



**Estudo de comportamento
reológico de graxas
lubrificantes para aumento
da eficiência energética em
aplicações Industriais**

Outubro de 2023



**CENTRO
DE TECNOLOGIA
ICONIC**

Sumário

1 – Desafio da Eficiência Energética

2 – Principais Usos

3 – Eficiência energética em Graxas

4 – Processo Produtivo

5 – Influência do Espessante

6 – Ensaio Reológicos

7 – Comportamentos da Graxa

8 - Conclusões

Desafio da Eficiência Energética



Reduzir Atrito e Desgaste

iea

International Energy Agency

**Indústria 25%
emissões de CO₂**



Eficiência Energética

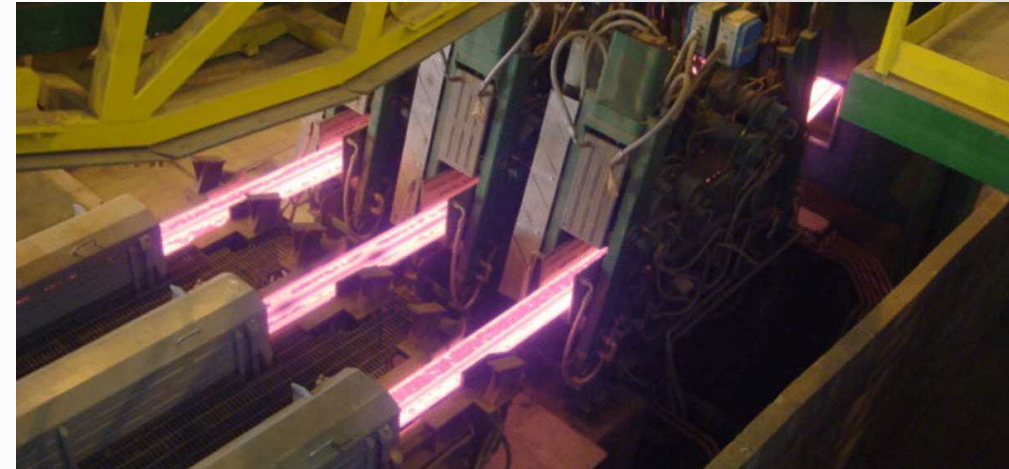


Reduzir Gases Efeito Estufa

Perdas por Atrito

- 100 milhões de terajoules são utilizados anualmente para superar o atrito
- Indústria representa 29% desse total
- Numa fábrica de papel, 15 a 25% da energia utilizada é gasta para superar o atrito

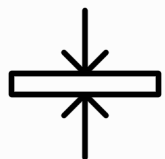
Global Impact of Friction on Energy Consumption, Economy and Environment
Kenneth Holmberg and Ali Erdemir



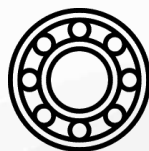
Principais Usos na Indústria



Engrenagens



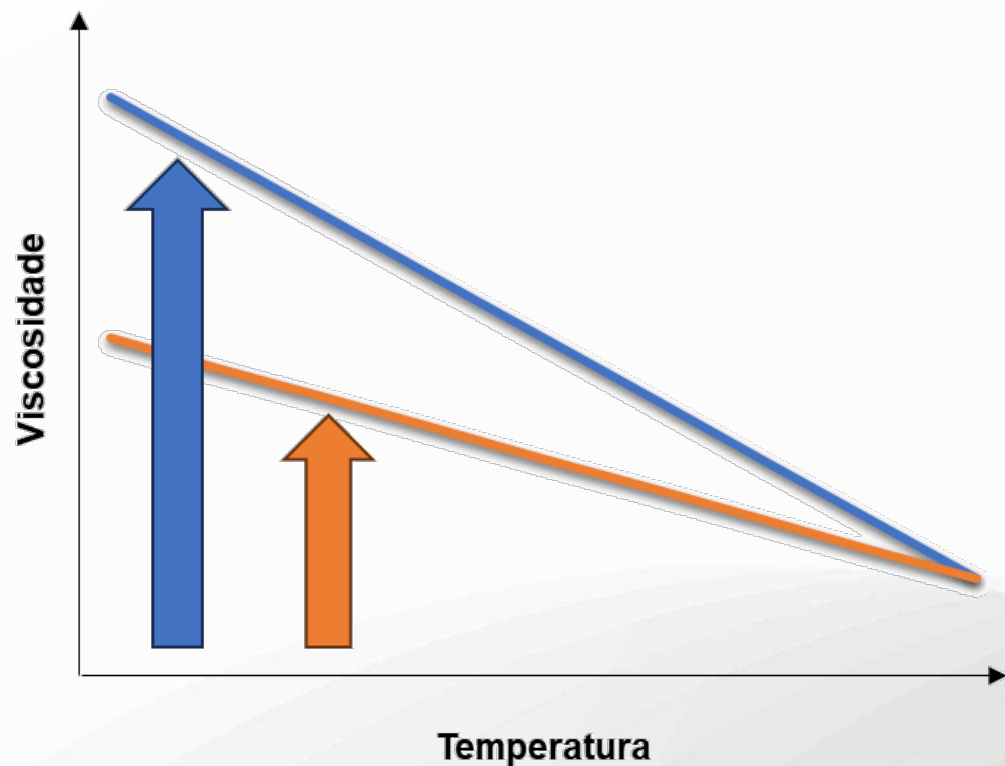
Filme lubrificante espesso



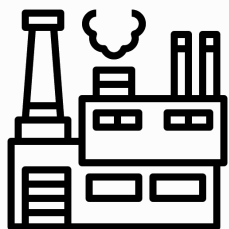
Rolamentos



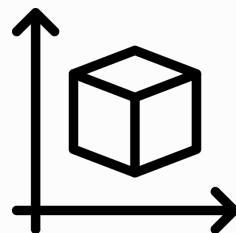
Como uma Graxa pode ser mais eficiente?



