Funções materiais

8 de Março de 2007

Sumário

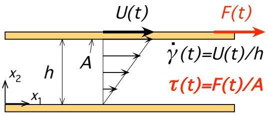
Introdução

Fluido newtoniano ($\boldsymbol{\tau} = \mu\dot{\gamma}$) $\rightarrow$ do ponto de vista reológico, a viscosidade μ é a única propriedade do material de interesse, qualquer que seja a cinemática.

Fluidos não newtonianos $\rightarrow$ cada cinemática fornece informações diferentes sobre o comportamento mecânico do material. Estas informações são apresentadas na forma de funções materiais.

Funções materiais $\rightarrow$ cada cinemática define um conjunto diferente de funções materiais. Os argumentos destas funções são grandezas físicas inerentes à cinemática correspondente (ex: taxa de cisalhamento, freqüência, tempo de cisalhamento, etc.).

Definições



. campo de velocidade

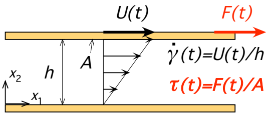
$$\boldsymbol{v} = \dot{\gamma}(t) x_2 \hat{\boldsymbol{e}}_1$$

. campo de tensão

$$[\boldsymbol{T}] = \begin{bmatrix} -p + \tau_{11} & \tau_{21} & 0 \\ \tau_{21} & -p + \tau_{22} & 0 \\ 0 & 0 & -p + \tau_{33} \end{bmatrix}$$

. grandezas mensuráveis

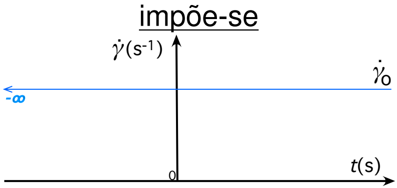
$\tau(t) \equiv \tau_{21}$	tensão cisalhante
$N_1(t) \equiv \tau_{11} - \tau_{22}$	1^a diferença de tensões normais
$N_2(t) \equiv \tau_{22} - \tau_{33}$	2^a diferença de tensões normais

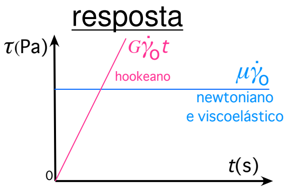


Cada função $\dot{\gamma}(t)$ ou $\tau(t)$ define um escoamento diferente

escoamento	impõe-se	medem-se
permanente	$\dot{\gamma}(t) = \dot{\gamma}_o$	$\tau(\infty), N_1(\infty), N_2(\infty)$
oscilatório	$\dot{\gamma}(t) = \dot{\gamma}_o \cos(\omega t)$	$\tau(t), N_1(t), N_2(t)$
transiente inicial	$\dot{\gamma}(t) = \dot{\gamma}_o H(t)$	$\tau(t), N_1(t), N_2(t)$
transiente após parar	$\dot{\gamma}(t) = \dot{\gamma}_o(1 - H(t))$	$\tau(t), N_1(t), N_2(t)$
fluência (*creep*)	$\tau(t) = \tau_o H(t)$	$\gamma(t)$ e $\dot{\gamma}(t)$

$H(t)$ é a função degrau de Heaviside.





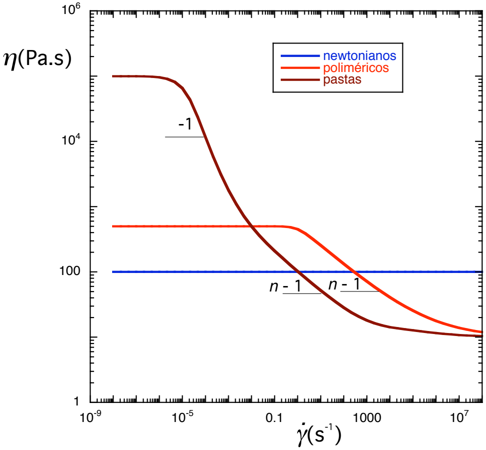
funções materiais

viscosidade $\eta(\dot{\gamma}_o) \equiv \tau(\dot{\gamma}_o, \infty)/\dot{\gamma}_o$

