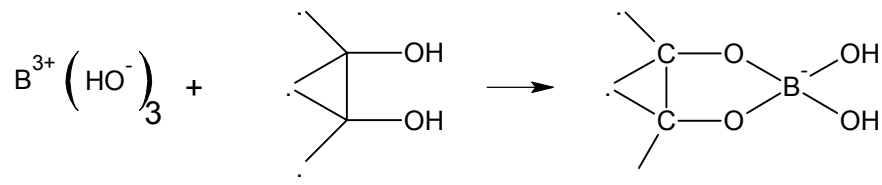
Um polímero é um material, isto é, é sempre uma mistura. A cola é um polímero contendo grupos OH polares ao longo da cadeia. Os átomos de boro do ácido bórico reagem com alguns grupos OH formando um complexo que altera a estrutura tridimensionalmente mudando as propriedades do polímero.

Expressão Representacional:

Estrutura do álcool polivinílico



Estrutura do complexo ácido bórico – álcool polivinílico



Prática nº 9

Título: Redução na rapidez de combustão

Materiais:

- Vela;
- Tecido de algodão;
- Água.

Procedimento:

Prepare uma solução de alúmen em água (10% em massa). Coloque alguns pedaços do tecido ($\cong 20$ cm) e algumas tiras de papel de filtro (de coador de café) na solução. Deixe de molho por 24 horas. Retire o tecido e o papel e deixe-os secar. Compare as velocidades de combustão dos dois materiais.

Interpretação Microscópica:

No tecido ou no papel ocorre a combustão da celulose produzindo gás carbônico, água, resíduo (cinzas) e energia. Nos mesmos materiais, agora contendo alúmen de potássio, uma parte da energia liberada na combustão, é utilizada para a vaporização da água da cristalização. Ocorre, então abaixamento da temperatura na região de combustão do tecido e do papel, retardando a velocidade de propagação da combustão.

Expressão Representacional:

BIBLIOGRAFIA:

- Mano, E. B. Polímeros como materiais de engenharia. Edição 2. São Paulo – SP: Edgard Blucher Ltda. 1991. P. 193.
- Utamura, T.Y. Compostos Orgânicos. In: Utamura, T.Y, Linguanoto, M. São Paulo: FTD, 1995. p.441-465.
- MILES, D.C., BRISTON, J.H. Tecnologia dos Polímeros. Tr.: Caetano Bellibone. São Paulo: Polígono, 1975.
- ALLINGER, N.L. Química Orgânica. Tr.: Ricardo Brito de Alencastro. 2d. Rio de Janeiro: LTC, 1998.
- REMY, A. , GAY, M., GONTHIER, R. Materiais. Tr.: M. Tereza de Almeida. São Paulo: Hemus.
- MANO, E.B. Introdução a Polímeros. 3d. São Paulo: Edgard Blucher, 1988.
- MANO, E. B. Polímeros Como Materiais de Engenharia. São Paulo: Edgard Blucher, 1996.
- ALFREY, T., GURNEE, E.F. Polímeros Orgânicos. Tr.: Júlio Buschinelli. São Paulo: Edgard Blucher, 1971.
- TECBAHIA. Bahia: BAROUD, R. v.12, n.2, Mai/ago. 1997.
- CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 38, 1998, Maranhão. Revista de Química Industrial, São Luis - MA. 1998 .p.26.
- WILLIAMS, W.S.C. Nuclear and Particle Physics. New York: OXFORD, 1991.
- OKUNO, Emiko. Radiação, riscos e benefícios. São Paulo: HARBRA, 1988
- TAUHATA, Luiz et. all. Radiação Nuclear – Usos e Cuidados. Rio de Janeiro: CNEN, 1984.
- SCAFF, Luiz Alberto. Bases físicas da radiologia. São Paulo: SARVIER, 1979.
- VARGHESE, S., KURIAKOSE, B. & THOMAS, S. - Short Sisal fiber reinforced natural rubber composites: high - energy radiation, thermal and ozone degradation, Polymer Degradation and Stability. 44, 55-61 (1994).
- CHEMSKETCH. Isis Draw 4.0 for windows. EUA: ACD/ Labs Products, 1999. Internet (download)

Rey, A B. Física/Química modernas. Química Fundamental. São Paulo - SP: Edições Fortaleza, 1970. Vol. 2.

SEMANA DE QUÍMICA, VIII, 2000, Rio de Janeiro. Revista da Semana de Química, Rio de Janeiro - RJ. 2000. p. 20.

UVASOL, Solventes and auxiliares for spectroscopy. E, Merck, Darmstadt, Federal Republic of Germany: Merck, v. único, p.115.

ALFREY, T., GURNEE, E.F. Polímeros Orgânicos. Tr.: Júlio Buschinelli. São Paulo: Edgard Blucher, 1971.

FIGUEROA, Daniel V. Uma visão moderna de Ressonância Magnética Nuclear. In: Semana de Química, 8ª, 2000. Rio de Janeiro: Instituto de Química da UFRJ.

BRUNS, Roy E. Excitação rotacional, vibracional e eletrônica: Métodos Quânticos, Introdução a métodos Quimiométricos. In: Escola Brasileira de Espectroscopia, 1ª, 2000. Rio de Janeiro : Decânia - UFRJ.

FUJIWARA, Fred Y. Ressonância Magnética Nuclear. In: Escola Brasileira de Espectroscopia, 1ª, 2000. Rio de Janeiro : Decânia - UFRJ.

TAVARES, Maria I. B. Introdução a RMN em Polímeros, In: Curso de Extensão do IMA, 1, 2000. Rio de Janeiro : IMA - UFRJ.

DEVLIN, Thomas M. Métodos de caracterização, purificação e estudo da estrutura e organização de proteínas. In: DEVLIN, Thomas M. Manual de Bioquímica com Correlações Clínicas. São Paulo. Edgard Blücher, 1998. p. 64 - 65.

MOORE, W. J. *Físico-química*. Tr.: Ivo Jordan. São Paulo: Edgard Blucher, 1988.