Fatores considerados



Manufatura



**Tamanho
e Forma**



Reologia



Processo Produtivo



Homogeneizador Raffaello Series - HA33
<https://www.bertoli-homogenizers.com/>

Processo Produtivo

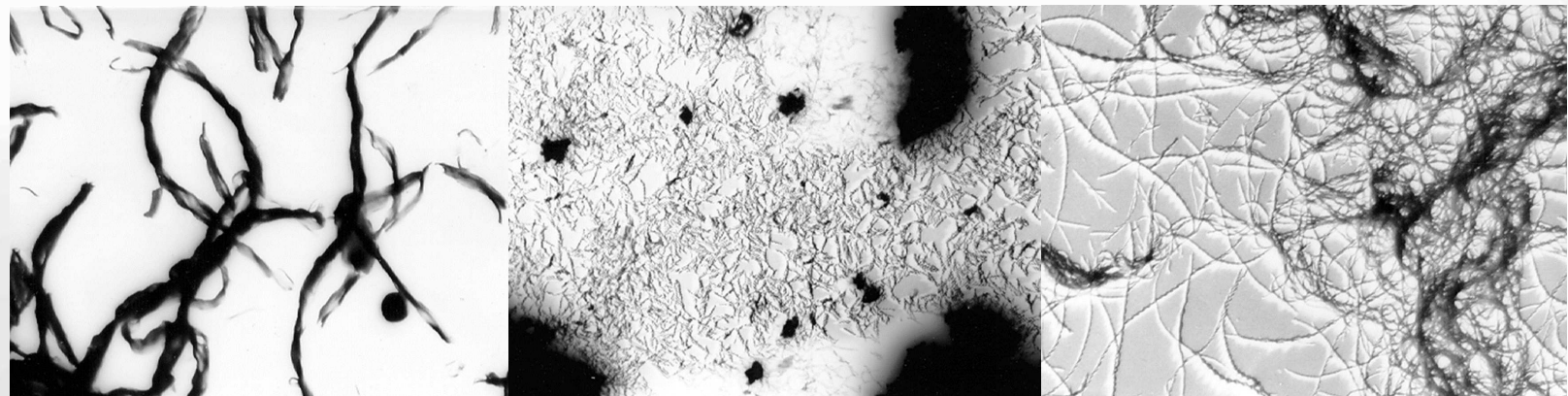


- Etapas de processamento como moagem ou homogeneização
- Aumento da proporção entre comprimento e largura das fibras
- Produzindo emaranhados físicos entre fibras

