



## POLÍMEROS

### 1 Classificação dos materiais

- Metais
  - Cerâmicas
  - Polímeros
- } Cada grupo apresenta características físico-químicas distintas
- Compósitos: formados pela combinação de representantes de dois dos três grandes grupos acima. Exemplo: resina composta (polímero + cerâmica).

### 2 Polímeros

- Molécula grande (ou macromolécula) formada por unidades menores (meros) que estão unidas por ligações covalentes (“mero”: unidade que se repete dentro de um polímero).
- Monômeros: espécies orgânicas de baixo peso molecular capazes de reagir para formar um polímero (Mero ≠ Monômero).

### 3 Exemplos de uso em odontologia

- Materiais de moldagem: silicone de adição, silicone de condensação, godiva.
- Ortodontia: elásticos, resina acrílica.
- Dentística: resina composta, sistemas adesivos.
- Clareamento: moldeiras de EVA.
- Acessórios: dique de borracha, pontas e taças de borracha para acabamento e polimento, cunha interproximal plástica.
- Prótese bucomaxilofacial: protetores bucais.
- Endodontia: guta-percha.
- Prótese: resina acrílica, pinos de fibra de vidro, cimentos para fixação de inlays/onlays, coroas e próteses fixas.

### 4 Classificação dos polímeros

Quanto à origem:

- Naturais: Polímeros encontrados na natureza. Exemplos: proteínas, carboidratos, cera de abelha, celulose, DNA, lã.
- Sintéticos: Fabricados pelo homem. Exemplos: PET, PVC, Teflon (politetrafluoretileno), PMMA - poli(metacrilato de metila).

Quanto à natureza química da cadeia principal:

- Orgânico: cadeia principal contém átomos de carbono. Exemplo: Baquelite, BisGMA, TEGDMA.
- Inorgânico: cadeia principal não inclui átomos de carbono. Exemplo: sulfeto de silício, silicone.
- Híbridos: cadeia principal contém átomos de carbono e outros componentes. Exemplo: adesivos e tintas.

Quanto aos meros presentes na estrutura:

- Homopolímero: cadeia formada por um único tipo de “mero”. Exemplo: PVC.
- Copolímero: dois ou mais meros diferentes em uma mesma cadeia, para melhorar as propriedades mecânicas e químicas. Tipos de copolímero: copolímero em bloco, alternado, aleatório ou ramificado.

## 5 Estrutura espacial (define as propriedades mecânicas e térmicas)

- **Linear:** Cadeias longas, entrelaçadas, sem ramificações. Neste tipo de polímero, não existem ligações primárias entre cadeias vizinhas e a interação se dá somente através de ligações secundárias (pontes de hidrogênio ou van der Waals), que necessitam de baixa quantidade de energia para serem rompidas. Por este motivo, a deformação do polímero ocorre pelo deslizamento entre cadeias e, em geral, não apresenta recuperação elástica.
- **Ramificado:** Apresentam cadeias laterais ao eixo principal. Não possui ligações primárias entre cadeias vizinhas, somente ligações secundárias que necessitam de baixa quantidade de energia para serem rompidas. Melhora as propriedades mecânicas, por causa do maior entrelaçamento proporcionado pelas ramificações.
- **Reticulado:** Cadeias longas principais unidas entre si por ligações covalentes (chamadas “ligações cruzadas”), que necessitam de alta quantidade de energia para serem rompidas. Formado pela polimerização de monômeros bifuncionais ou multifuncionais, com vários sítios reativos. Apresenta ótimas propriedades mecânicas e, em geral, tem comportamento elástico (mas não necessariamente baixa rigidez).

## 6 Propriedades térmicas

- **Termoplástico:** Tornam-se plásticos quando aquecidos, podendo ser moldados/modelados. Em geral, são polímeros lineares ou ramificados. O material se deforma plasticamente (“amolece”) quando aquecido porque as ligações secundárias são rompidas e as cadeias deslizam entre si. Quando resfriado, as ligações secundárias se refazem (em posições diferentes das iniciais). Exemplo: cera, guta-percha, godiva.
- **Termofixo:** Sofrem degradação em altas temperaturas, sem sofrer plastificação, devido à estrutura reticulada. Exemplo: materiais de moldagem elastoméricos, resina composta, alginato.

