



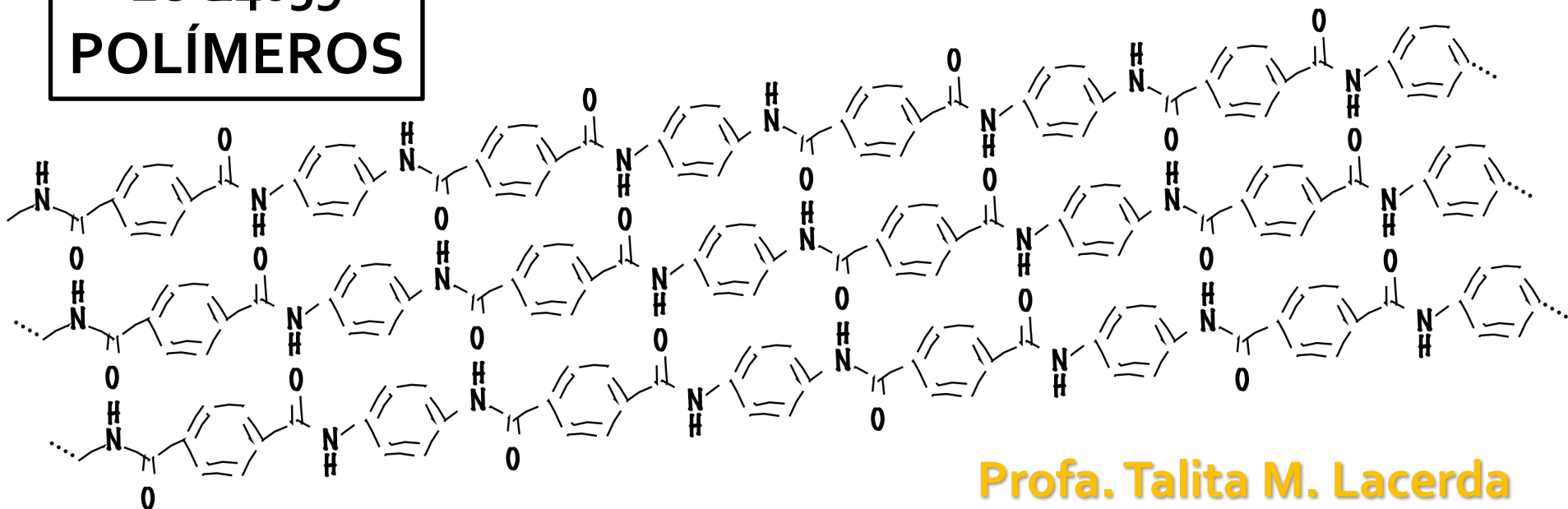
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA

DEPARTAMENTO DE BIOTECNOLOGIA



LOQ4059
POLÍMEROS



Profa. Talita M. Lacerda

Laboratório de Biopolímeros, Biorreatores e Simulação de Processos (LBBSim)

Departamento de Biotecnologia, Escola de Engenharia de Lorena

talitalacerda@usp.br

Reações de polimerização

1929: Wallace Hume Carothers

**POLÍMEROS DE
CONDENSAÇÃO**

**POLIMERIZAÇÃO
EM ETAPAS**

**STEP-GROWTH
POLYMERIZATION**



★1896 - †1937

**POLÍMEROS DE
ADIÇÃO**

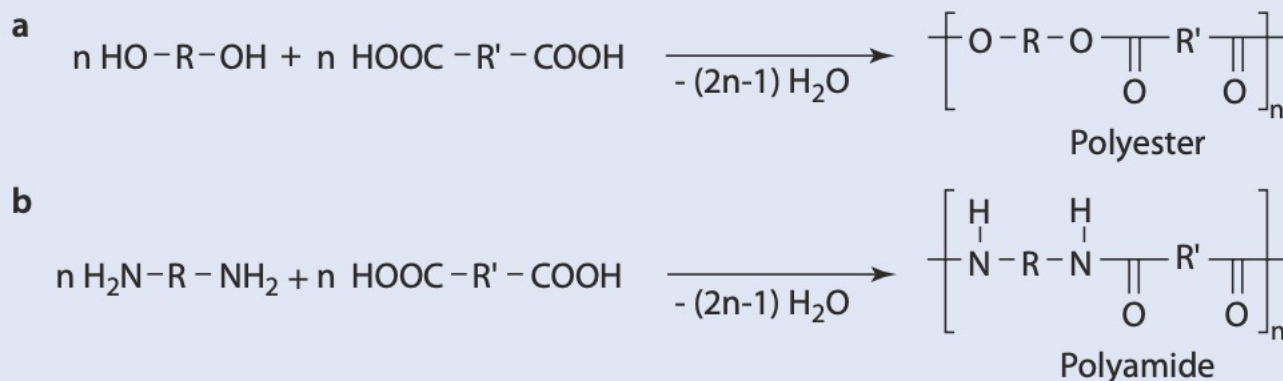
**POLIMERIZAÇÃO EM
CADEIA**

**CHAIN-GROWTH
POLYMERIZATION**

Reações de polimerização

Como se dá o crescimento da cadeia?

Polimerização em etapas

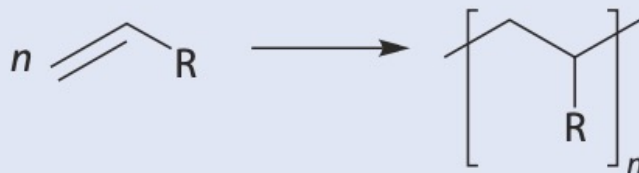


Reação de dois grupos funcionais reativos com a eliminação de moléculas de baixo peso molecular (H₂O, NH₃, HCl...)

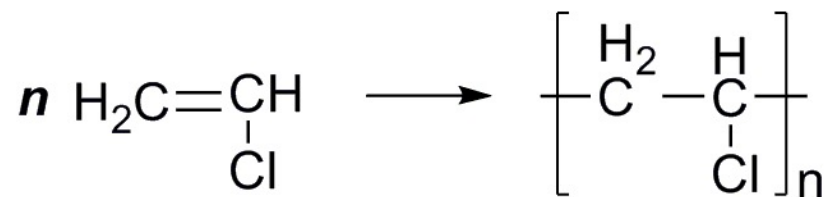
Reações de polimerização

Como se dá o crescimento da cadeia?

Polimerização em cadeia



Em geral: polímeros de cadeia carbônica (PE, PP, PVC, PMMA...)



E agora?