Sabão de Sódio

Sabão de Cálcio

Sabão de Lítio



Tamanho e Forma de Fibras

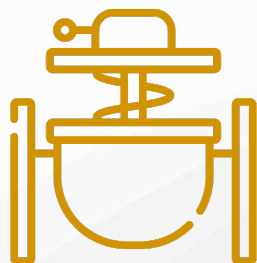
Controles de Processo



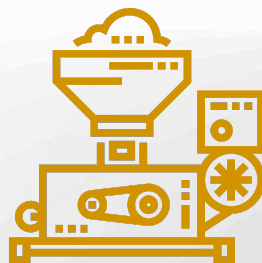
Temperatura



**Taxas de
resfriamento**

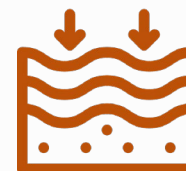


Mistura



Cisalhamento

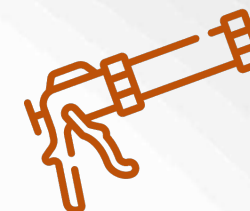
Características do Tamanho



Consistência



**Estabilidade
mecânica**



Bombeabilidade



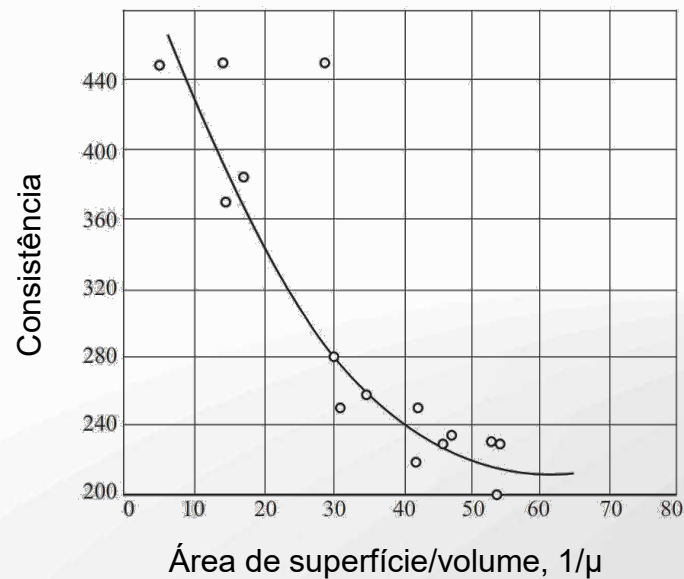
Sinérese



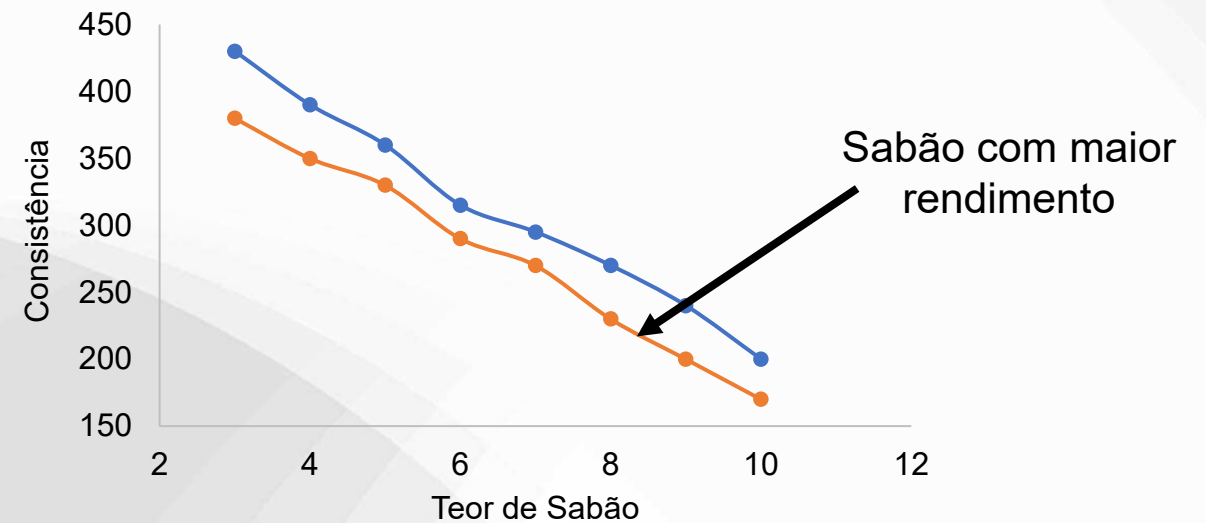
**Textura e
aparência**

Eficiência do Sabão

- Capacidade de formar uma estrutura tridimensional estável
- Capacidade de manter a graxa estável e coesa
- Quanto menos sabão para atingir uma determinada consistência, maior o rendimento



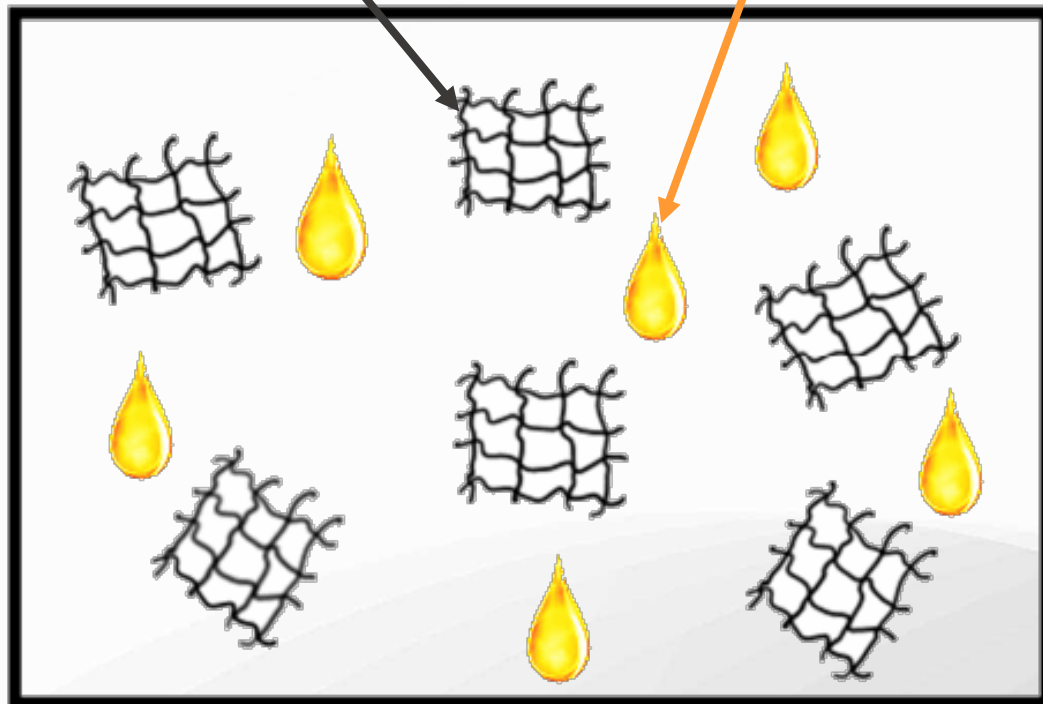
B.W. Hotten and D.H. Birdsall – Fine structure and rheological properties of lithium soap-oil dispersions. Journal of Colloid Science



Eficiência do Sabão

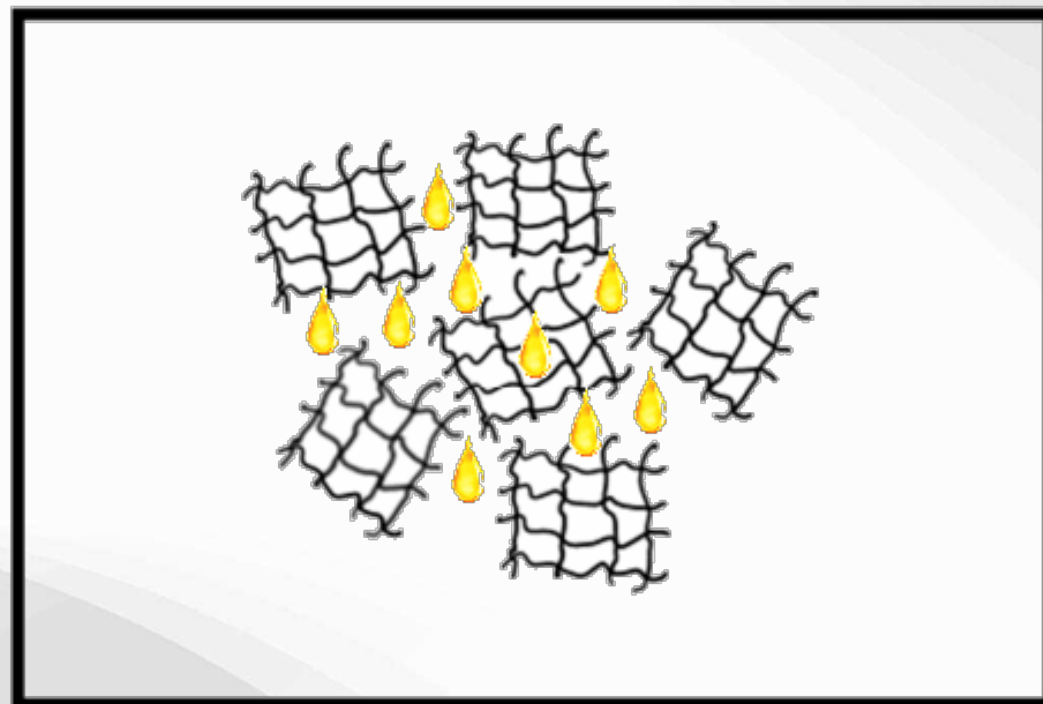
Fibra do Sabão

Óleo Básico



Sabão com baixo Rendimento:

