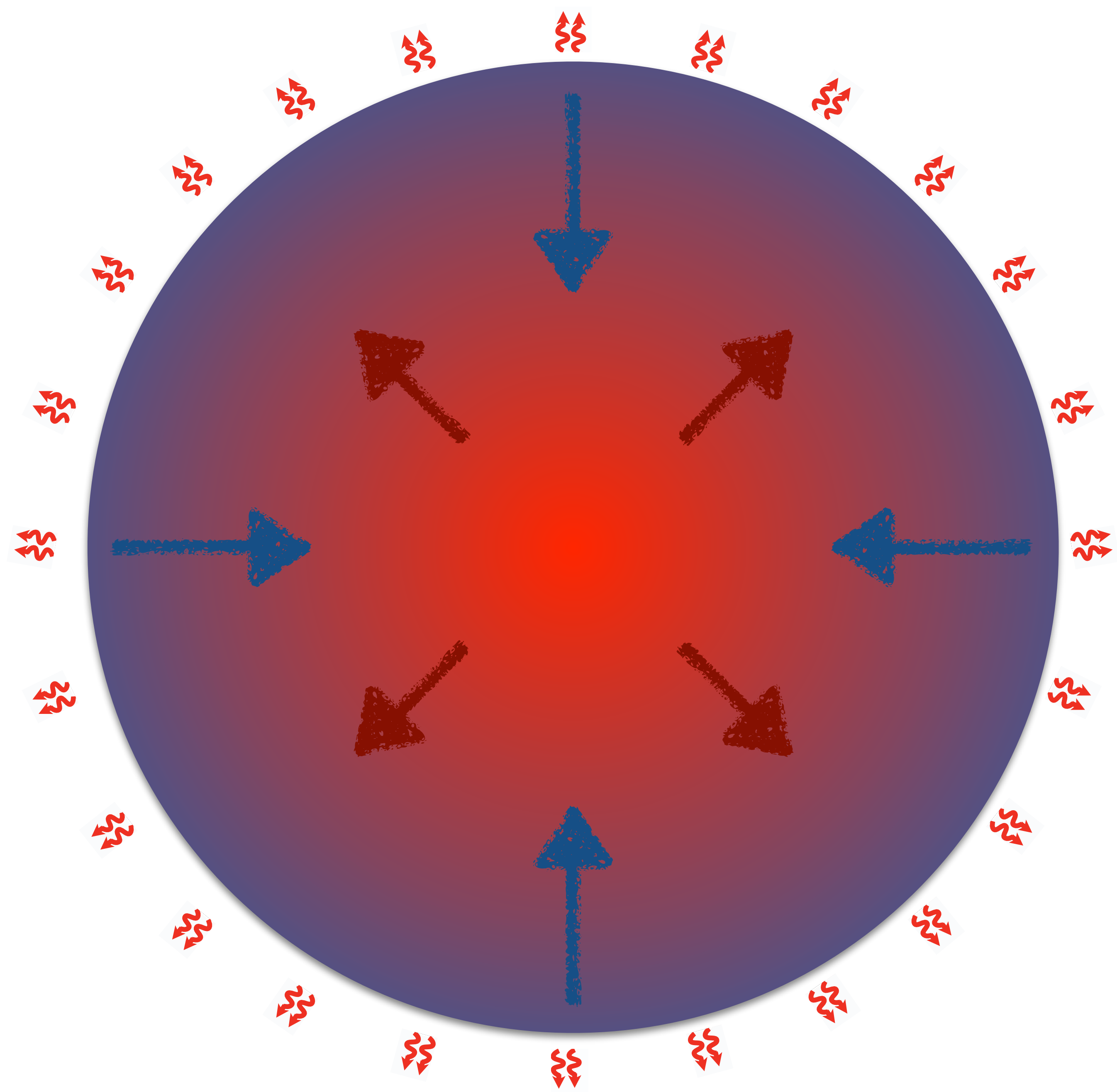
Modelos Quantitativos de Bacias Sedimentares