Caracterização de
polímeros

Processamento de
polímeros

POLÍMEROS

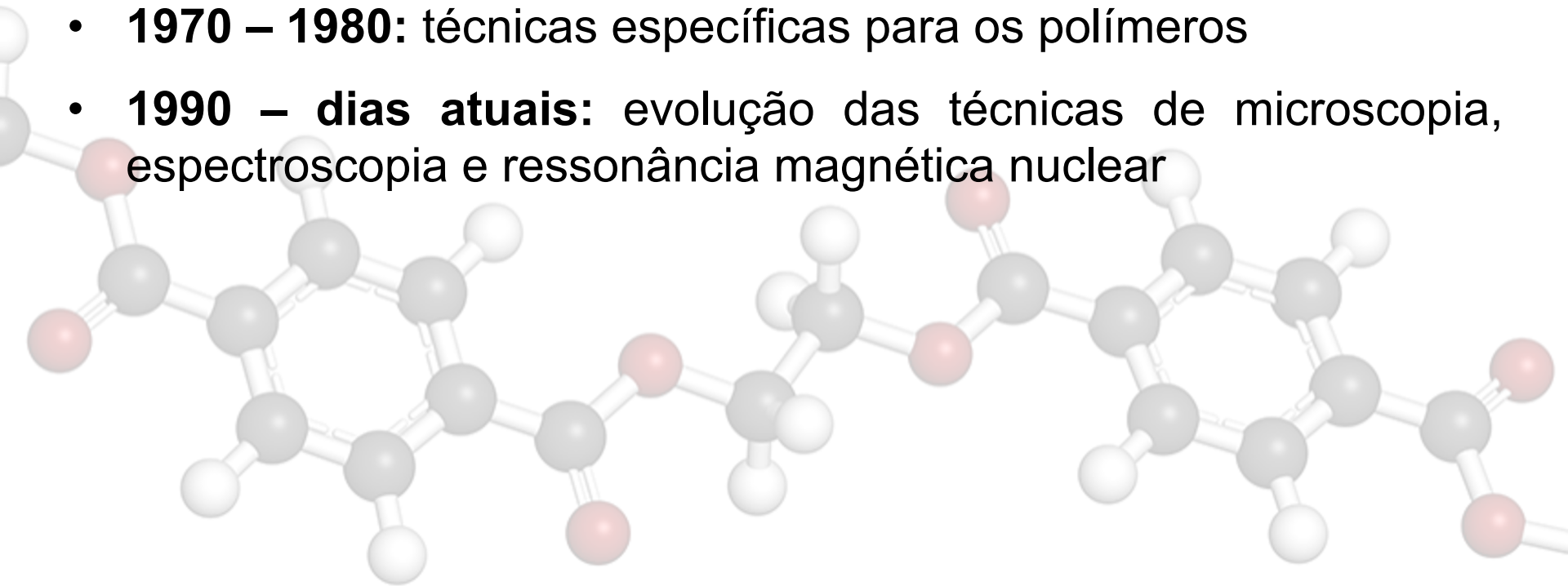
Técnicas de
polimerização

Processos de
polimerização

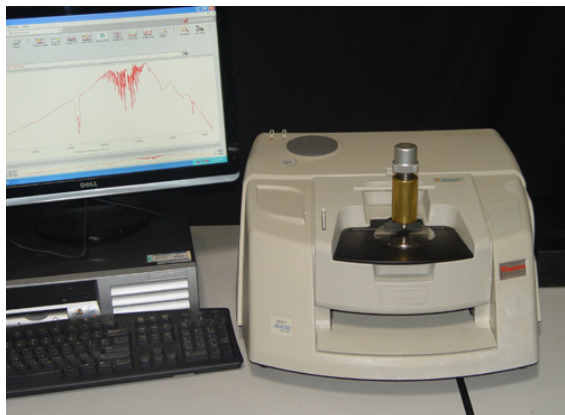
Caracterização de polímeros

Informações a respeito da estrutura, propriedades e composição dos materiais

- **1950 – 1960:** adaptação de ensaios aplicados a metais
- **1970 – 1980:** técnicas específicas para os polímeros
- **1990 – dias atuais:** evolução das técnicas de microscopia, espectroscopia e ressonância magnética nuclear



Caracterização de polímeros



FTIR



RMN



análise térmica



difração de raios-X

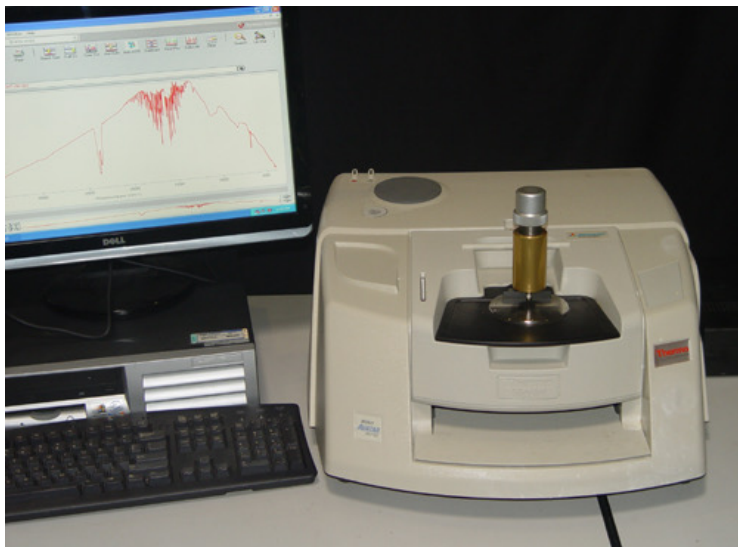


Caracterização de polímeros

Espectroscopia: é a ciência que estuda a interação entre a matéria (amostra) e a radiação eletromagnética

ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO
ESPECTROSCOPIA DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR

Identificação da estrutura química

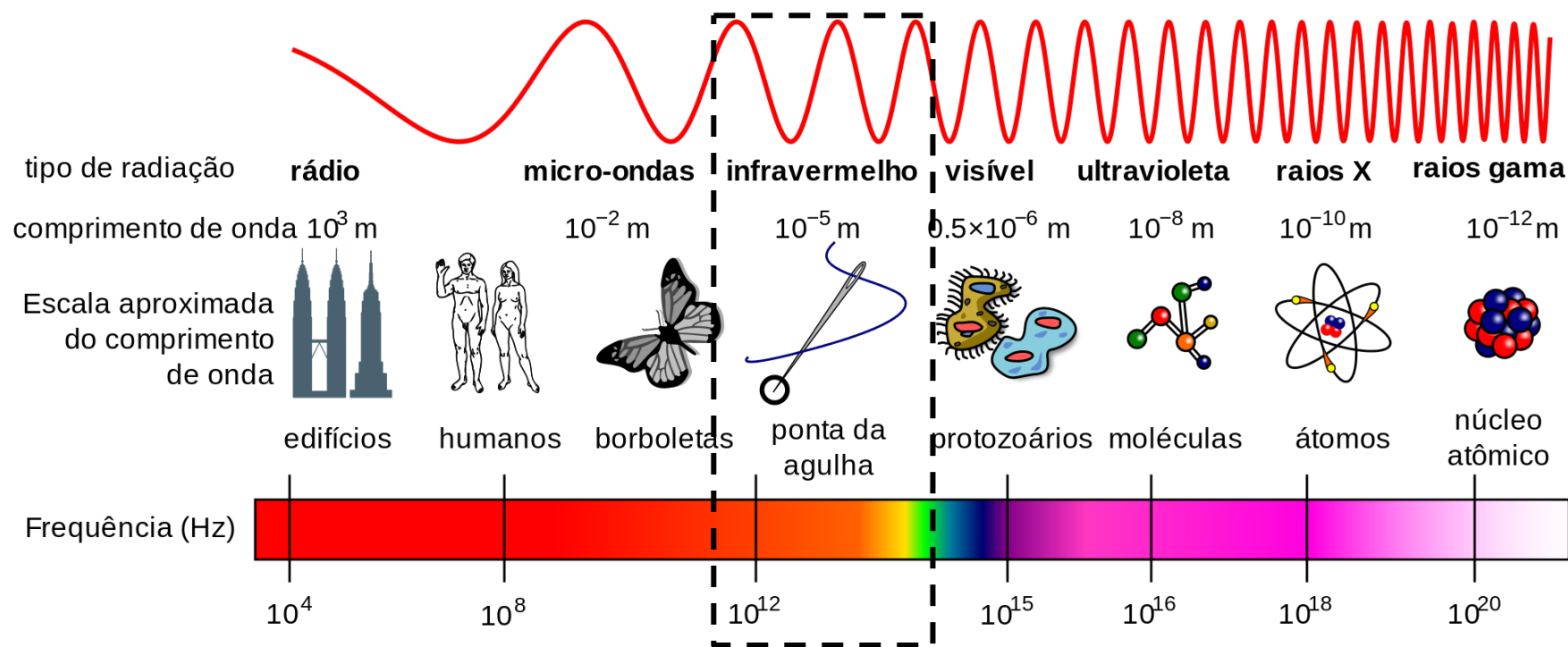


FTIR

Espectroscopia vibracional de absorção no infravermelho

FTIR

Fourier Transform Infrared spectroscopy

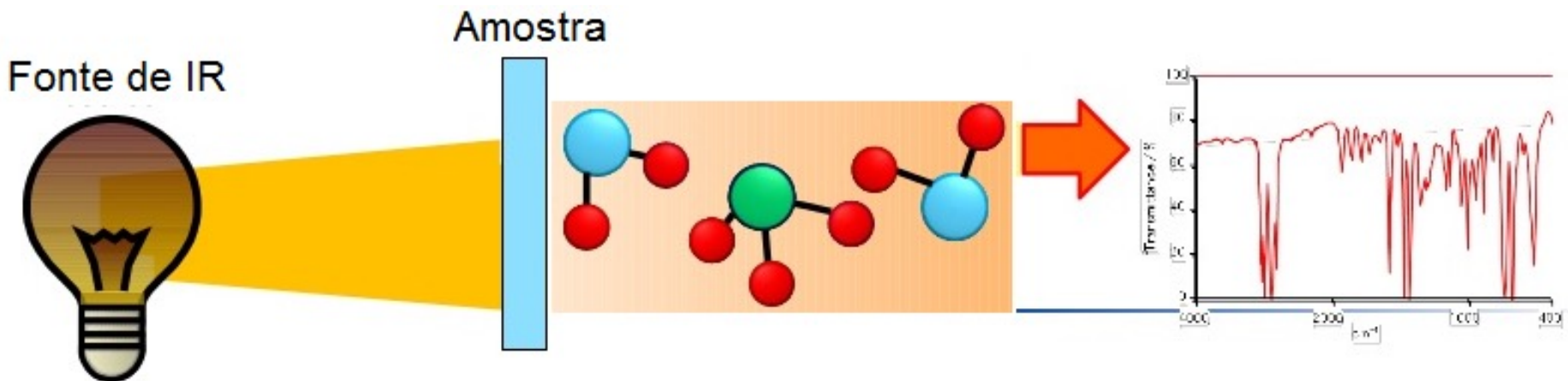


FTIR

Espectroscopia vibracional de absorção no infravermelho

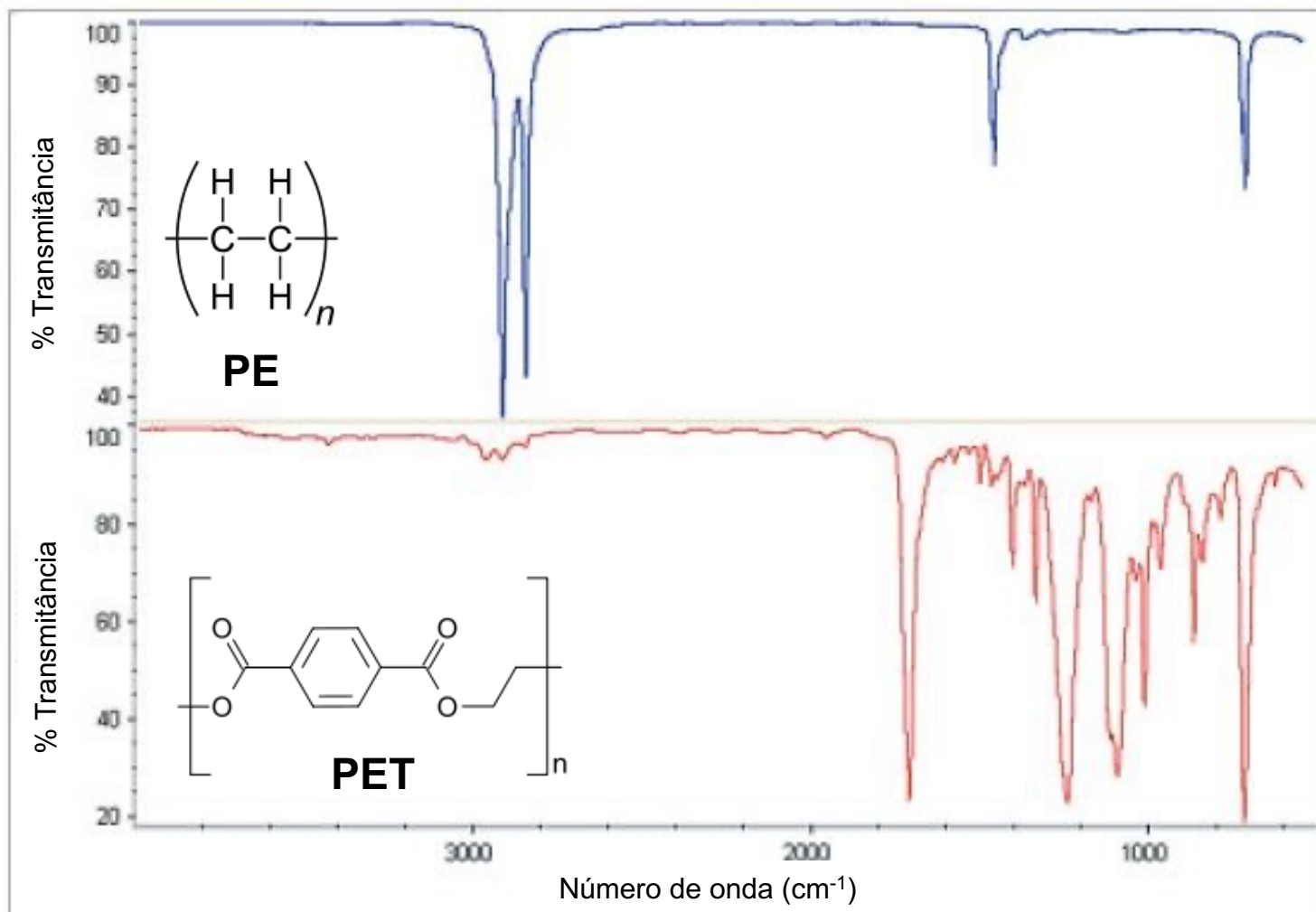
É um tipo de **espectroscopia de absorção**, em que a **energia absorvida se encontra na região do infravermelho** do espectro eletromagnético

Baseia-se nas **frequências de vibração** das ligações químicas das substâncias



FTIR

Espectroscopia vibracional de absorção no infravermelho




Espectroscopia vibracional de absorção no infravermelho


COLEÇÕES DE ESPECTROS

Sadtler Division of Bio-Rad (**150 mil espectros de IR**)

Aldrich Chemical Company (**50 mil espectros de IR**)

BIO-RAD Brasil
Português | English

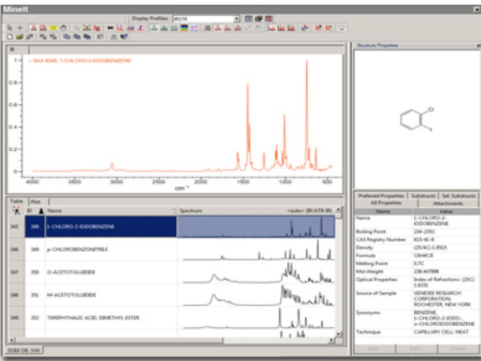
Fazer login/Registrar-se | Minha Bio-Rad | Entre em contato  0 itens


Palavras-chave, nome do produto ou número do produto 

[Pesquisa de Ciências da vida](#)
[Diagnóstico clínico](#)
[Espectroscopia](#)
[Separação de processos](#)
[Food Science](#)
[Educação em Ciências da vida](#)
[Corporativo](#)

Home > Spectroscopy > Products > Spectral Databases > IR Spectral Databases

IR Spectral Databases



Apresentação 

Catalog

Obter ajuda

For spectroscopy software & database products, See [worldwide contact information](#)

Notícias e Eventos


▼ Notícias

- ▶ Bio-Rad Releases KnowItAll® 2017 Spectroscopy Software
- ▶ Bio-Rad Announces a New Release of its KnowItAll® Spectroscopy Software

[Ver tudo »](#)

▶ Eventos

Assine aqui as comunicações da Bio-Rad!

Insira seu endereço de email abaixo 

Enviar

Comparação do espectro IR da amostra desconhecida com o espectro IR de um composto conhecido e contido na biblioteca



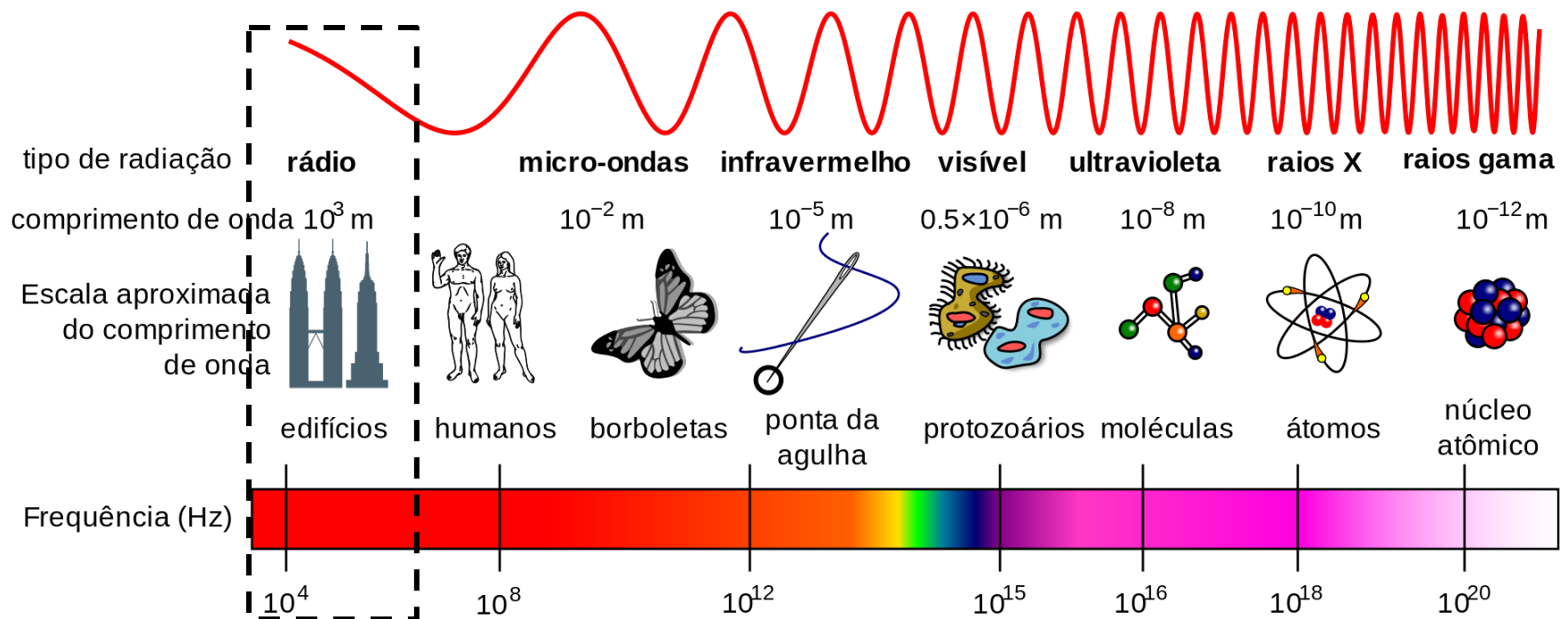
**ESPECTROS
SIMILARES
=
AMOSTRAS SIMILARES**