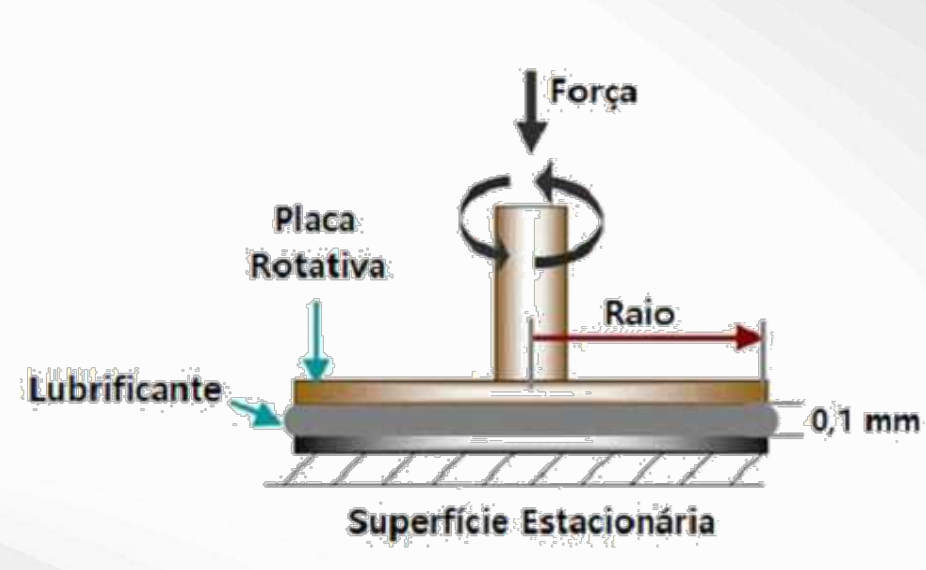
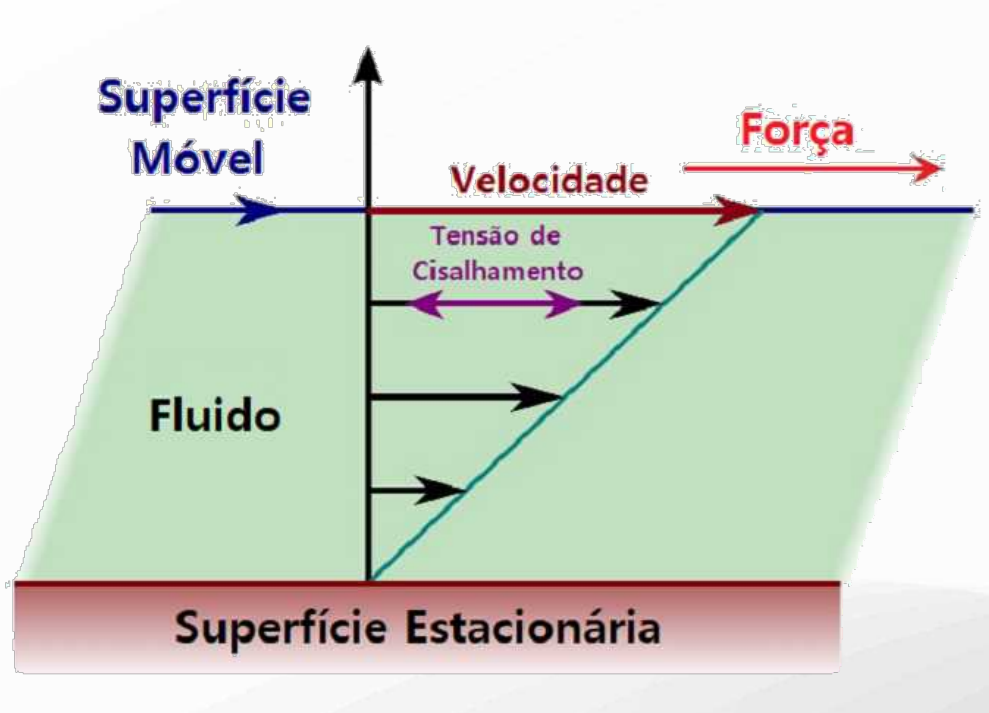
- Maior teor para obter espessamento
- Estrutura desalinhada (heterogênea)



Sabão com alto Rendimento:

- Menor teor para obter espessamento
- Estrutura alinhada (homogênea)