AGG0314

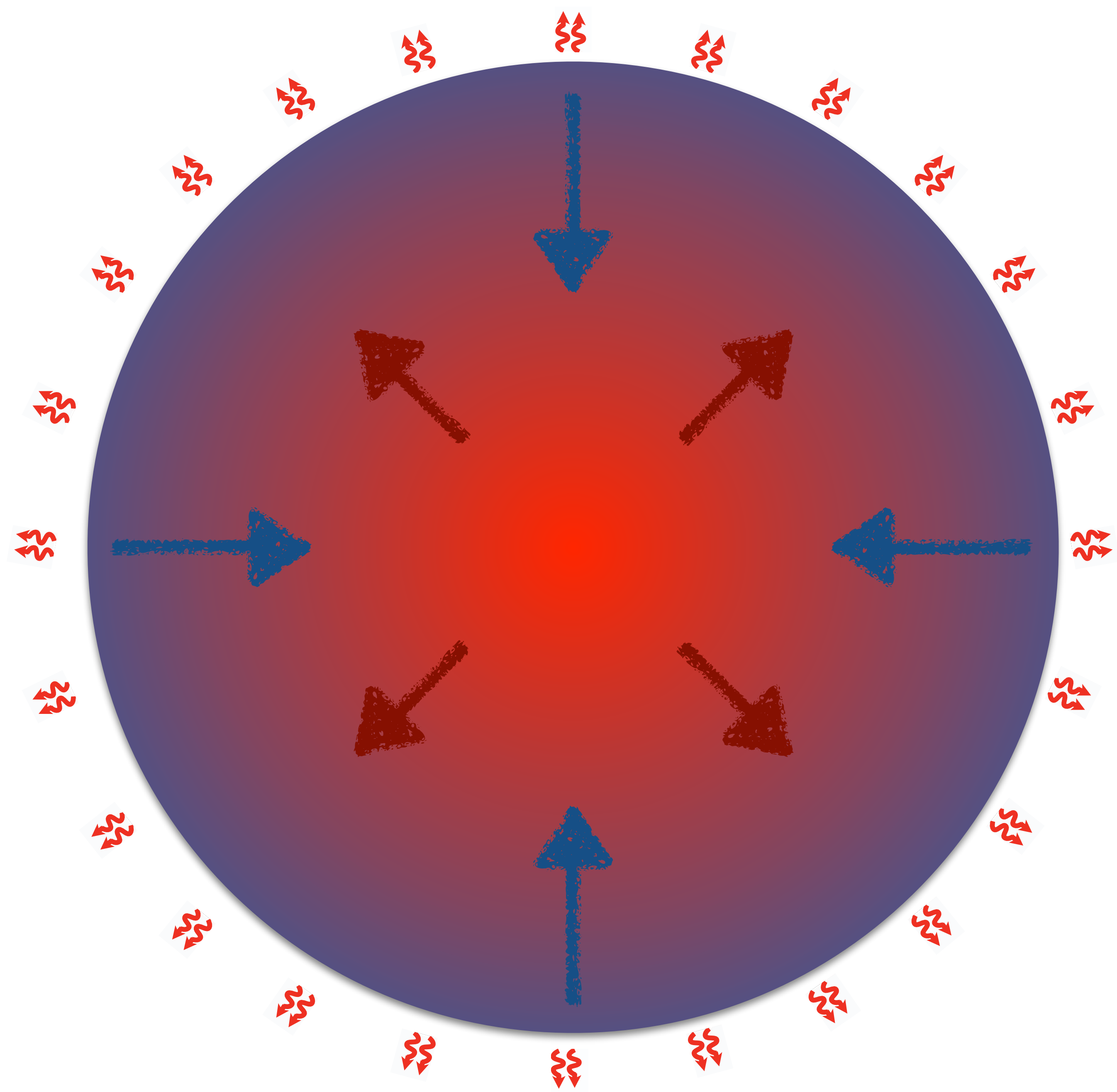
Reologia da litosfera

calor



calor

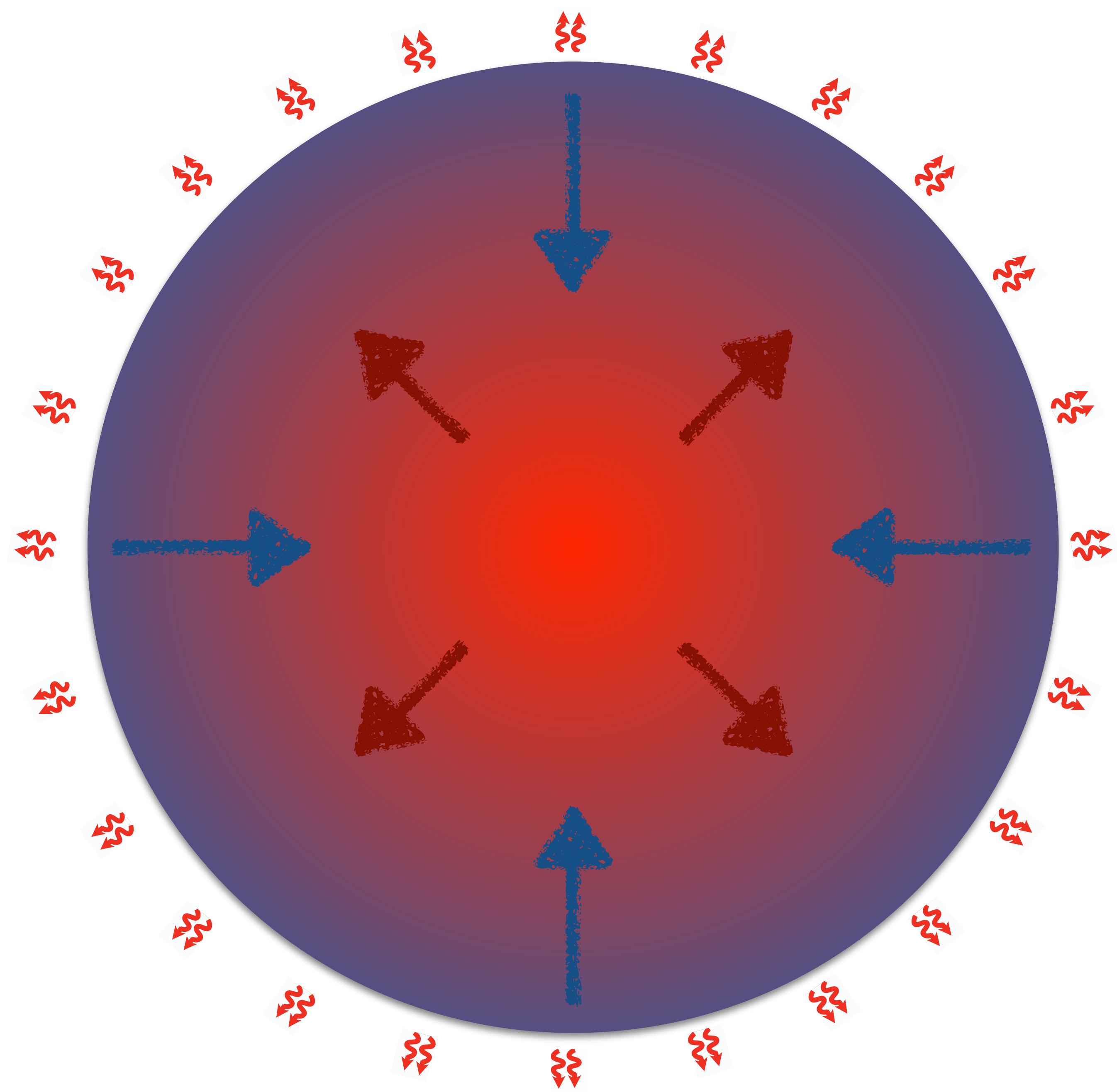
gravidade



calor

gravidade

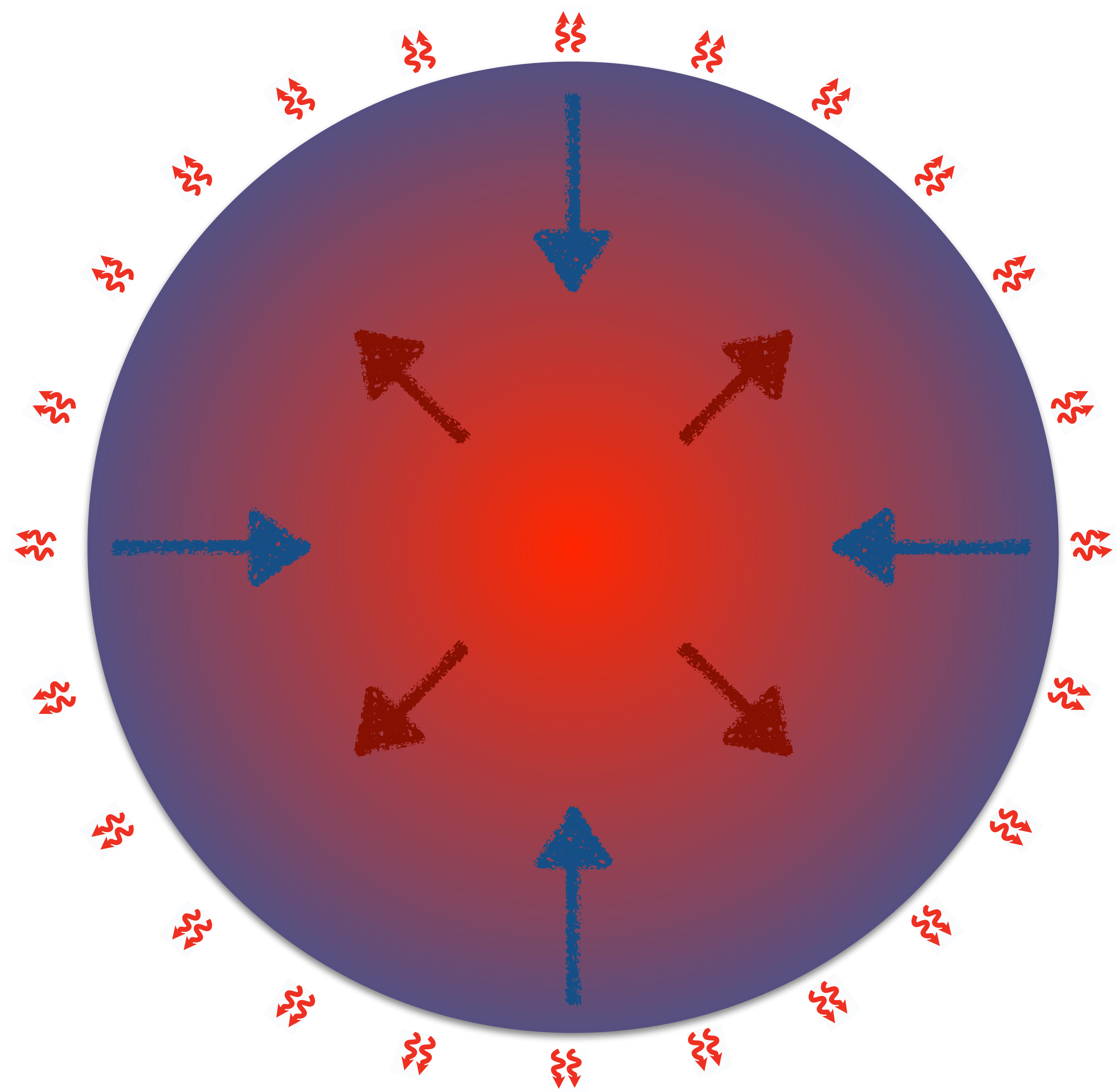
$$\frac{\partial T}{\partial t} = -v \cdot \frac{\partial T}{\partial z} + \kappa \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{H}{c}$$



calor

gravidade

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -v \cdot \frac{\partial T}{\partial z} + \kappa \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{H}{c}$$ **(1D)**