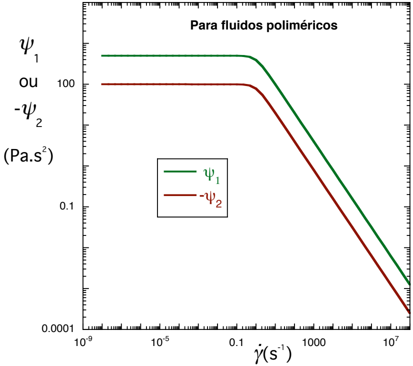
1^o coeficiente de tensões normais $\Psi_1(\dot{\gamma}_o) \equiv N_1(\dot{\gamma}_o, \infty)/\dot{\gamma}_o^2$

2^o coeficiente de tensões normais $\Psi_2(\dot{\gamma}_o) \equiv N_2(\dot{\gamma}_o, \infty)/\dot{\gamma}_o^2$

Comportamento típico de $\eta(\dot{\gamma})$

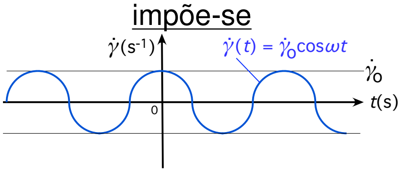


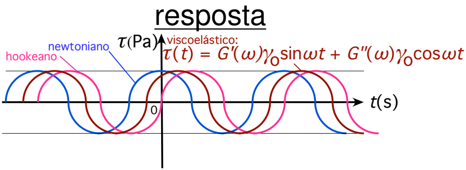
Comportamento típico de $\Psi_1(\dot{\gamma})$ e $\Psi_2(\dot{\gamma})$



Para fluidos newtonianos e puramente viscosos, $\Psi_1 = \Psi_2 = 0$.
Para fluidos poliméricos, $\Psi_2 = -c\Psi_1$, onde $0.1 < c < 0.25$.

Escoamento oscilatório de baixa amplitude



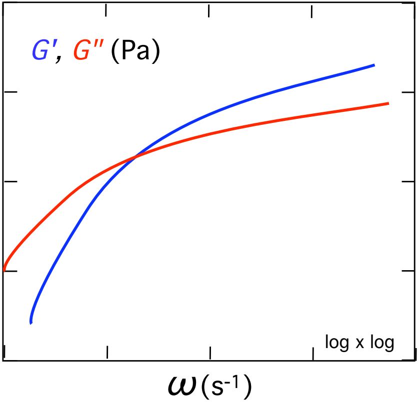


funções materiais

módulo de armazenamento $G'(\omega)$

módulo de dissipação $G''(\omega)$

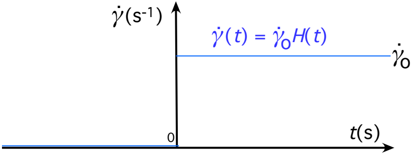
Comportamento típico de $G'(\omega)$ e $G''(\omega)$



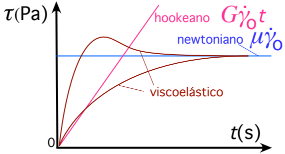
Para fluidos newtonianos e puramente viscosos, $G' = 0$.

Escoamento transiente inicial

impõe-se



resposta



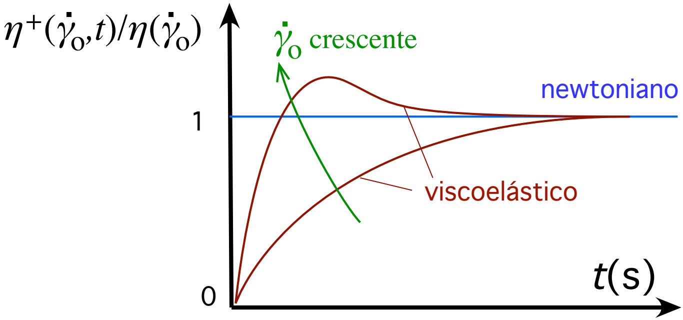
funções materiais

viscosidade transiente $\eta^+(\dot{\gamma}_o, t) \equiv \tau(\dot{\gamma}_o, t)/\dot{\gamma}_o$