## 7 Reação de polimerização

- Processo pelo qual os monômeros se unem através do estabelecimento de ligações covalentes entre si. Reação química na qual uma grande quantidade de moléculas de baixo peso molecular (monômeros) são convertidas em cadeias ou redes de alto peso molecular (polímeros). Durante a reação de polimerização ocorre a aproximação dos monômeros e, conseqüentemente, há contração volumétrica (distância de ligações secundárias: 0,3-0,4 nm/ distância de ligações primárias: 0,15 nm). Para um dado volume de material, quanto maior for o peso molecular do monômero, menor é a contração volumétrica (resina acrílica (MMA) – 100 g/mol tem 21% de contração volumétrica e resina composta (BisGMA) – 527 g/mol tem 5% de contração volumétrica).

## 8 Mecanismos de polimerização

- **Polimerização por crescimento em etapas (“step growth”):** Os monômeros contidos no material são reativos todos ao mesmo tempo, gerando sítios de crescimento em diferentes regiões do material. O monômero reativo se une a outro monômero formando dímeros, trímeros, etc, até que estes “oligômeros” (ou seja, polímeros de cadeia relativamente curta) se unem formando uma única cadeia polimérica.
  1. Polimerização por condensação: sub-tipo de polimerização em etapas, caracterizada pela liberação de subproduto de baixo peso molecular (água ou álcool etílico, dependendo do polímero), cuja evaporação (ao longo de horas após a reação) compromete a estabilidade dimensional do polímero formado.

- Polimerização por crescimento de cadeia: Ocorre pela adição sucessiva de meros a uma cadeia em crescimento, a partir de uma molécula reativa (que pode ser, por exemplo, um radical livre).
  1. Polimerização por adição: O crescimento da cadeia ocorre sem a formação de subprodutos, o que confere ao material maior estabilidade dimensional.

## 9 Fases da polimerização por adição radicalar (ou seja, iniciada por radicais livres)

1. Iniciação: Para iniciar a reação é preciso um ativador químico (amina terciária, por exemplo) ou físico (luz ou calor), que age sobre uma molécula capaz de gerar radicais livres (chamada de “iniciador”). Quando um radical livre (molécula que apresentam um elétron não pareado na sua camada de valência, o que o torna altamente reativo) se aproxima de um monômero insaturado (ou seja, que apresenta uma dupla ligação de carbono), a ligação dupla é quebrada, estabilizando o radical livre (que se a um dos átomos de carbono do monômero) e transferindo o elétron não pareado para o outro átomo de carbono da ligação dupla;
2. Propagação: Esta cadeia em crescimento (agora considerada um radical livre) irá se aproximar de outro monômero, que será incorporado à cadeia através da quebra da dupla ligação de carbono. Esse processo continuará ocorrendo até que haja a terminação (estabilização do radical livre) ou que não existam mais monômeros disponíveis. Essa reação é bastante rápida e gera uma quantidade considerável de energia (reação exotérmica).
3. Terminação: A propagação da cadeia termina, por exemplo, quando dois radicais livres se encontram e formam uma ligação covalente. Outra possibilidade é que ocorra a transferência de um átomo de hidrogênio de um radical livre para outro.

Observação: determinados compostos químicos (exemplo: hidroquinona) ou impurezas presentes no material podem inibir ou retardar a reação. O fabricante normalmente incorpora inibidores para prevenir a polimerização espontânea (aumentando o prazo de validade ou para controlar a velocidade da reação). O eugenol é outro inibidor da reação, que libera um íon hidrogênio que inativa o radical livre.

## 10 Grau de conversão

- É a porcentagem de duplas ligações carbônicas convertidas em ligações simples durante a polimerização.
- Quanto maior o grau de conversão, melhores são as propriedades físico-químicas do polímero e menor a quantidade de monômeros residuais (o que melhora a sua biocompatibilidade).
- Quanto maior o grau de conversão, maior a contração volumétrica.
- Não confundir com grau de polimerização, que representa o tamanho da cadeia (número de meros) que constituem uma cadeia polimérica.