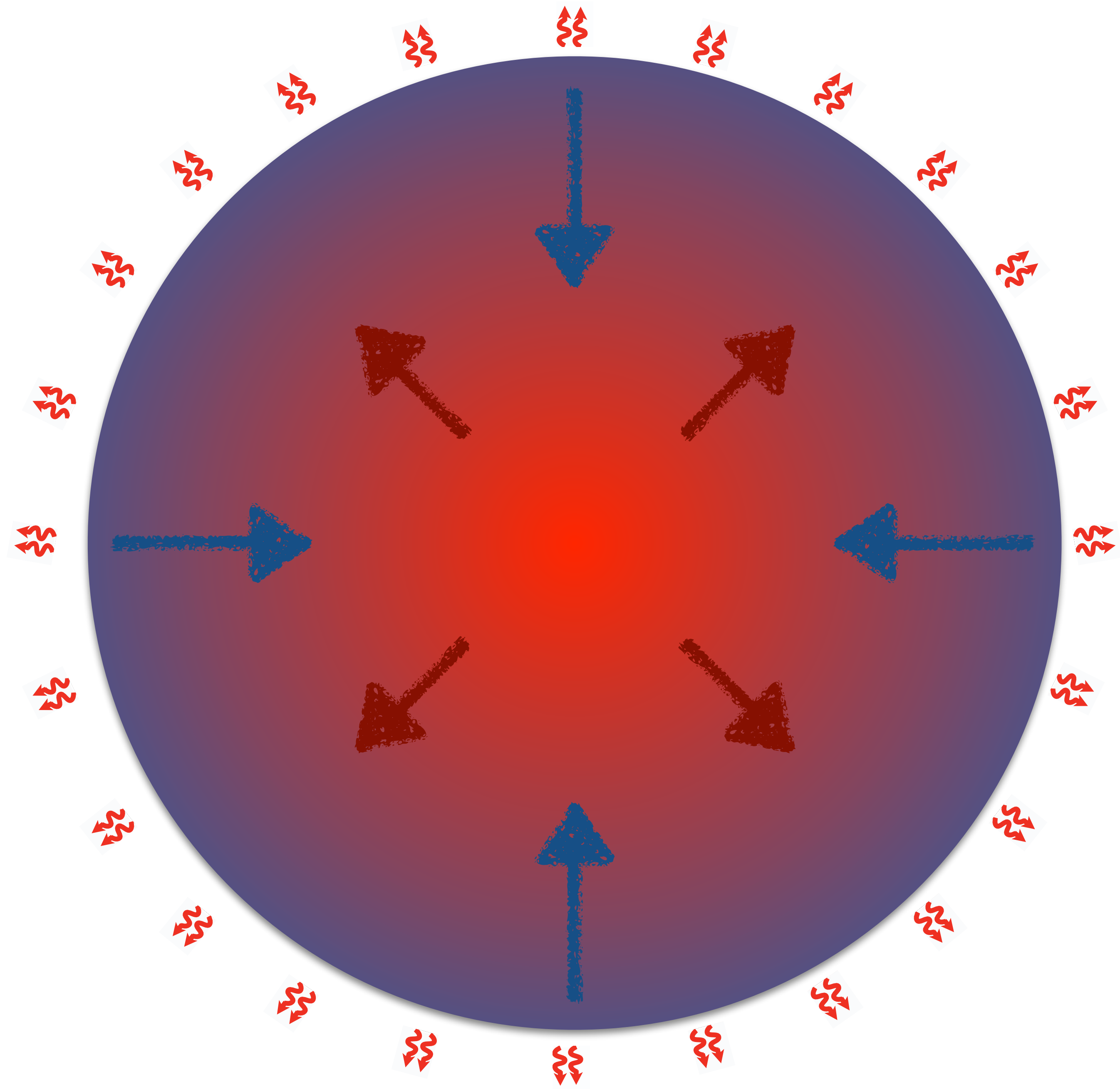


calor

gravidade

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -v \cdot \frac{\partial T}{\partial z} + \kappa \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{H}{c}$$ **(1D)**

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -v \cdot \nabla T + \kappa \nabla^2 T + \frac{H}{c}$$