Ensaio de Varredura de Amplitude



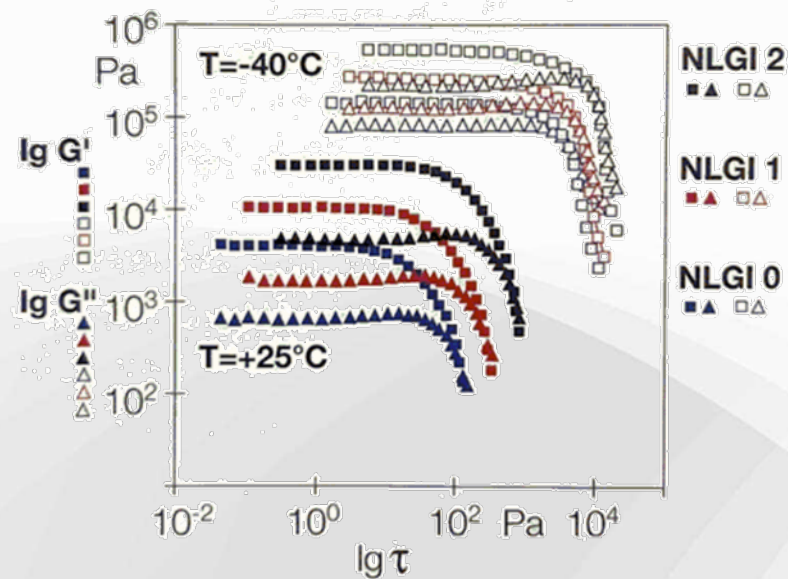
Propriedades Reológicas



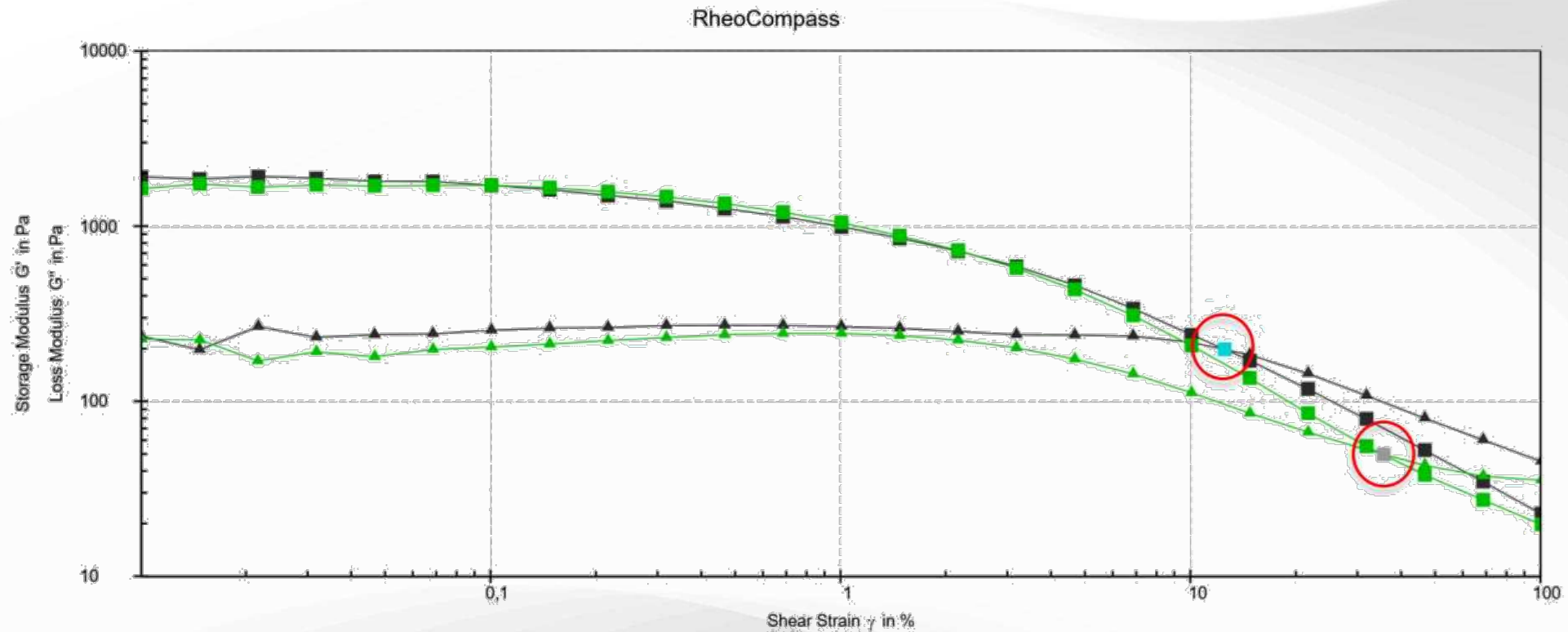
VISCOSIDADE – medida da resistência interna ou fricção interna de uma substância ao fluxo quando submetida a uma tensão



VISCOELASTICIDADE – Materiais que apresentam um comportamento mecânico evidenciando tanto características viscosas como elásticas



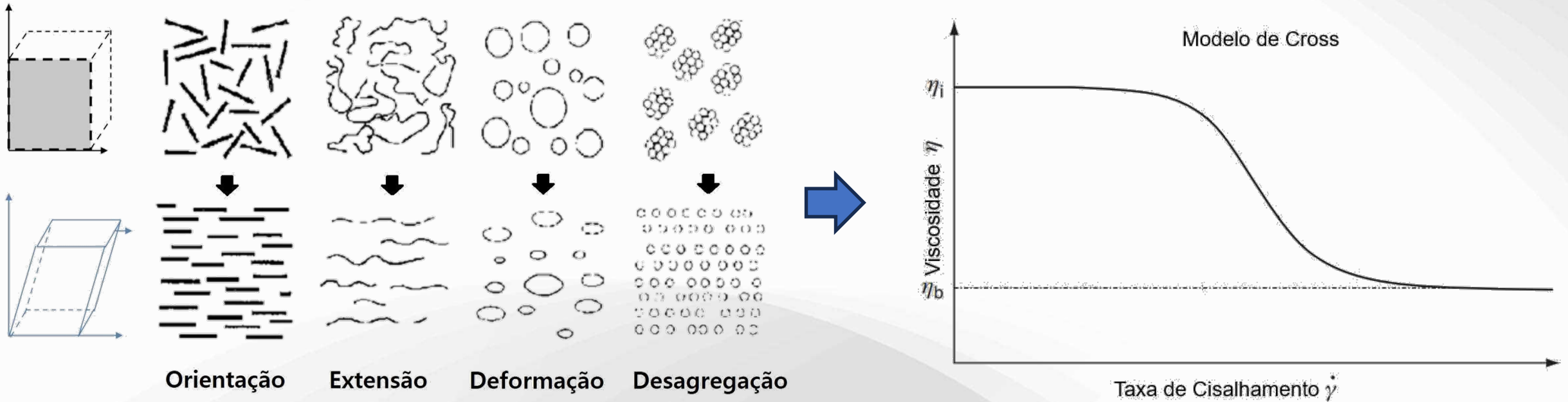
Ensaio de Varredura de Amplitude



- **módulo elástico G' - comportamento elástico**
- **módulo viscoso G'' - comportamento viscoso**
- **ponto de fluxo - faixa em que o produto viscoelástico sólido se comporta como fluido**