RMN

Ressonância Magnética Nuclear

RMN

Espectroscopia de Ressonância Magnética Nuclear



FUNDAMENTOS

- Fenômeno que ocorre quando pulsos de radiofrequência são aplicados sobre uma amostra que está imersa em um campo magnético intenso (5 - 23 Tesla)
- Alguns núcleos atômicos irão absorver energia enquanto outros não, dependendo das propriedades magnéticas de cada núcleo

Exemplos: ${}^1_1\text{H}$, ${}^{13}_6\text{C}$, ${}^{15}_7\text{N}$, ${}^{19}_9\text{F}$, ${}^{31}_{15}\text{P}$

Majoritariamente utilizados para análise da microestrutura de polímeros

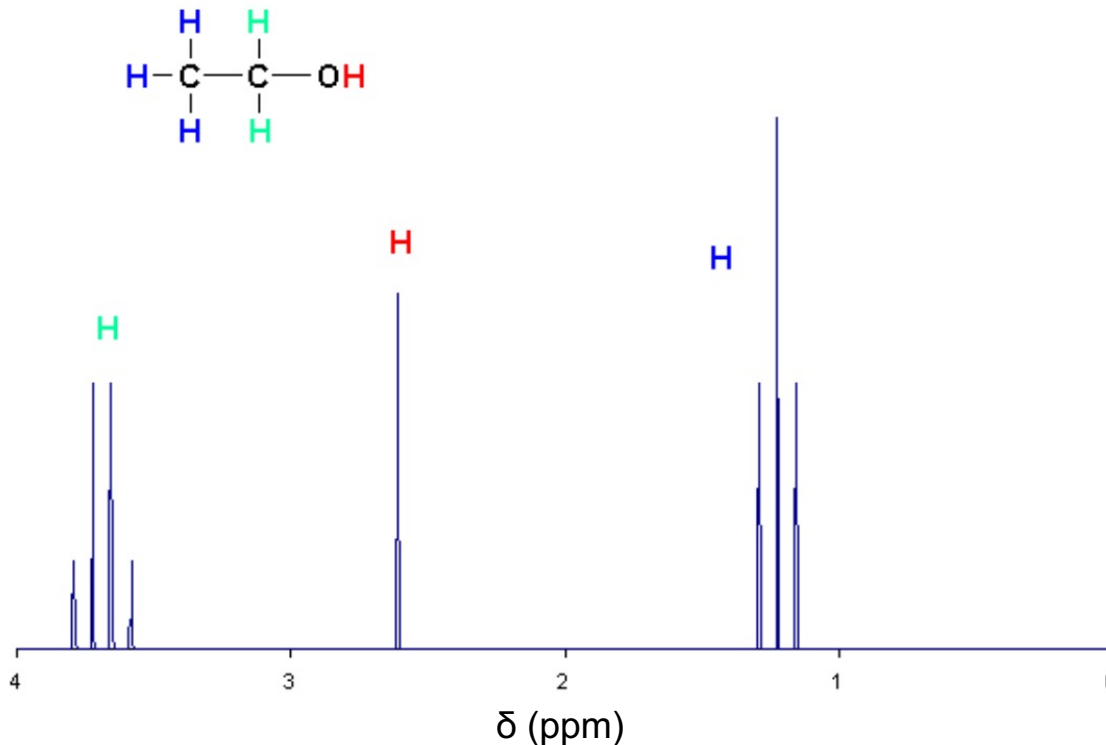
RMN

Ressonância Magnética Nuclear

DETERMINAÇÃO ESTRUTURAL DE POLÍMEROS

Técnica mais versátil, mais confiável e mais aplicável

Polímeros em solução, em gel ou no estado sólido

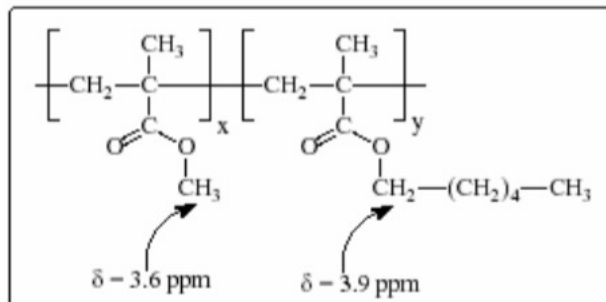


Determinação de:
taticidade de
homopolímeros,
sequências em
copolímeros e
terpolímeros, **grupos**
terminais,
mecanismos de
reação...

DETERMINAÇÃO ESTRUTURAL DE POLÍMEROS

Copolymer Analysis

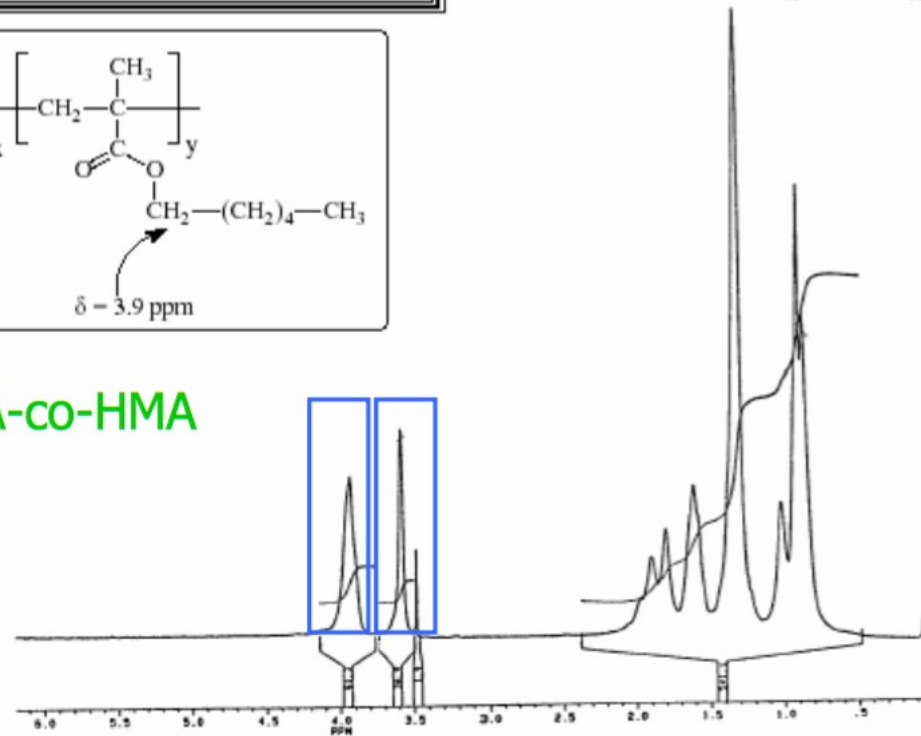
Example:
methyl methacrylate-co-hexyl methacrylate copolymers.



* Quantitative analysis straightforward.

$$\% \text{ MMA} = \frac{A_{3.6 \text{ ppm}} / 3}{A_{3.6 \text{ ppm}} / 3 + A_{3.9 \text{ ppm}} / 2} \times 100$$