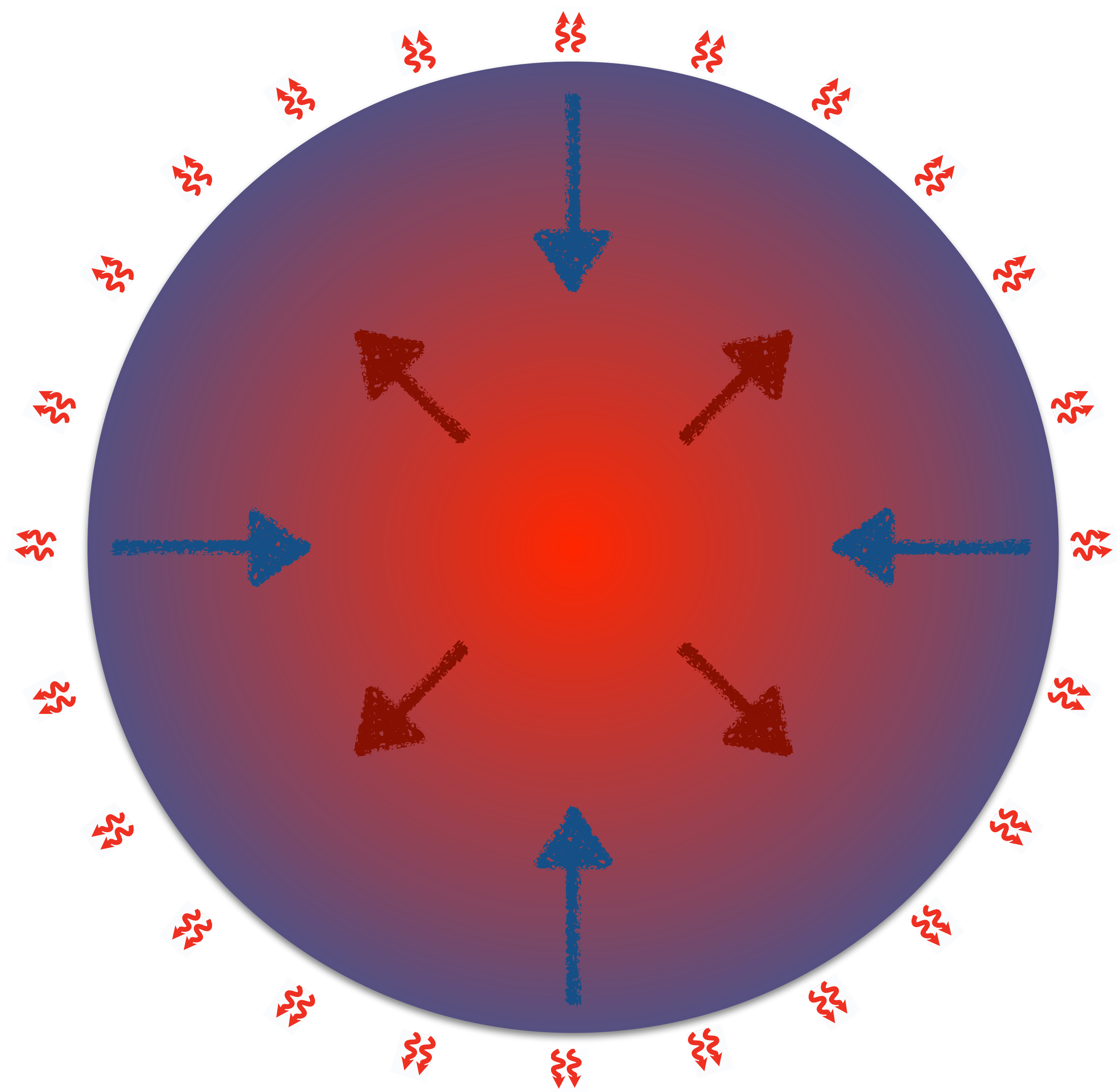


calor

gravidade

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -v \cdot \frac{\partial T}{\partial z} + \kappa \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{H}{c}$$ **(1D)**

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -v \cdot \nabla T + \kappa \nabla^2 T + \frac{H}{c}$$ **(2D ou 3D)**



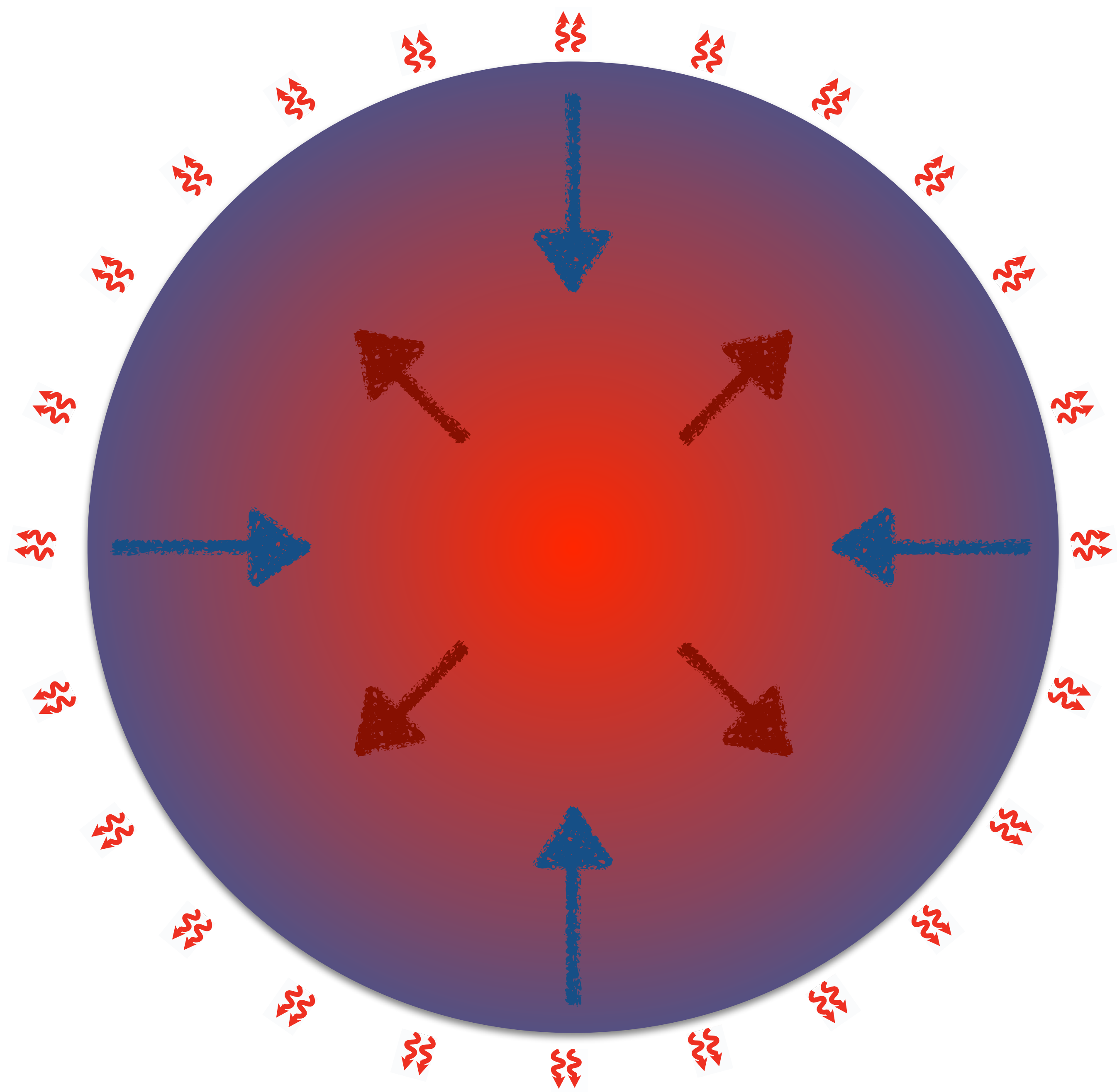
calor

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -v \cdot \frac{\partial T}{\partial z} + \kappa \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \frac{H}{c}$$ **(1D)**

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -v \cdot \nabla T + \kappa \nabla^2 T + \frac{H}{c}$$ **(2D ou 3D)**

gravidade

$$|\vec{F}| = \frac{GMm}{r^2}$$



Por que a Terra é tão complexa, se conhecemos essas duas equações a tanto tempo??

Equação de transporte de calor

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -v \cdot \nabla T + \kappa \nabla^2 T + \frac{H}{c}$$

De onde vem a velocidade?
Está faltando alguma equação nisso tudo!

A resposta está na **reologia**!!

WIKIPÉDIA
A enciclopédia livre

Reologia

Origem: Wikipédia, a enciclopédia livre.

A **reologia** (do Grego ῥέω *rhéō*, "fluxo" e -λογία, -*logia*, "estudo do") é o ramo da ciência que estuda as deformações e escoamentos da matéria.

Reologia

Reologia

O que é deformação?