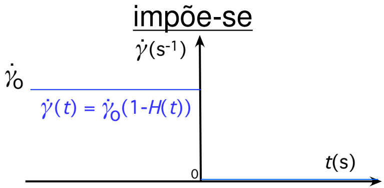
1^o coef. tensões normais transiente $\Psi_1^+(\dot{\gamma}_o, t) \equiv N_1(\dot{\gamma}_o, t)/\dot{\gamma}_o^2$

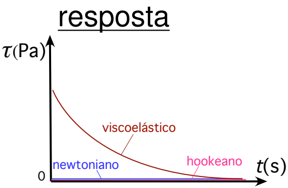
2^o coef. tensões normais transiente $\Psi_2^+(\dot{\gamma}_o, t) \equiv N_2(\dot{\gamma}_o, t)/\dot{\gamma}_o^2$

Comportamento típico de $\eta^+(\dot{\gamma}_o, t)$



Para fluidos newtonianos e puramente viscosos,
$\eta^+(\dot{\gamma}_o, t) = \eta(\dot{\gamma}_o)$.





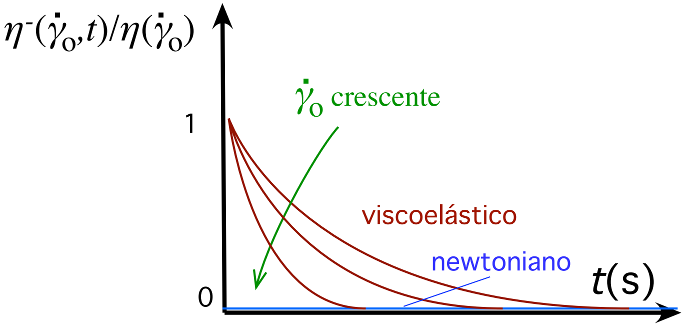
funções materiais

viscosidade transiente $\eta^-(\dot{\gamma}_o, t) \equiv \tau(\dot{\gamma}_o, t)/\dot{\gamma}_o$

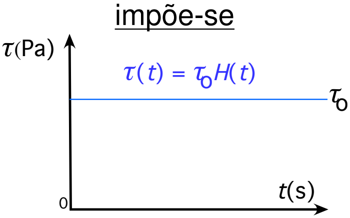
1^o coef. tensões normais transiente $\Psi_1^-(\dot{\gamma}_o, t) \equiv N_1(\dot{\gamma}_o, t)/\dot{\gamma}_o^2$

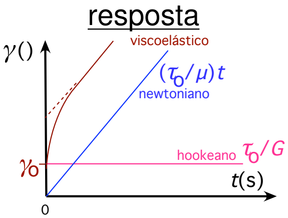
2^o coef. tensões normais transiente $\Psi_2^-(\dot{\gamma}_o, t) \equiv N_2(\dot{\gamma}_o, t)/\dot{\gamma}_o^2$

Comportamento típico de $\eta^-(\dot{\gamma}_o, t)$



Para fluidos newtonianos e puramente viscosos, $\eta^-(\dot{\gamma}_o, t) = 0$.





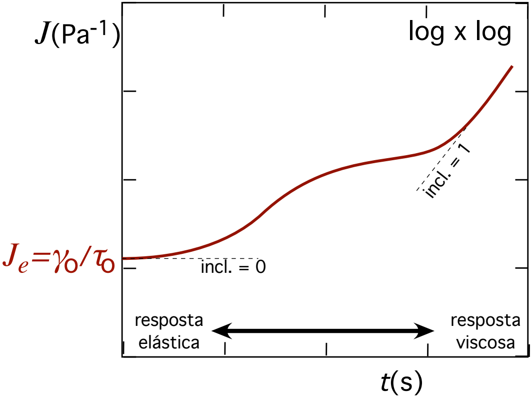
funções materiais

creep compliance $J(\tau_o, t) \equiv \gamma(\tau_o, t)/\tau_o$

1^o coef. tensões normais de creep $\Psi_1^c(\tau_o, t) \equiv N_1(\tau_o, t)/\dot{\gamma}(\tau_o, t)^2$

2^o coef. tensões normais de creep $\Psi_2^c(\tau_o, t) \equiv N_2(\tau_o, t)/\dot{\gamma}(\tau_o, t)^2$

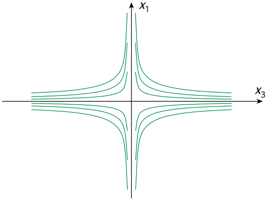
Comportamento típico de $J(\tau_o, t)$



γ_o é a deformação recuperável, e J_e é a *compliance* de equilíbrio.