MMA-co-HMA

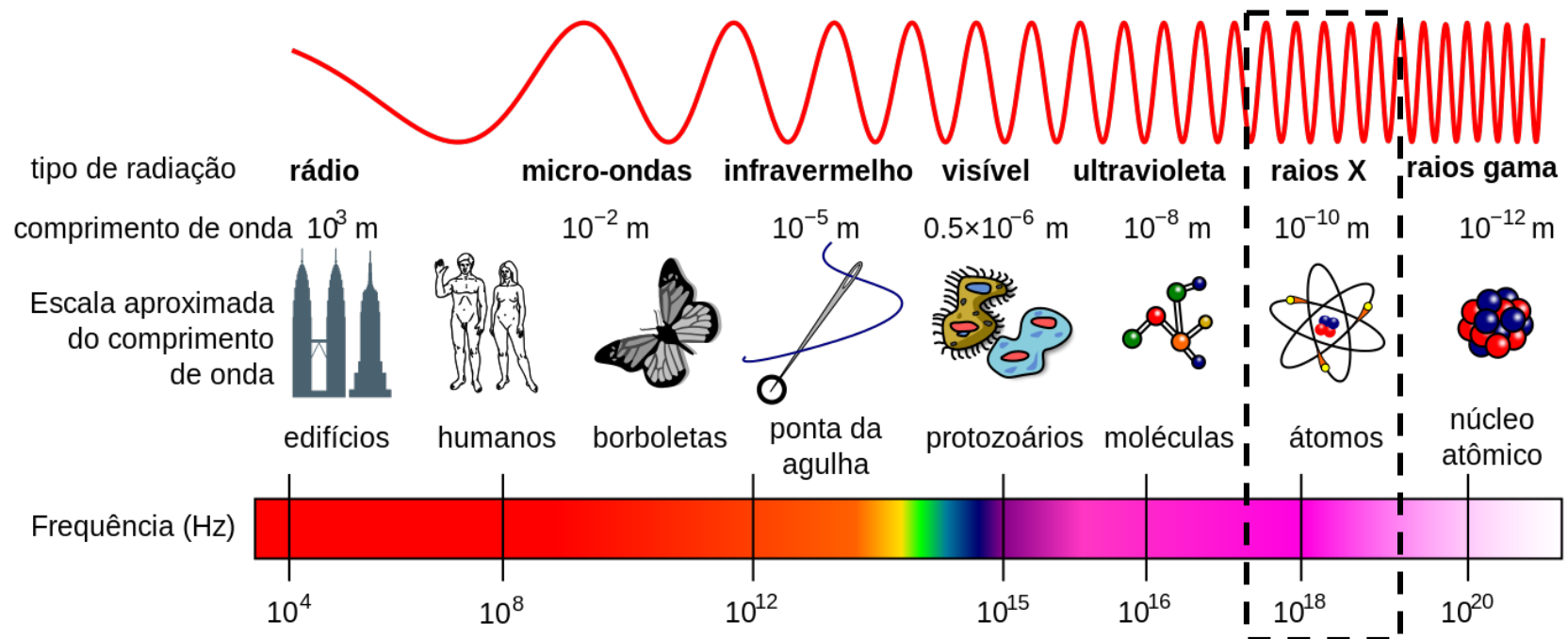


Proton nmr spectrum of a copolymer of methyl methacrylate and hexyl methacrylate

DRX

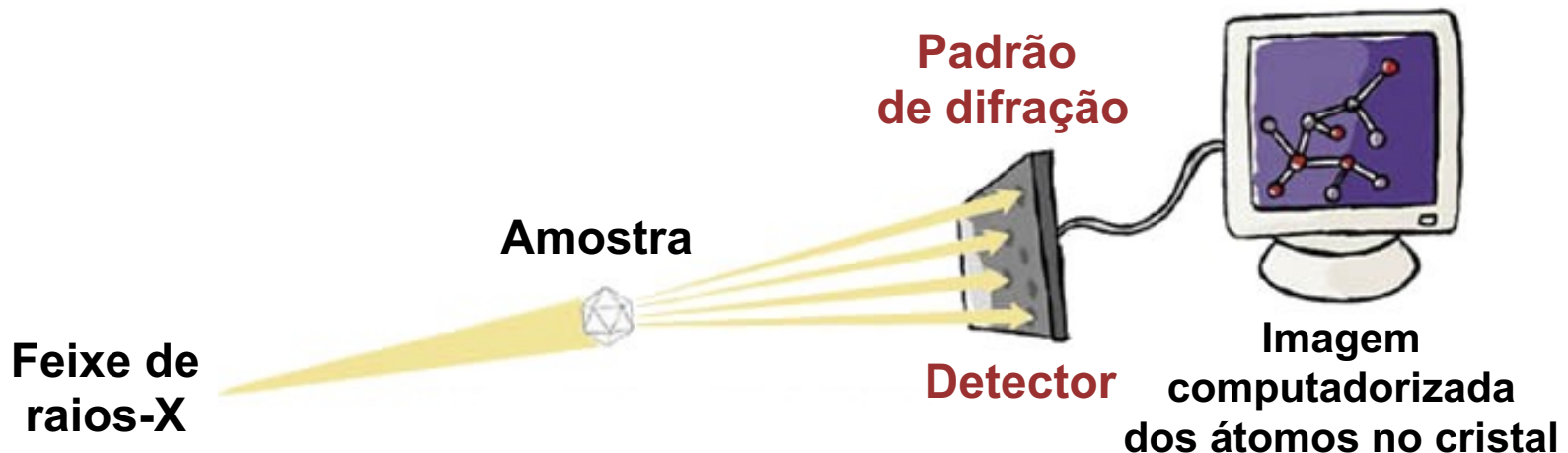
Difração de raios-X

DRX

Espectroscopia de
Difração de Raios X

DETERMINAÇÃO DA CRISTALINIDADE DE POLÍMEROS

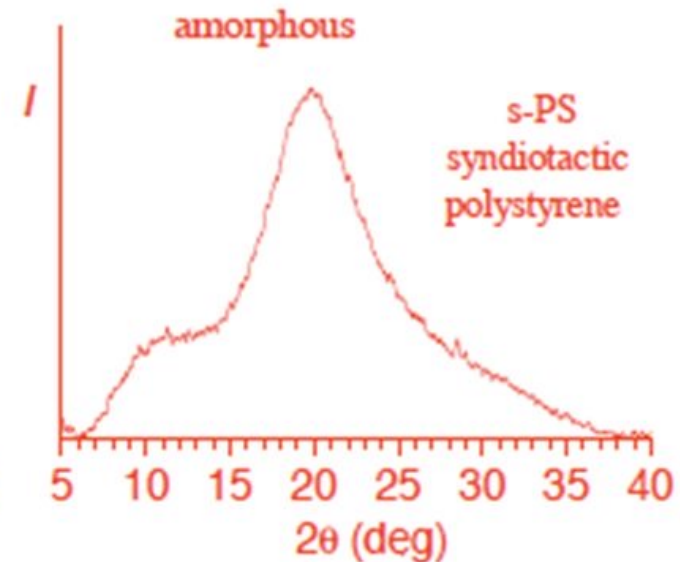
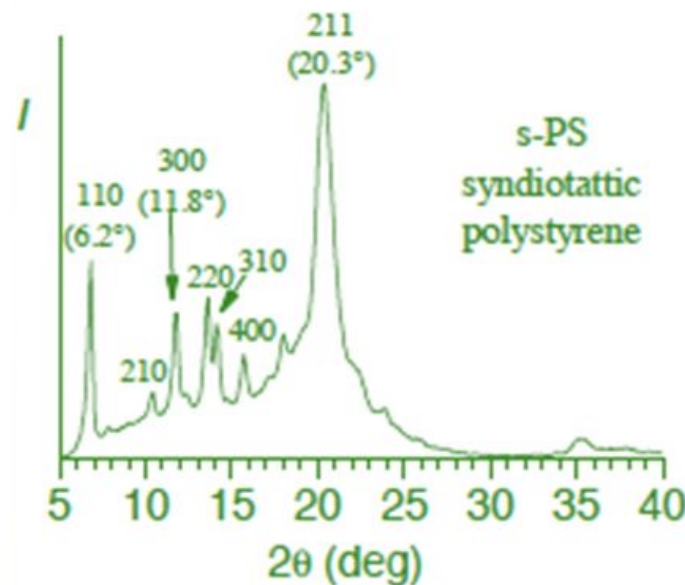
1. Raios-X dispersados a partir de átomos individuais podem se reforçar ou cancelar uns aos outros (interferência *construtiva* ou *destrutiva*)
2. Padrão característico para cada tipo de molécula
3. Cálculos matemáticos computacionais
4. Determinação da estrutura tridimensional polimérica