A deformação de um corpo contínuo (ou de uma estrutura) é qualquer mudança da configuração geométrica do corpo que leve a uma variação da sua forma ou das suas dimensões

Deformação (em 1D)

Deformação $$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$ Variação no comprimento

Comprimento original

Em geociências, geralmente, a deformação é positiva no caso de contração:

$$\Delta L = L_{original} - L_{final}$$

(em engenharia normalmente é o oposto)

Taxa de deformação (em 1D)

Taxa de deformação

$$\dot{\varepsilon} = \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = \frac{\Delta L}{\Delta t L}$$

Variação no comprimento

Comprimento original

intervalo de tempo

Relação entre esforço e deformação ou taxa de deformação

Diz efetivamente qual é o comportamento reológico do meio

$\dot{\varepsilon}$	ε	σ
taxa de deformação	deformação	esforço
SI: $[s^{-1}]$	—	SI: $[N/m^2 = Pa]$

Comportamento elástico

Comportamento elástico

Lei de Hooke

Comportamento elástico

Lei de Hooke

$$F = k \cdot \Delta L$$

Comportamento elástico

Lei de Hooke

$$F = k \cdot \Delta L$$

k : constante elástica do meio

Comportamento elástico

Lei de Hooke

$$F = k \cdot \Delta L$$

$$k: \text{ constante elástica do meio}$$

Essa constante depende da geometria do meio elástico em questão: cresce linearmente com a seção do meio e é inversamente proporcional ao comprimento do meio na direção da aplicação da força:

Comportamento elástico

Lei de Hooke

$$F = k \cdot \Delta L$$

$$k: \text{ constante elástica do meio}$$

Essa constante depende da geometria do meio elástico em questão: cresce linearmente com a seção do meio e é inversamente proporcional ao comprimento do meio na direção da aplicação da força:

$$k = \frac{A \cdot E}{L}$$

Comportamento elástico

Lei de Hooke

$$F = k \cdot \Delta L$$

$$k : \text{ constante elástica do meio}$$

Essa constante depende da geometria do meio elástico em questão: cresce linearmente com a seção do meio e é inversamente proporcional ao comprimento do meio na direção da aplicação da força:

$$k = \frac{A \cdot E}{L}$$

Módulo de elasticidade
ou
Módulo de Young

Comportamento elástico

Lei de Hooke

$$F = k \cdot \Delta L$$

$$k: \text{ constante elástica do meio}$$

Essa constante depende da geometria do meio elástico em questão: cresce linearmente com a seção do meio e é inversamente proporcional ao comprimento do meio na direção da aplicação da força:

$$k = \frac{A \cdot E}{L}$$

Módulo de elasticidade
ou
Módulo de Young

$$F = \frac{A \cdot E}{L} \Delta L$$

Comportamento elástico

Lei de Hooke

$$F = k \cdot \Delta L$$

$$k: \text{ constante elástica do meio}$$

Essa constante depende da geometria do meio elástico em questão: cresce linearmente com a seção do meio e é inversamente proporcional ao comprimento do meio na direção da aplicação da força:

$$k = \frac{A \cdot E}{L}$$

Módulo de elasticidade
ou
Módulo de Young

$$F = \frac{A \cdot E}{L} \Delta L \rightarrow \frac{F}{A} = E \frac{\Delta L}{L}$$

Comportamento elástico

Lei de Hooke

$$F = k \cdot \Delta L$$

$$k: \text{ constante elástica do meio}$$

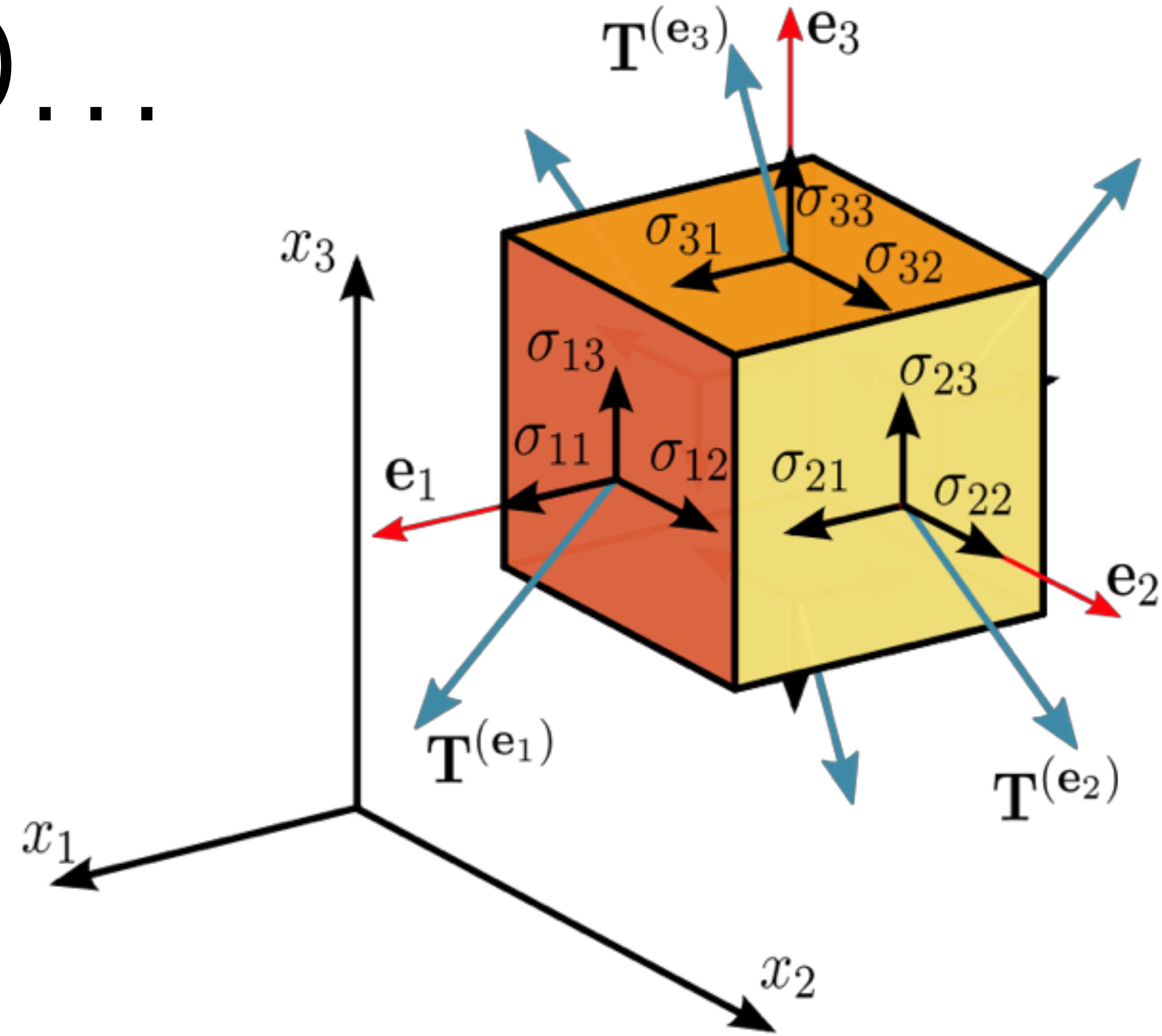
Essa constante depende da geometria do meio elástico em questão: cresce linearmente com a seção do meio e é inversamente proporcional ao comprimento do meio na direção da aplicação da força:

$$k = \frac{A \cdot E}{L}$$

Módulo de elasticidade
ou
Módulo de Young

$$F = \frac{A \cdot E}{L} \Delta L \rightarrow \frac{F}{A} = E \frac{\Delta L}{L} \rightarrow \sigma = E\varepsilon$$

Em 3D…



$$\boldsymbol{\sigma} = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \sigma_{23} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & \sigma_{33} \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zy} & \sigma_{zz} \end{bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} \sigma_{x} & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_{y} & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_{z} \end{bmatrix}$$

Comportamento viscoso

Comportamento viscoso

Neste caso o esforço é proporcional à taxa de deformação

Comportamento viscoso

Neste caso o esforço é proporcional à taxa de deformação

$$\sigma = \mu \dot{\varepsilon}$$

Comportamento viscoso

Neste caso o esforço é proporcional à taxa de deformação

$$\sigma = \mu\dot{\varepsilon}$$

Comportamento viscoso

Neste caso o esforço é proporcional à taxa de deformação

$$\sigma = \mu \dot{\varepsilon}$$

Viscosidade

Comportamento viscoso

Neste caso o esforço é proporcional à taxa de deformação

$$\sigma = \mu\dot{\varepsilon}$$

Viscosidade

S.I. [Pa.s]

Comportamento viscoso

Neste caso o esforço é proporcional à taxa de deformação

$$\sigma = \mu\dot{\varepsilon}$$

Viscosidade

S.I. [Pa.s]

Neste caso o fluido é chamado de Newtoniano.

