

AULA PRÁTICA 6

Viscoelasticidade das Massas

Fundamento Teórico:

Os corpos viscoelásticos expressam simultaneamente características viscosas e elásticas, apresentando um comportamento intermédio entre o de um fluido e de um sólido.

Principais grandezas viscoelásticas:

G' – módulo elástico ou de armazenamento

G'' – módulo viscoso ou de dissipação

δ – ângulo de dissipação ou diferença de fase

Equipamento

Reómetro

Compressor

Banho de controlo de temperatura ou sistema *Peltier*

Sistemas sensores

Software (programação dos testes e tratamento de resultados)



Testes dinâmicos ou oscilatórios

Os testes oscilatórios (SAOS – *small amplitude oscillatory measurements*) ou dinâmicos proporcionam um método praticamente não destrutivo de determinação das componentes elástica (G' - módulo de conservação ou elástico) e viscosa (G'' - módulo de dissipação ou viscoso) de um material.

Um dos testes dinâmicos mais importantes é o teste de varrimento de frequências, cuja realização implica a determinação prévia da zona viscoelástica linear do material em estudo.

De salientar que todos os testes têm de ser realizados a temperatura controlada uma vez que G' e G'' são muito dependentes da temperatura.

- **Teste de varrimento de tensões → Determinação da zona viscoelástica linear**

A zona viscoelástica linear corresponde à gama de tensões onde as funções viscoelásticas (G' e G'') são independentes da tensão aplicada. Em termos práticos, realiza-se um teste em que se varia a tensão aplicada ao longo do tempo, a um valor de frequência fixo, e se medem os módulos viscoelásticos (G' e G''). Determina-se a zona viscoelástica linear e a tensão crítica.

• **Teste de varrimento de frequências → Espectro mecânico**

A tensão a aplicar nos testes de varrimento de frequências deve ser tal que nos situemos no domínio da viscoelasticidade linear onde o material responde às solicitações sem haver destruição da sua estrutura interna. Estes testes permitem avaliar a microestrutura e prever a estabilidade do sistema.

Este teste envolve a aplicação de uma tensão fixa (reómetro de tensão controlada), a várias frequências de oscilação, medindo-se a deformação que origina no material. Obtém-se um gráfico (Fig.1) frequência *versus* módulos viscoelásticos (G' e G''), correspondente ao espectro mecânico.

O **módulo plateau (G^0_N)** é um importante parâmetro do material, que reflete aspetos estruturais da interação molecular. É uma medida da densidade dos entrelaçamentos entre as moléculas que formam a estrutura do alimento.

$$\tan \delta = G''/G'$$

$$G^0_N = [G'] \tan \delta \rightarrow \text{minimum}$$

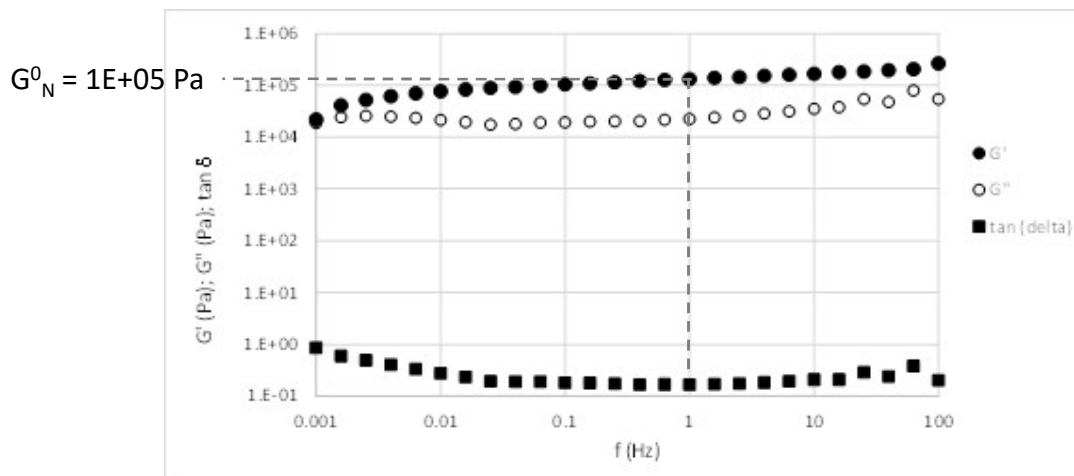


Fig.1 – Evolução dos módulos viscoelásticos (G' e G'') e da $\tan \delta$ com a frequência, numa amostra de massa de pão.

- **Teste de varrimento de tempo:** variação dos módulos viscoelásticos G' e G'' ao longo do tempo. Tem por objetivo a avaliação do tempo (cinética) de maturação dos materiais (ex. géis).
- **Teste de varrimento de temperatura:** variação dos módulos G' e G'' com a temperatura (curvas de aquecimento e de arrefecimento). Úteis na determinação de temperaturas de fusão e de gelificação dos materiais.

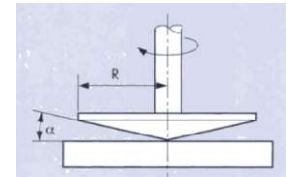
Sistemas sensores

1) Sistema de cone e prato:

Consiste numa superfície cónica e num prato liso fixo.

As dimensões geométricas do cone são determinadas pelo raio (R) e pelo ângulo (α).

- A velocidade de deformação (*shear rate*) é constante em todo o gap – maior vantagem
- Maior raio aumenta a sensibilidade para medições baixa viscosidade
- Adequado para gamas de viscosidades médias/altas
- Muito fáceis de limpar, requerem quantidades pequenas de amostra (0,5-5mL)
- Limitação de utilização em sistemas com partículas em suspensão

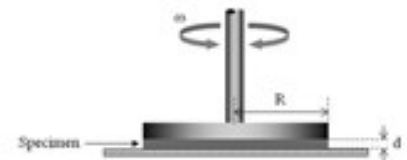


2) Sistema de pratos paralelos:

Consiste em 2 pratos lisos e paralelos. A geometria é determinada pelo raio do prato (R). O gap deve ser muito inferior ao raio ($d < 1\% \times R$)

- A velocidade de deformação (*shear rate*) é heterogénea (0 no centro, e máxima no limite do prato) – maior desvantagem
- Adequados para testes rotacionais (curvas de viscosidade)
- Aplica-se a polímeros fundidos e materiais muito viscosos
- Para fluidos com menor viscosidade usar sistema com um raio maior
- Permite medições em dispersões com partículas em suspensão
- Podem apresentar superfícies rugosas (*serrated*) de forma a minimizar efeitos de “escorregamento” da amostra a altas velocidades de deformação

3) Sistema de cilindros concêntricos



PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Objetivo:

Utilização de testes oscilatórios na caracterização de massas panares:

- massa de pão de trigo T65
- massa de pão de trigo integral

Procedimento experimental:

- Realizar o varrimento de tensão das 2 massas de pão para determinação da zona viscoelástica linear
- Determinar a tensão a aplicar no varrimento de frequências
- Realizar o varrimento de frequências das 2 massas de pão
- Calcular o módulo plateau G_N^0

Bibliografia de suporte:

- Barnes, H.A. (2000). *A Handbook of Elementary Rheology*. Institute of Non-Newtonian Fluid Mechanics, University of Wales, 200 p., ISBN 0-9538032-0-1.
- Mezger, T.G. (2002). *The Rheology Handbook*, U. Zorll (Ed), 252 p., ISBN 3-87870-745-2.