Afinamento por Cisalhamento

Viscosidade diminui fortemente com o aumento do cisalhamento



Comportamento Normal

Espalhamento (Alta Resistência)



Alta resistência
para rolar

- 1 - Esferas afastam a graxa
- 2 - Graxa **adere** às esferas
- 3 - Esferas **sofrem resistência** da graxa

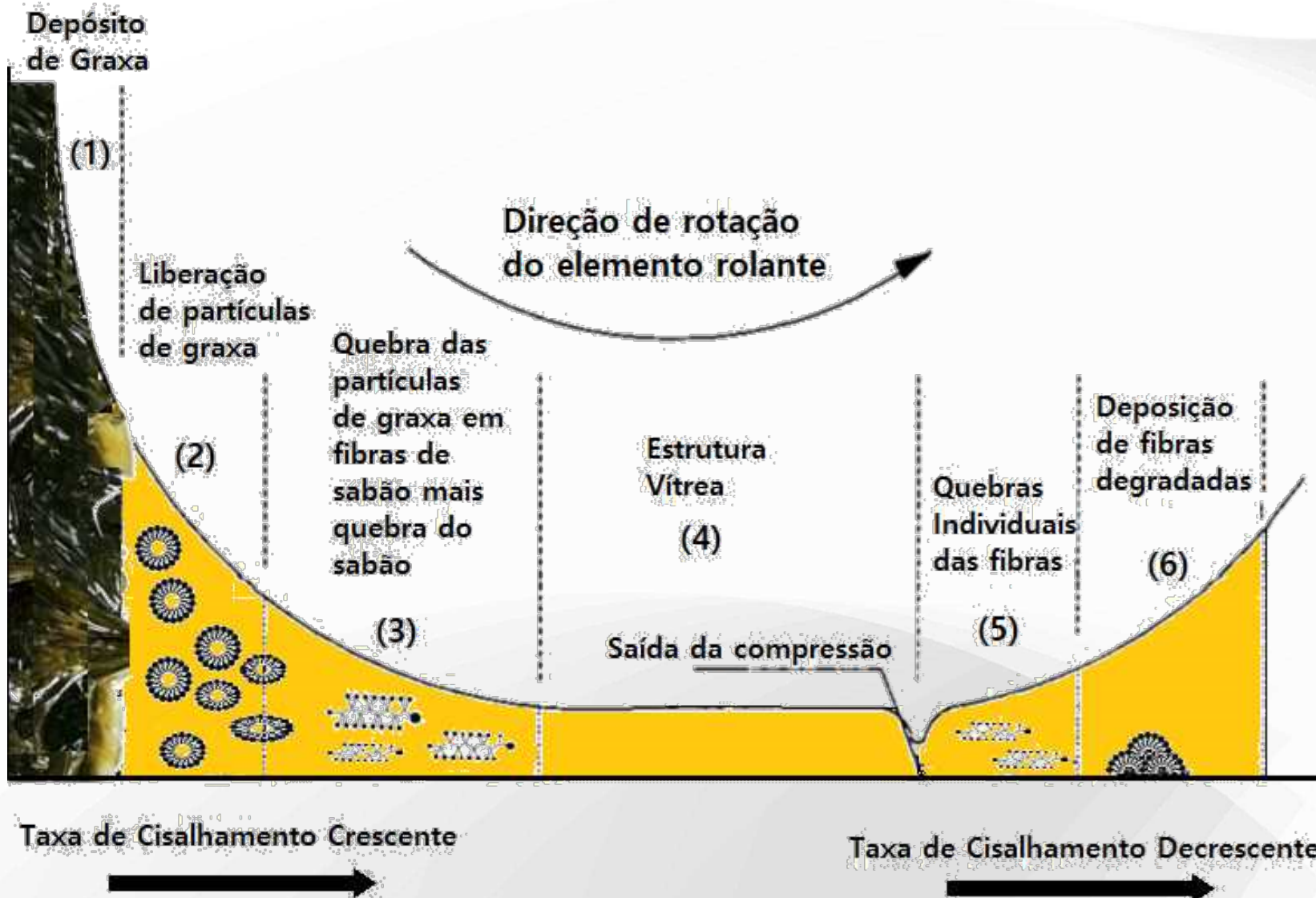
Canalização (Baixa Resistência)