Comportamento viscoso não linear

Comportamento viscoso não linear

$$\sigma^n = \mu' \dot{\varepsilon}$$

Comportamento viscoso não linear

$$\sigma^n = \mu' \dot{\varepsilon} \qquad\qquad n > 1$$

Comportamento viscoso não linear

$$\sigma^n = \mu' \dot{\varepsilon} \qquad n > 1$$

$$\mu_{eff} = \frac{\mu'}{\sigma^{n-1}}$$

Comportamento viscoso não linear

$$\sigma^n = \mu' \dot{\varepsilon} \qquad n > 1$$

$$\mu_{eff} = \frac{\mu'}{\sigma^{n-1}}$$ Viscosidade efetiva em Pa.s

Comportamento viscoso não linear

$$\sigma^n = \mu' \dot{\varepsilon} \qquad\qquad n > 1$$

$$\mu_{eff} = \frac{\mu'}{\sigma^{n-1}}$$ Viscosidade efetiva em Pa.s

Neste caso o fluido é chamado de não-Newtoniano.

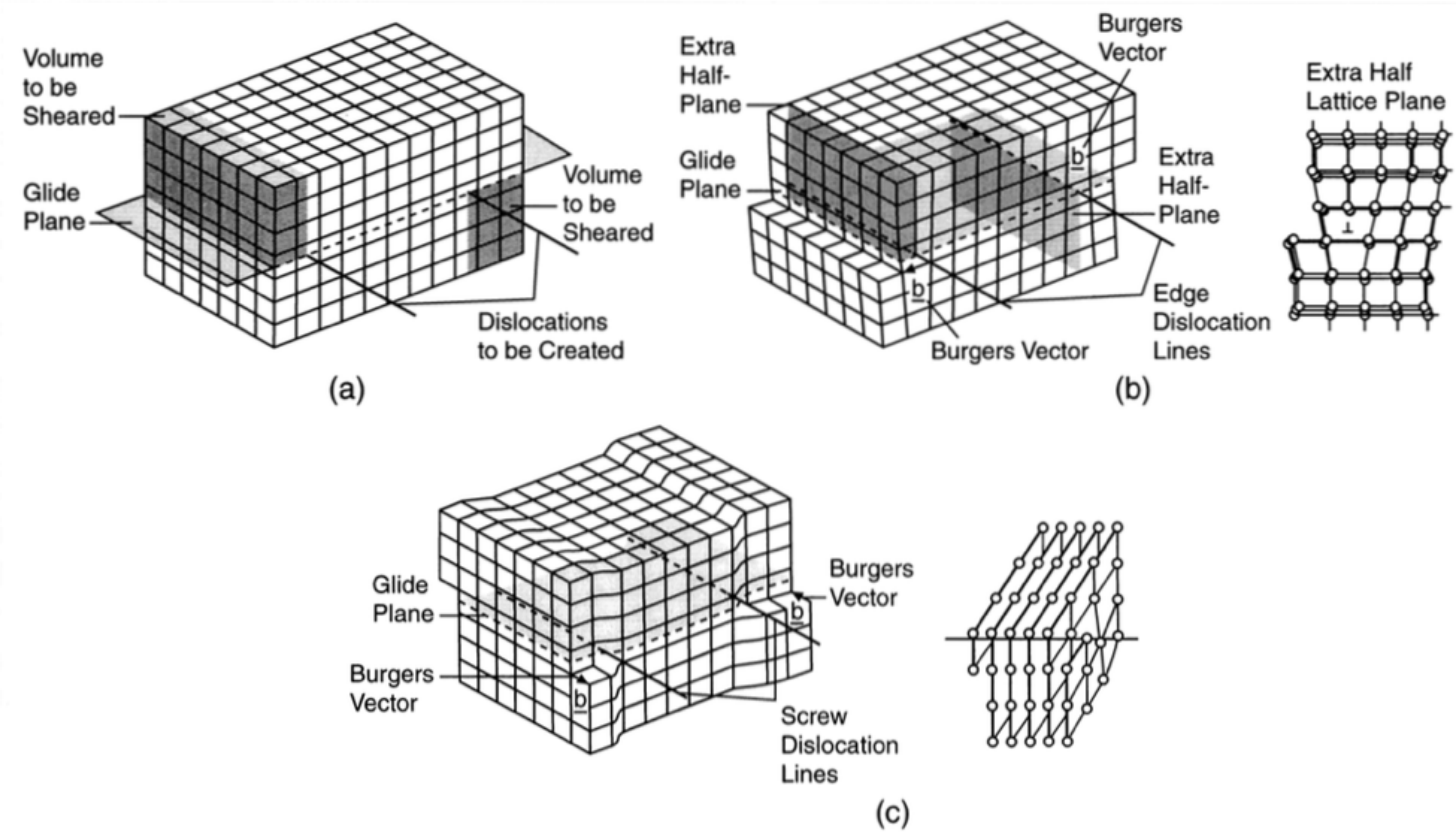