. campo de velocidade

$$\boldsymbol{v} = \dot{\varepsilon}(t)\left\{x_3\hat{\boldsymbol{e}}_3 - \frac{1}{2}\left[(1+b)x_1\hat{\boldsymbol{e}}_1 + (1-b)x_2\hat{\boldsymbol{e}}_2\right]\right\}$$



. campo de tensão

$$[\boldsymbol{T}] = \begin{bmatrix} -p+\tau_{11} & 0 & 0 \\ 0 & -p+\tau_{22} & 0 \\ 0 & 0 & -p+\tau_{33} \end{bmatrix}$$

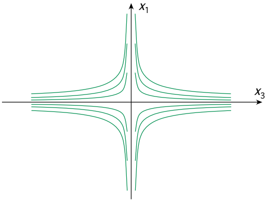
. grandezas mensuráveis

$\tau_{33} - \tau_{11}$ 1^a diferença de tensões normais

$\tau_{22} - \tau_{11}$ 2^a diferença de tensões normais

Principais tipos de escoamento elongacional

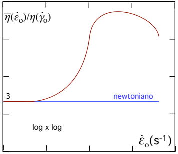
$$\boldsymbol{v} = \dot{\varepsilon}(t)\left\{x_3\hat{\mathbf{e}}_3 - \frac{1}{2}\left[(1+b)x_1\hat{\mathbf{e}}_1 + (1-b)x_2\hat{\mathbf{e}}_2\right]\right\}$$



Cada escolha de $(b, \dot{\varepsilon}(t))$ define um tipo diferente de escoamento elongacional

escoamento	valor de b	sinal de $\dot{\varepsilon}(t)$
elongacional uniaxial	$b = 0$	$\dot{\varepsilon}(t) > 0$
elongacional biaxial	$b = 0$	$\dot{\varepsilon}(t) < 0$
elongacional planar	$b = 1$	$\dot{\varepsilon}(t)$ qualquer

resposta



impõe-se $\dot{\varepsilon}(t) = \dot{\varepsilon}_o$ por muito tempo, até o regime permanente (a tensão torna-se independente do tempo)

funções materiais

1ª viscosidade elongacional $\bar{\eta}_1(\dot{\varepsilon}_o, b) \equiv (\tau_{33} - \tau_{11})/\dot{\varepsilon}_o$

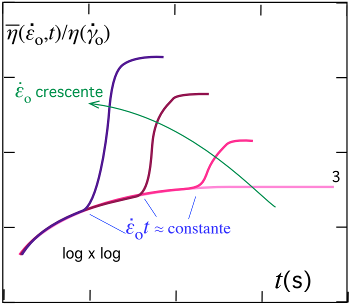
2ª viscosidade elongacional $\bar{\eta}_2(\dot{\varepsilon}_o, b) \equiv (\tau_{22} - \tau_{11})/\dot{\varepsilon}_o$

quando $b = 0$, $\bar{\eta}_1(\dot{\varepsilon}_o, 0) \equiv \bar{\eta}(\dot{\varepsilon}_o)$ é a viscosidade elongacional uniaxial.

Escoamento transiente inicial

impõe-se $\dot{\varepsilon}(t) = \dot{\varepsilon}_o H(t)$

resposta



funções materiais

1ª viscosidade elongacional transiente $\bar{\eta}_1(\dot{\varepsilon}_o, b, t) \equiv (\tau_{33} - \tau_{11})/\dot{\varepsilon}_o$

2ª viscosidade elongacional transiente $\bar{\eta}_2(\dot{\varepsilon}_o, b, t) \equiv (\tau_{22} - \tau_{11})/\dot{\varepsilon}_o$

quando $b = 0$, $\bar{\eta}_1(\dot{\varepsilon}_o, 0, t) \equiv \bar{\eta}(\dot{\varepsilon}_o, t)$ é a viscosidade elongacional uniaxial transiente.