Rolando
fácil

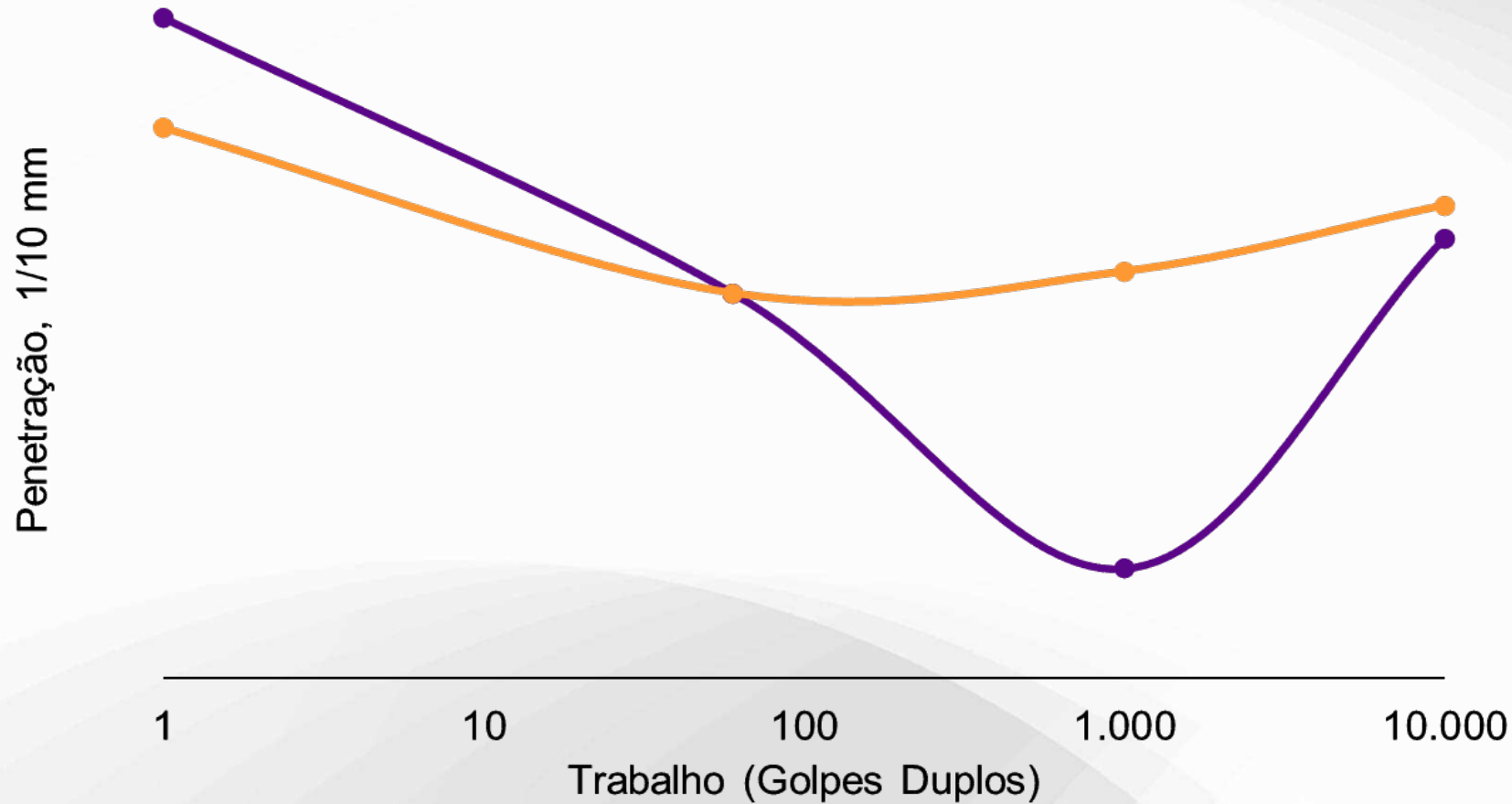
- 1 - Esferas afastam a graxa
- 2 - Graxa **difícilmente adere** às esferas
- 3 - Esferas **recebem quase nenhuma resistência** da graxa