Comportamento viscoso não linear

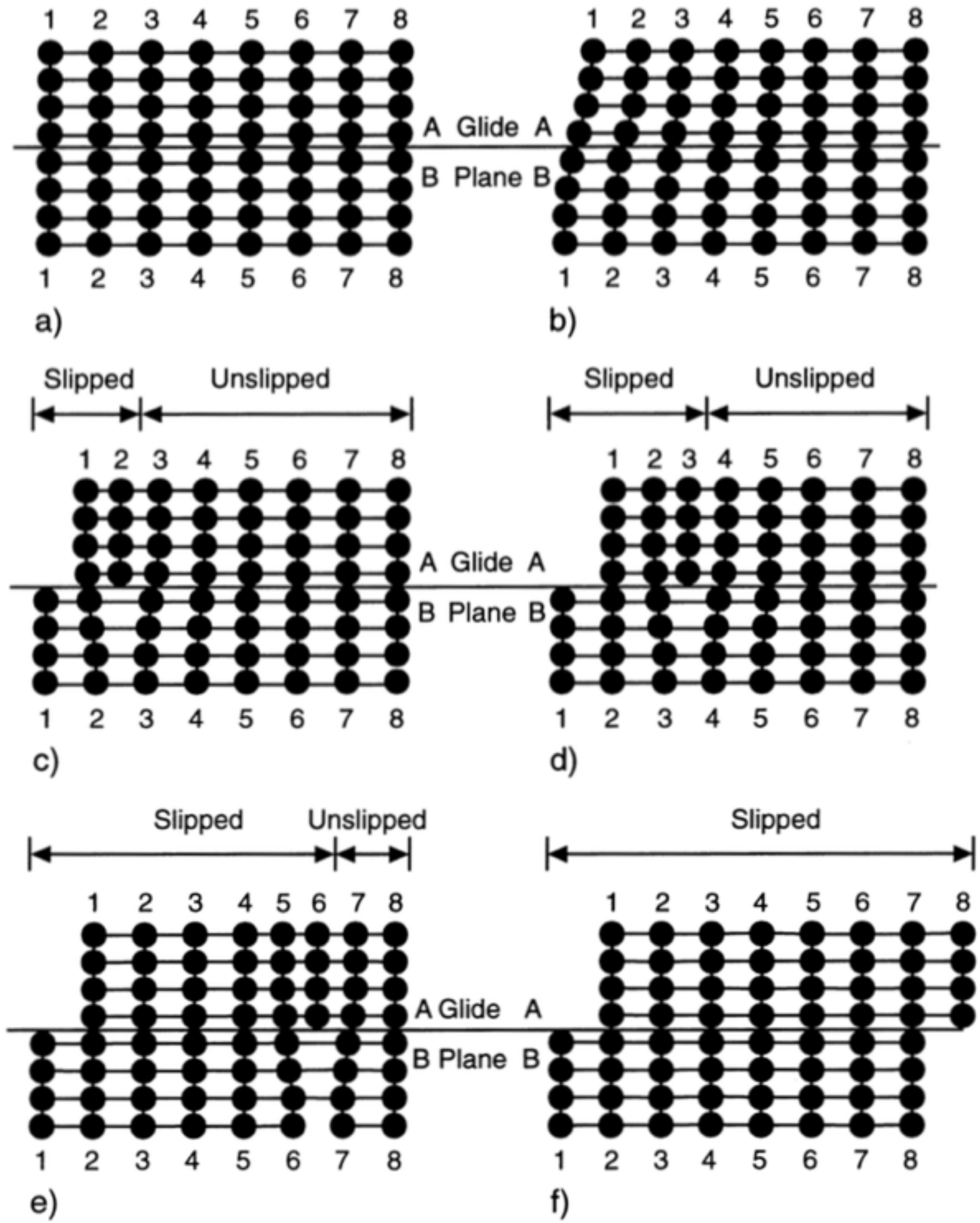
$$\sigma^n = \mu' \dot{\varepsilon} \qquad n > 1$$

$$\mu_{eff} = \frac{\mu'}{\sigma^{n-1}}$$ Viscosidade efetiva em Pa.s

Neste caso o fluido é chamado de não-Newtoniano.

Creep (arrasto)





A Glide A
B Plane B
Slipped
Unslipped
a)
b)
c)
d)
e)
f)

$$\dot{\varepsilon} = (A^{*} a^{-m}) \exp(-H^{*}/RT)\ (\sigma_1 - \sigma_3)^n$$

$$(\sigma_1 - \sigma_3) = \left(\dot{\varepsilon}(A^{*})^{-1} a^{m}\right)^{1/n} \exp(H^{*}/nRT)$$

Deformação rúptil

Critério de Mohr-Coulomb

tensão normal

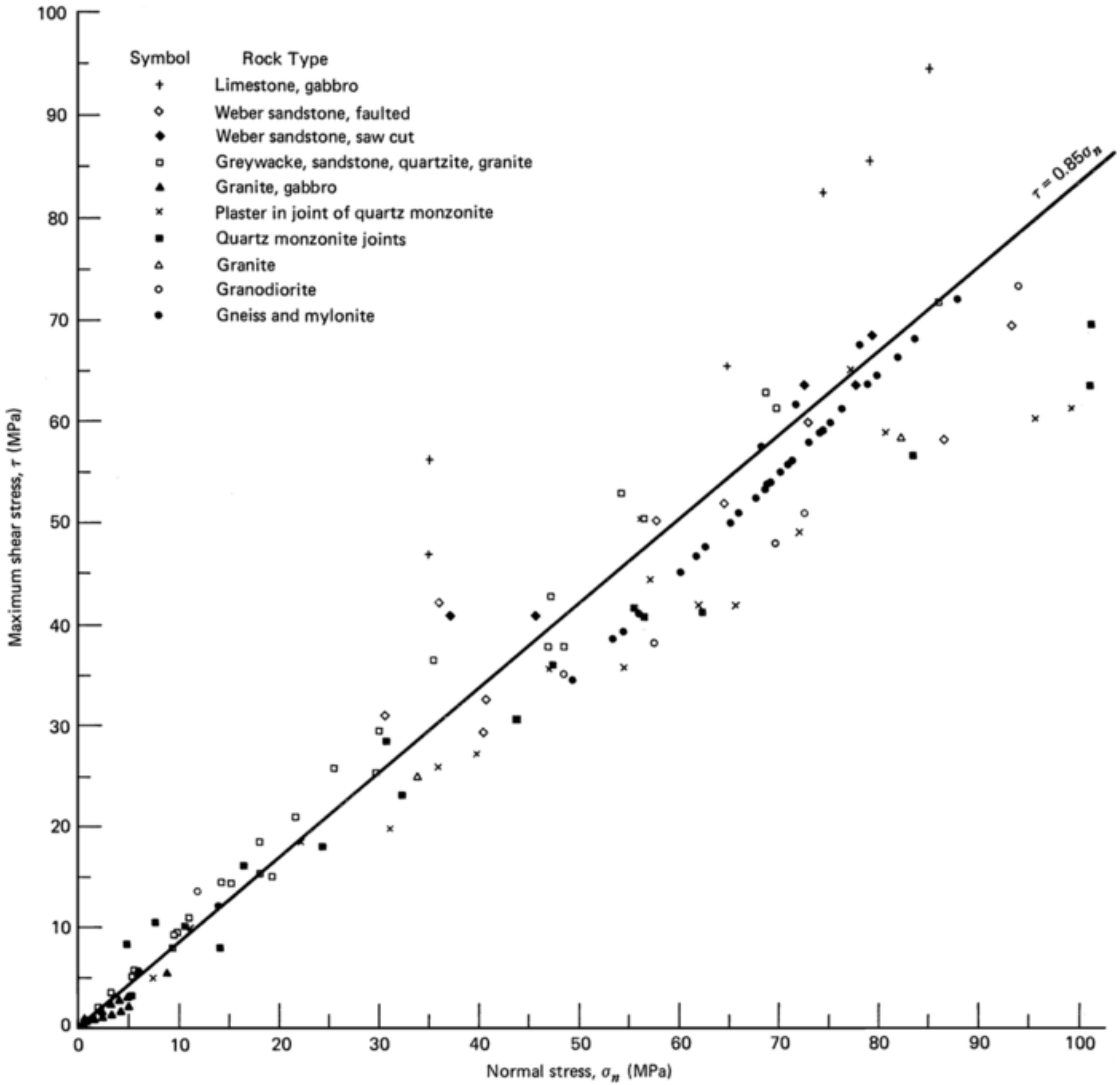
$$|\tau| = c + \sigma \tan(\phi)$$

tensão cisalhante

coesão interna

fricção interna

“Leis de Byerlee” (1977)



“Leis de Byerlee” (1977)