Caracterização de polímeros

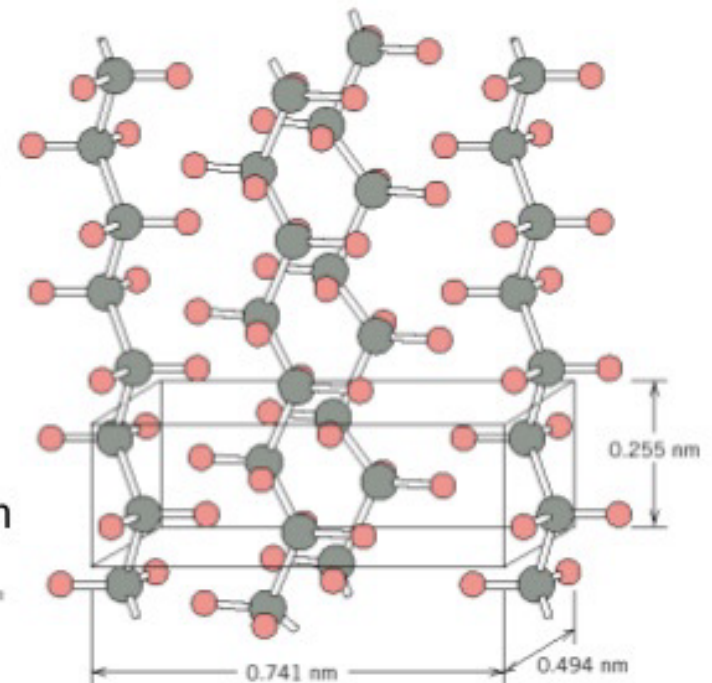
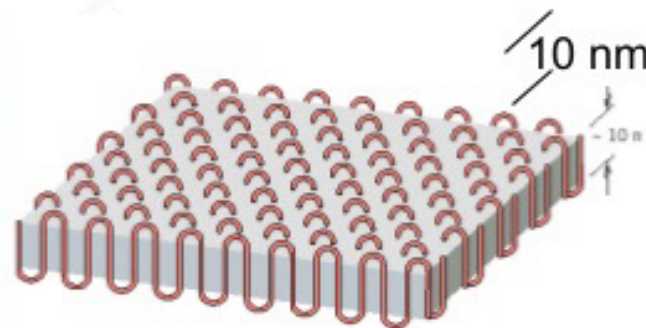
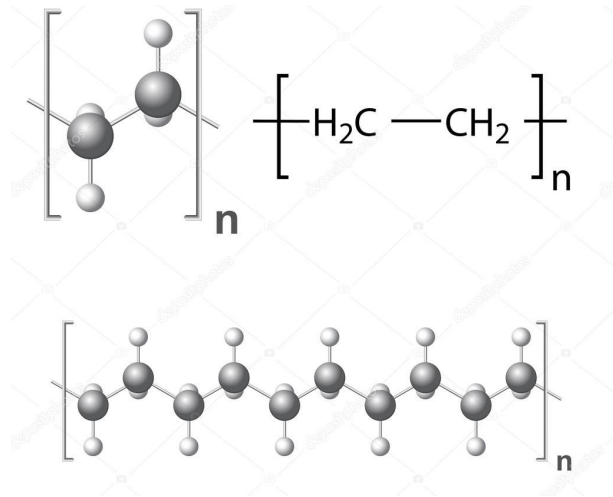
DIFRAÇÃO DE RAIOS-X

Identificação da estrutura tridimensional: presença ou ausência de regiões cristalinas



Ex. CÉLULA UNITÁRIA DO POLIETILENO

Índice de cristalinidade (%) e estrutura cristalina



Caracterização de polímeros

ANÁLISE TÉRMICA

Avaliação das propriedades térmicas: propriedade é monitorada enquanto a temperatura da amostra, sob uma atmosfera específica, é submetida a uma programação controlada

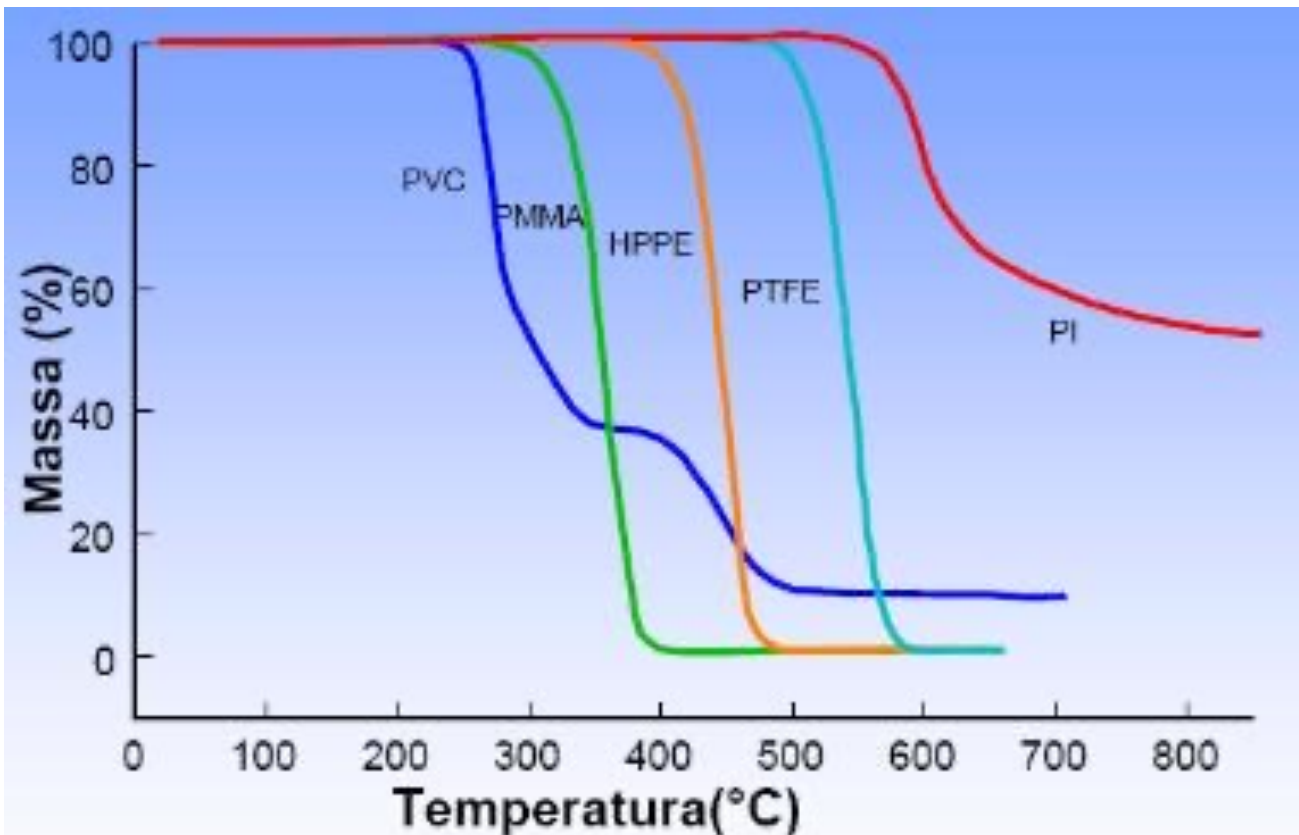
termogravimetria - TG



calorimetria exploratória
diferencial - DSC

Termogravimetria - TG

PADRÕES DE DECOMPOSIÇÃO CARACTERÍSTICOS USADOS PARA FINS DE IDENTIFICAÇÃO



PVC:

policloreto de vinila

PMMA:

polimetilmetacrilato

LDPE:

polietileno de baixa densidade

PTFE:

