

## AULA PRÁTICA

### 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, dependente do tempo.

#### **Principais grandezas viscoelásticas:**

$G'$  – módulo elástico ou de armazenamento

$G''$  – módulo viscoso ou de dissipação

$\delta$  – 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 → Espetro 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.

A principal característica dos materiais viscoelásticos é a dependência do tempo, pelo que este teste assume grande importância na caracterização mecânica de um material. Este teste permite avaliar a microestrutura e prever a estabilidade do sistema.

O 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 ( $f$ , em Hz;  $\omega$ , em rad/s) versus módulos viscoelásticos ( $G'$  e  $G''$ , em Pa), correspondente ao espectro mecânico.

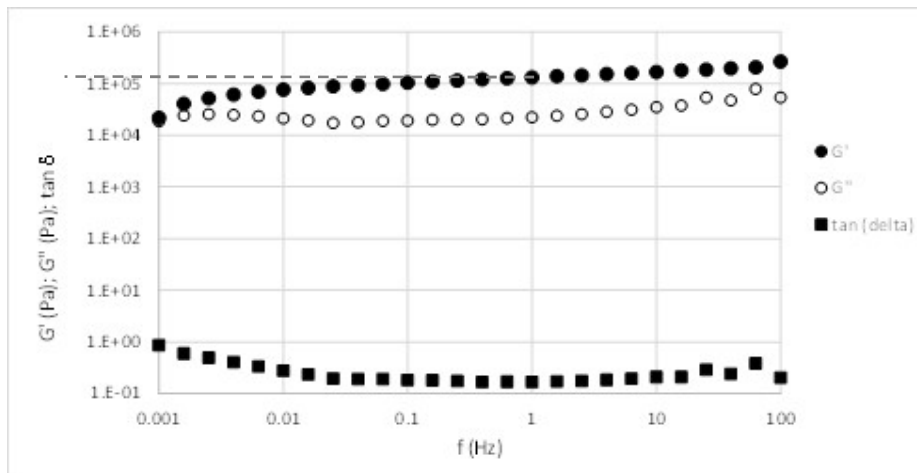


Fig.1 – Evolução dos módulos viscoelásticos ( $G'$  e  $G''$ ) e da  $\tan \delta$  com a frequência, numa amostra de massa de pão.

- **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.

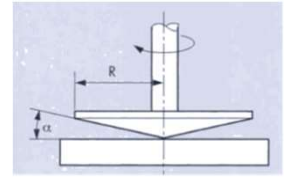
## Sistemas sensores

### 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 ( $\alpha$ ).

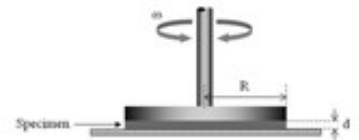
- A velocidade de deformação (*shear rate*) é constante em todo o gap – maior vantagem
- Maior raio aumenta a sensibilidade para medições baixa viscosidade
- Adequado para gamas de viscosidades médias/altas
- Muito fáceis de limpar, requerem quantidades pequenas de amostra (0,5-5mL)
- Limitação de utilização 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 (farinha T65 + H<sub>2</sub>O + levedura desidratada + emulsionante SSL + sal)
- Massa de pão de trigo (a mesma que a anterior, com substituição parcial (4%) da farinha pela microalga comercial *Chlorella vulgaris* (organic da Allmicroalgae)

### Procedimento experimental:

- Realizar o **teste de 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 **teste de varrimento de frequências** das 2 massas de pão

**Relatório:** Construir o gráfico do varrimento de tensões e o gráfico do varrimento de frequências para as duas amostras (cada uma com duas repetições) e comentar os resultados com base no discutido na aula prática e nos artigos científicos enviados.

### **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.