$|\tau| = 0.85\sigma_n$ Pressão < 200 MPa

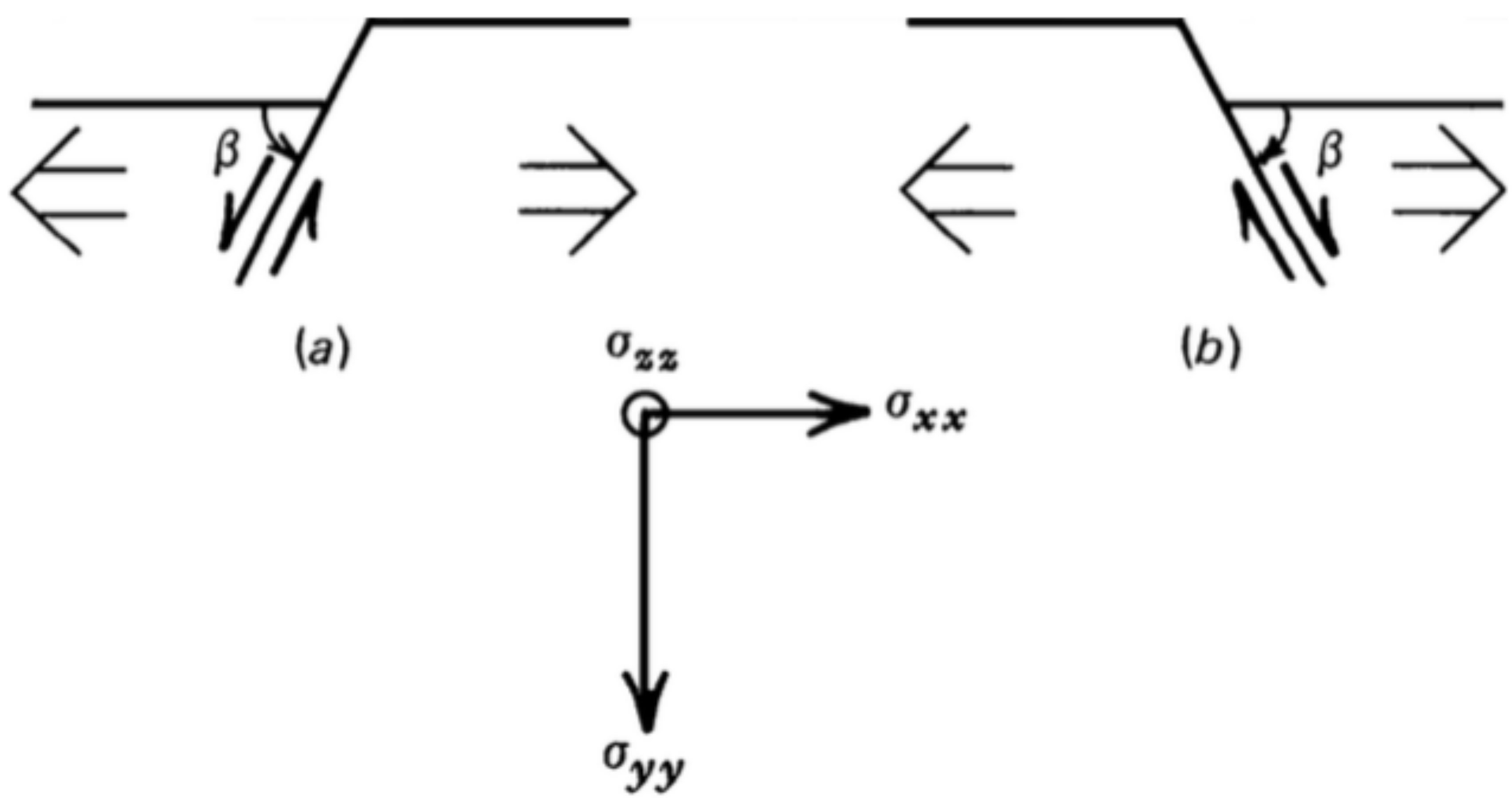
$|\tau| = 60\ \mathrm{MPa} + 0.6\sigma_n$ Pressão >= 200 MPa

“Leis de Byerlee” (1977)

$$\sigma_1 \sim 5\ \sigma_3 \qquad \sigma_3 < 110\ \mathrm{MPa}$$

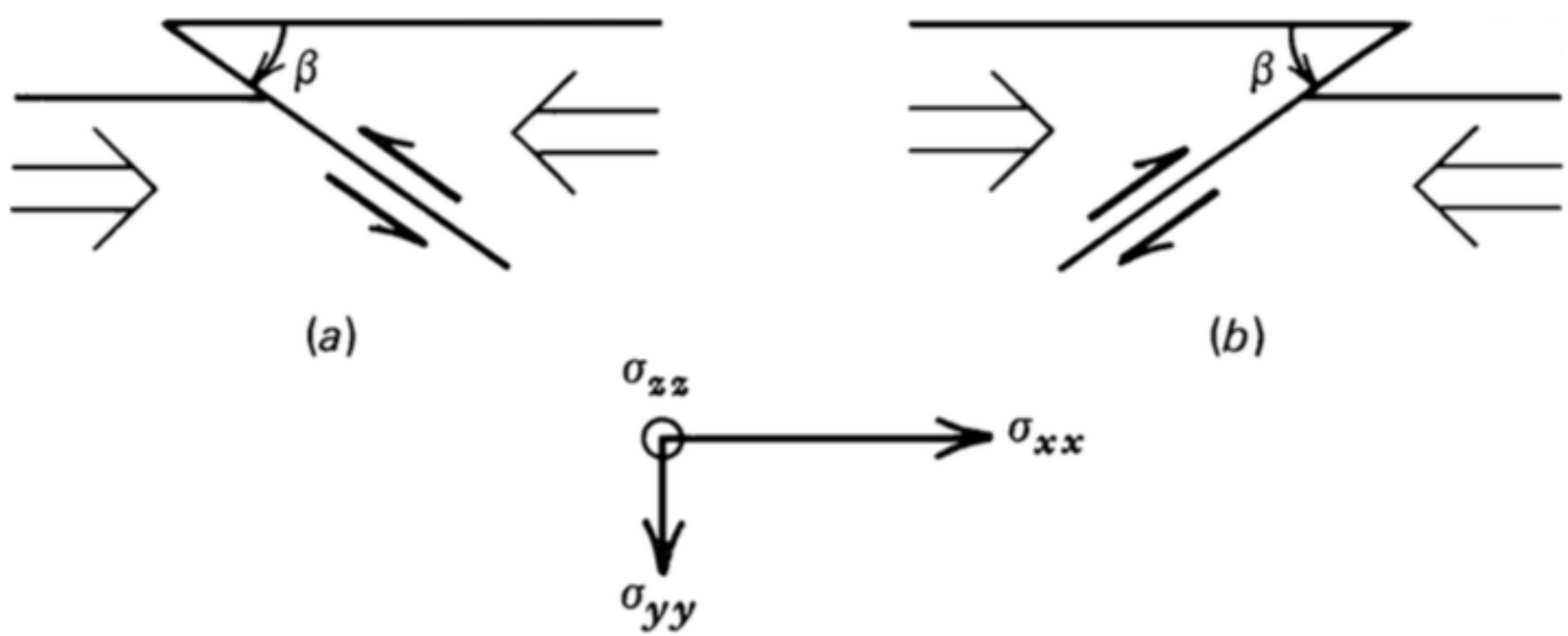
$$\sigma_1 \sim 3.1\ \sigma_3 + 210 \qquad \sigma_3 > 110\ \mathrm{MPa}$$

Campo de esforço x tipo de falha



$$\sigma_{xx} > \sigma_{zz} > \sigma_{yy}.$$

Campo de esforço x tipo de falha



$$\sigma_{xx} > \sigma_{zz} > \sigma_{yy}.$$