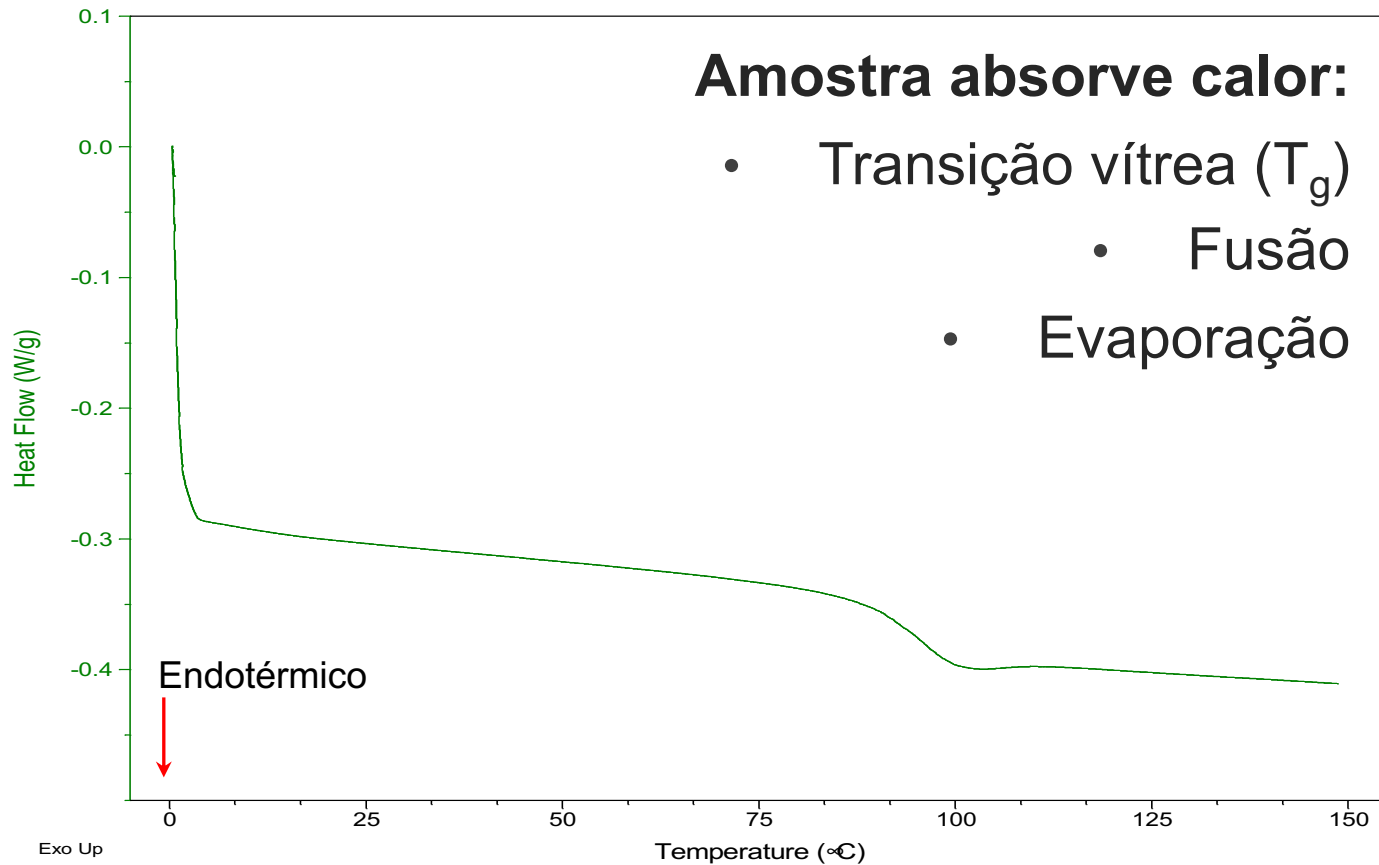
politetrafluoroetileno

PI:

poliimida aromática

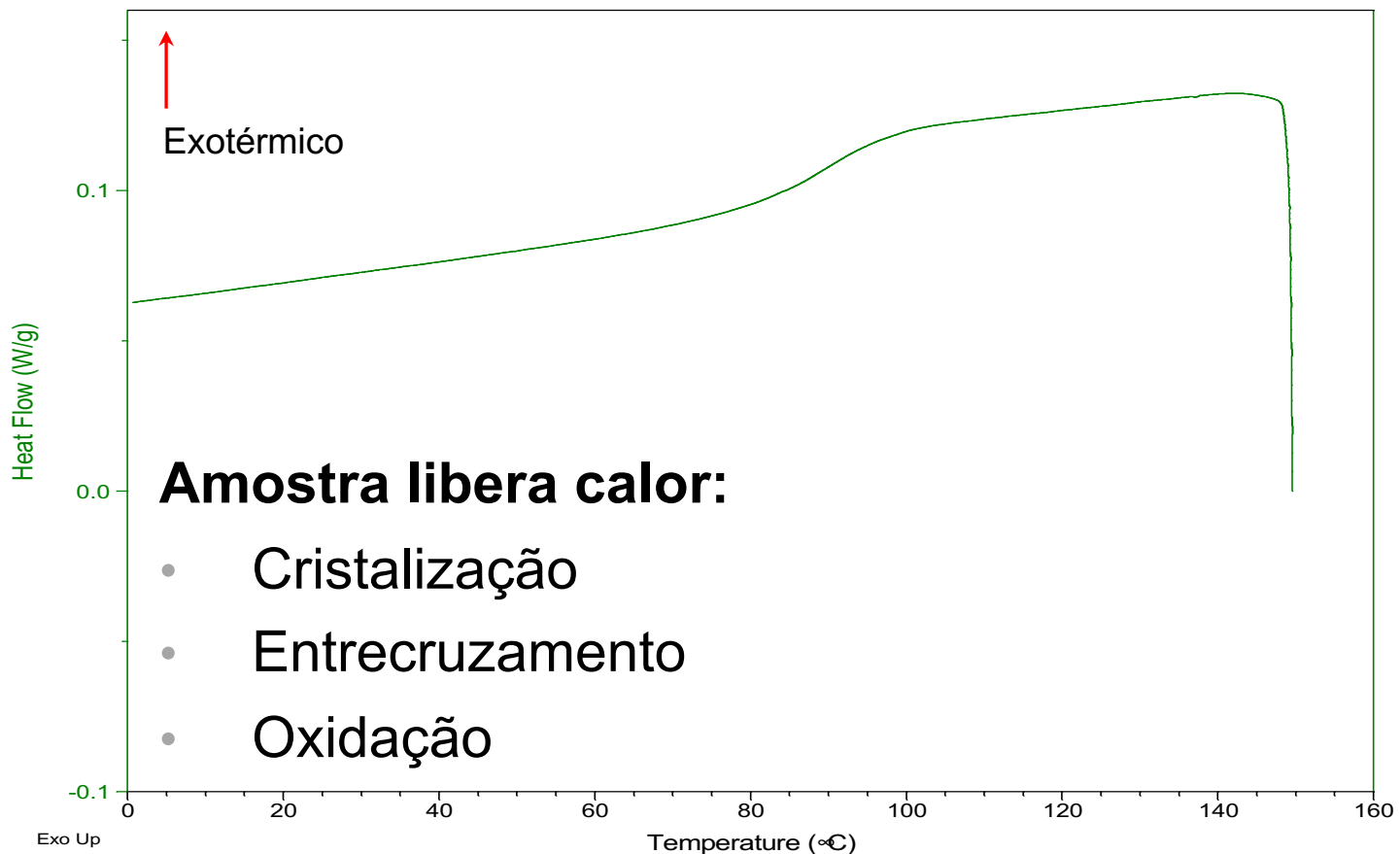
Calorimetria Exploratória Diferencial - DSC

**MEDE-SE A DIFERENÇA NO FLUXO DE CALOR SOBRE A AMOSTRA
E UMA REFERÊNCIA**



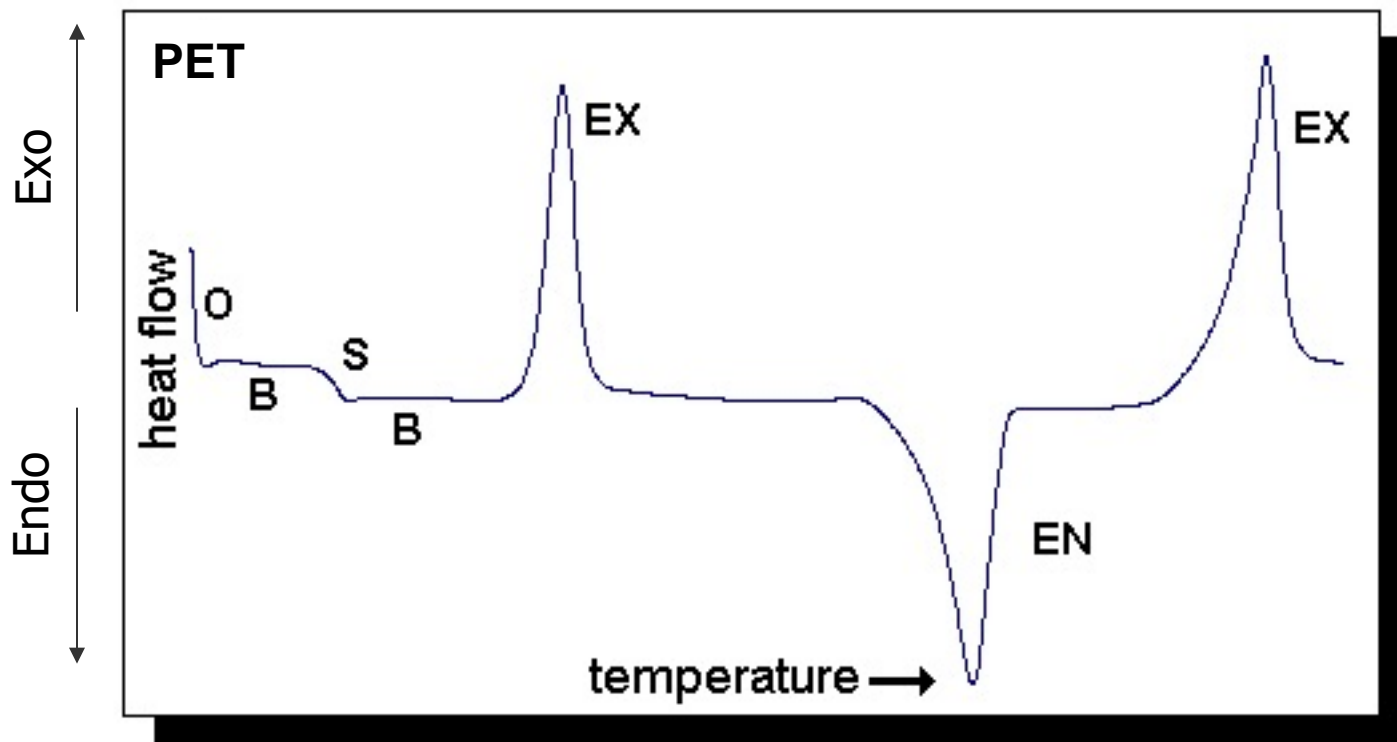
Calorimetria Exploratória Diferencial - DSC