Comportamento Normal

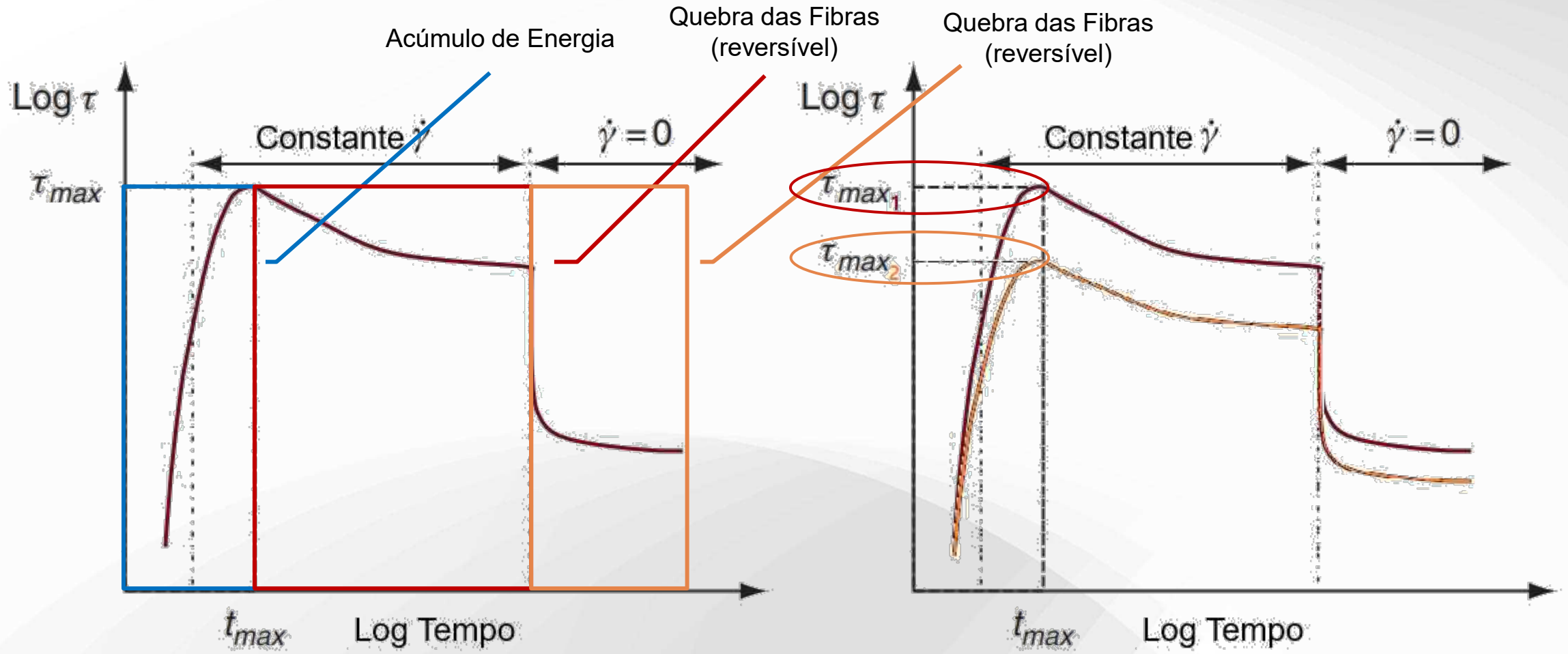


MICROESTRURA DO ESPESSANTE

Relação com a Consistência

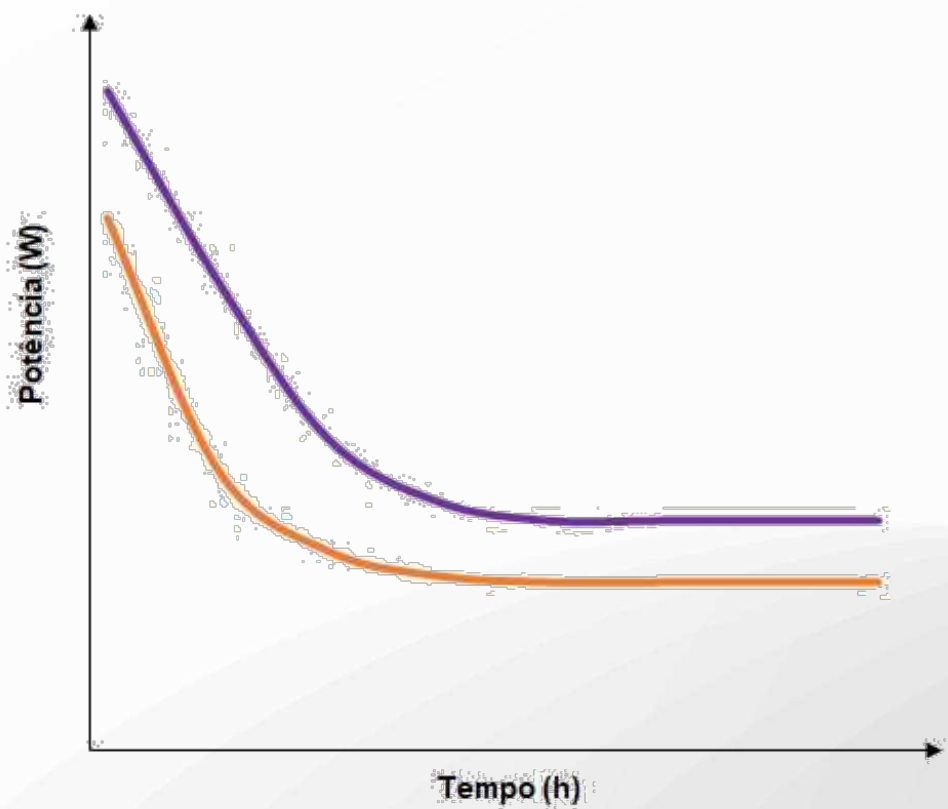


Afinamento por Cisalhamento

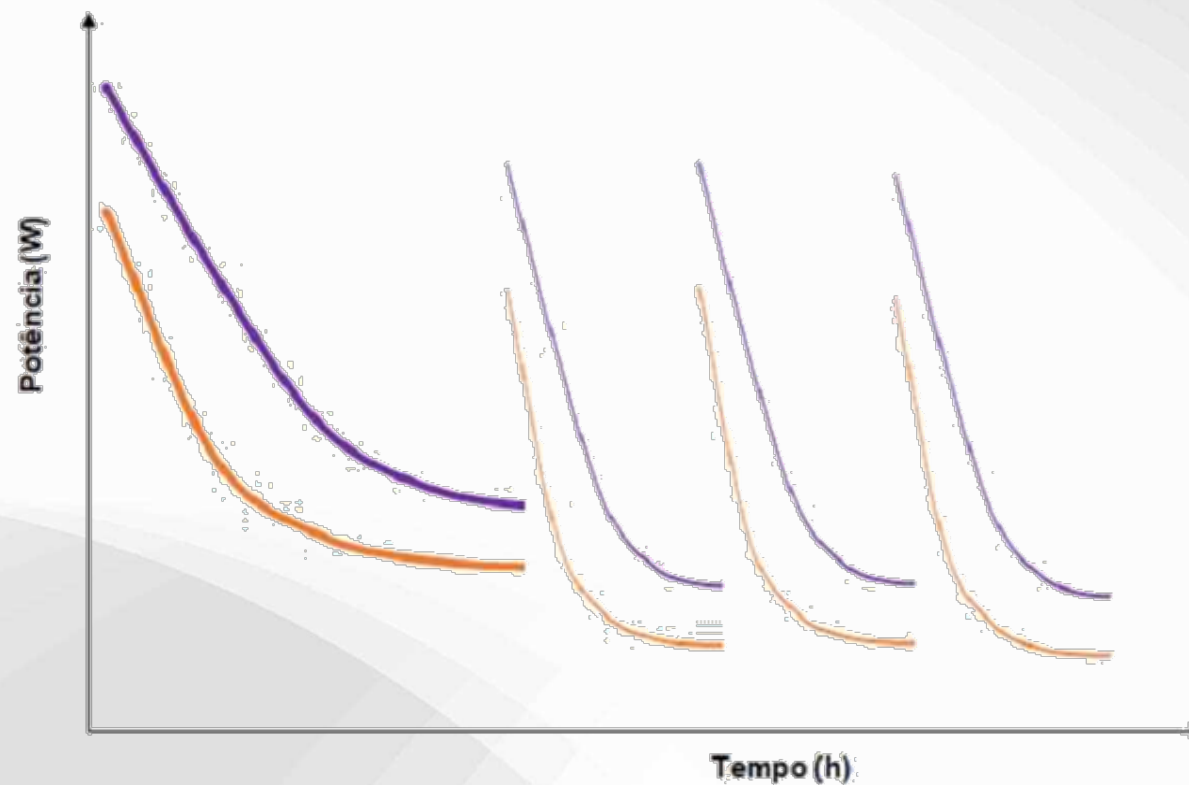


Eficiência em Graxas

Ciclo Contínuo



Ciclo Intermitente



É POSSÍVEL MELHORAR A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA!



VISCOSIDADE DO ÓLEO BÁSICO

Viscosidades mais baixas



TEOR DE ESPESSANTE

Maior eficiência dos espessantes



PROCESSO DE MANUFATURA

Qualidade nos processos de manufatura

The background features a series of concentric, wavy lines that create a sense of depth and movement. The colors transition from a deep purple on the left to a bright yellow on the right, with various shades of purple and orange in between.

ICONIC

juntos

para transformar