**MEDE-SE A DIFERENÇA NO FLUXO DE CALOR SOBRE A AMOSTRA
E UMA REFERÊNCIA**



Calorimetria Exploratória Diferencial - DSC

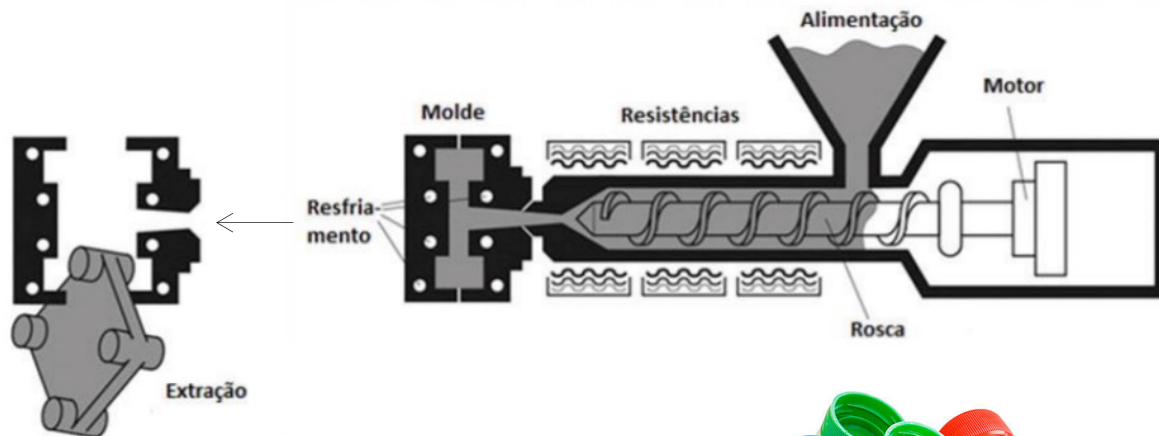
PADRÕES DE DECOMPOSIÇÃO CARACTERÍSTICOS USADOS PARA FINS DE IDENTIFICAÇÃO



Processos de transformação de polímeros

(1) INJEÇÃO

- Termoplástico é aquecido pelas resistências da injetora e material fundido é pressionado para o interior do **molde**.



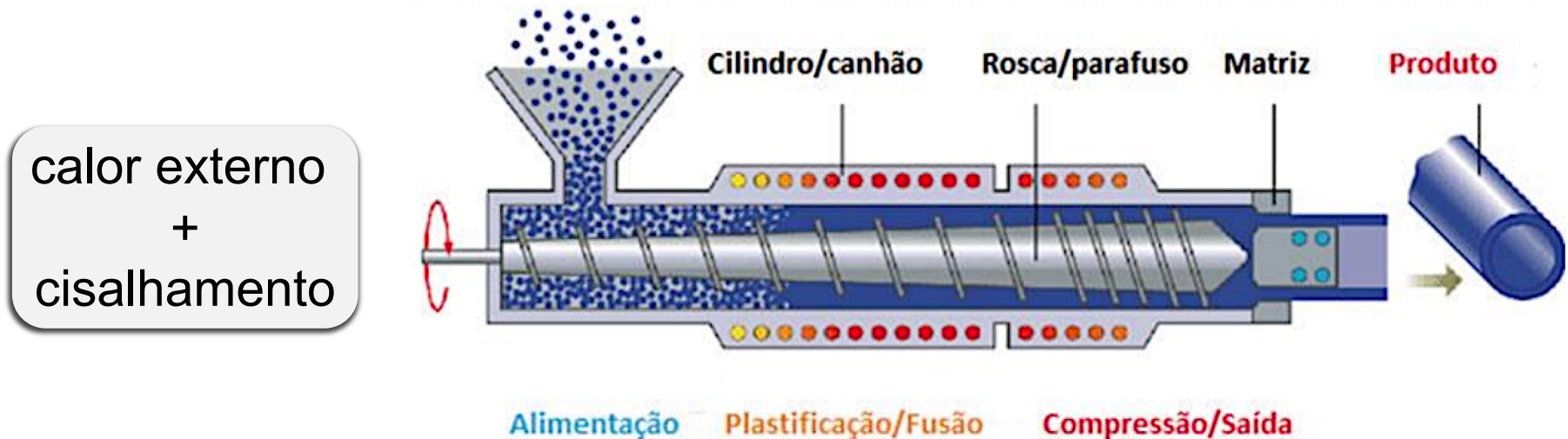
potes, tampas, conexões, brinquedos, para-choques, tanques de combustível, partes de refrigeradores...



Processos de transformação de polímeros

(2) EXTRUSÃO

- O material granulado é forçado por meio de um cilindro aquecido, pela ação de uma ou duas roscas que enviam material para a matriz.



Se a peça final possuir perfis muito complexos, esse não é o processo mais indicado, por possuir limitações nas matrizes.

Processos de transformação de polímeros

(2) EXTRUSÃO

- **Matrizes:** material adquire uma forma pré-determinada, projetada especificamente para a peça a ser produzida.



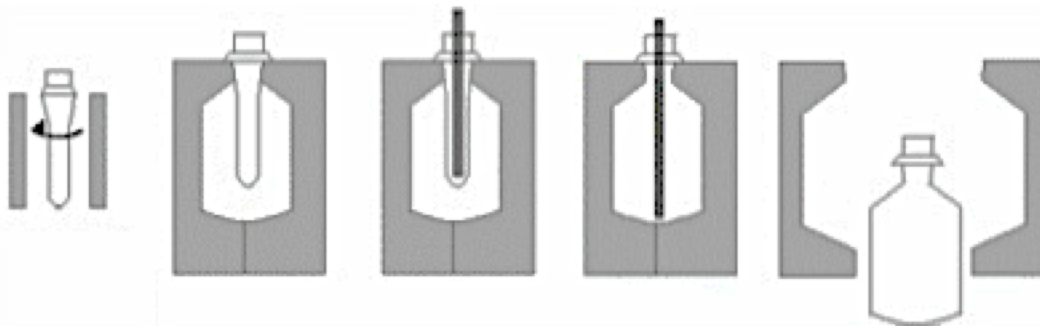
Processos de transformação de polímeros

(3) SOPRO

MOLDAGEM POR SOPRO VIA INJEÇÃO

MOLDAGEM POR SOPRO VIA EXTRUSÃO

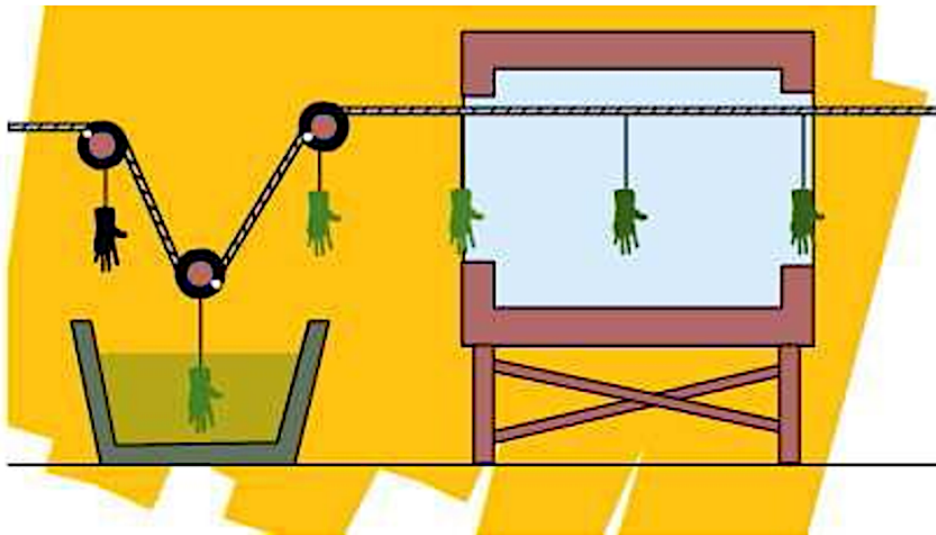
1. Produção de uma peça “pré-forma” via moldagem por injeção ou extrusão.
2. Fechamento do molde sobre a pré-forma.
3. Introdução de ar comprimido para expandir a pré-forma dentro do molde.
4. Resfriamento e extração da peça soprada.



Processos de transformação de polímeros

(4) IMERSÃO (“moldagem por mergulho”)

- Permite a obtenção de peças ocas por imersão do molde em solução viscosa, seguida de remoção do solvente, ou em emulsão do polímero seguida de coagulação.



Molde de alumínio

Molde de Porcelana

