

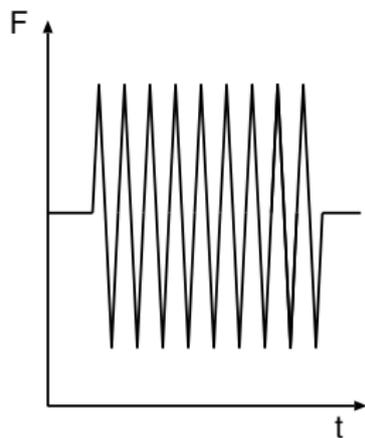
# PMT3306 - Módulo “Fadiga dos materiais” - Material de apoio

Cláudio Geraldo Schön

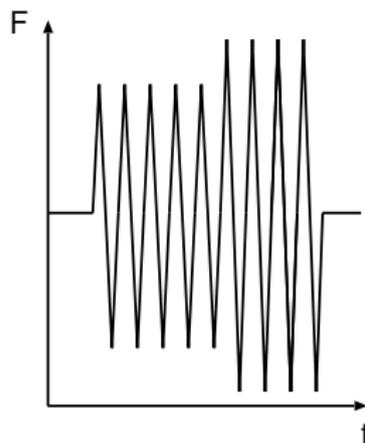
Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

10 de novembro de 2020

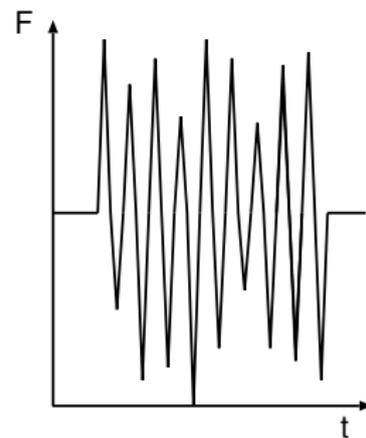
# Modos de carregamento



Cíclico



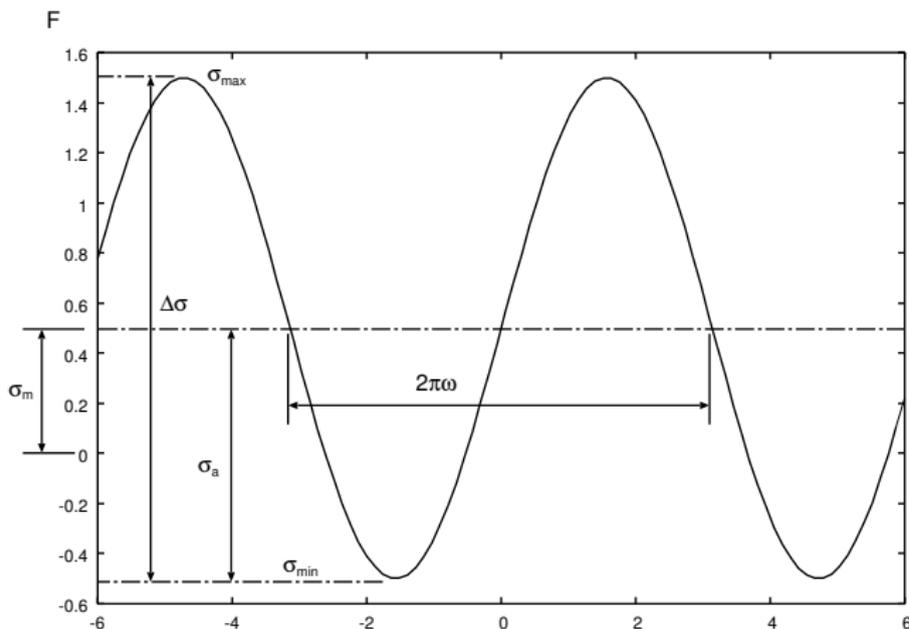
em Bloco



em Espectro

- Amplitude constante (*constant amplitude, CA*)
- Amplitude variável (*variable amplitude, VA*)

# Parâmetros de carregamento cíclico



- **Faixa de tensão:**

$$\Delta\sigma = \sigma_{max} - \sigma_{min}$$

- **Amplitude de tensão:**

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

- **Tensão média:**

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

- **Razão de tensão:**

$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$$

# Efeito da frequência

- Em geral não há efeito
- Excessão: aquecimento adiabático
  - Polímeros (chegam a fundir)
  - Frequência ultrassônicas: controlados por pausas

# Fadiga no século XIX

- Consequência da revolução industrial
- Albert → correias transportadoras em mina
- Wöhler → fadiga ferroviária → três leis
- Caracterização da falha e controle

# Fadiga no século XIX

- Consequência da revolução industrial
- Albert → correias transportadoras em mina
- Wöhler → fadiga ferroviária → três leis
- Caracterização da falha e controle

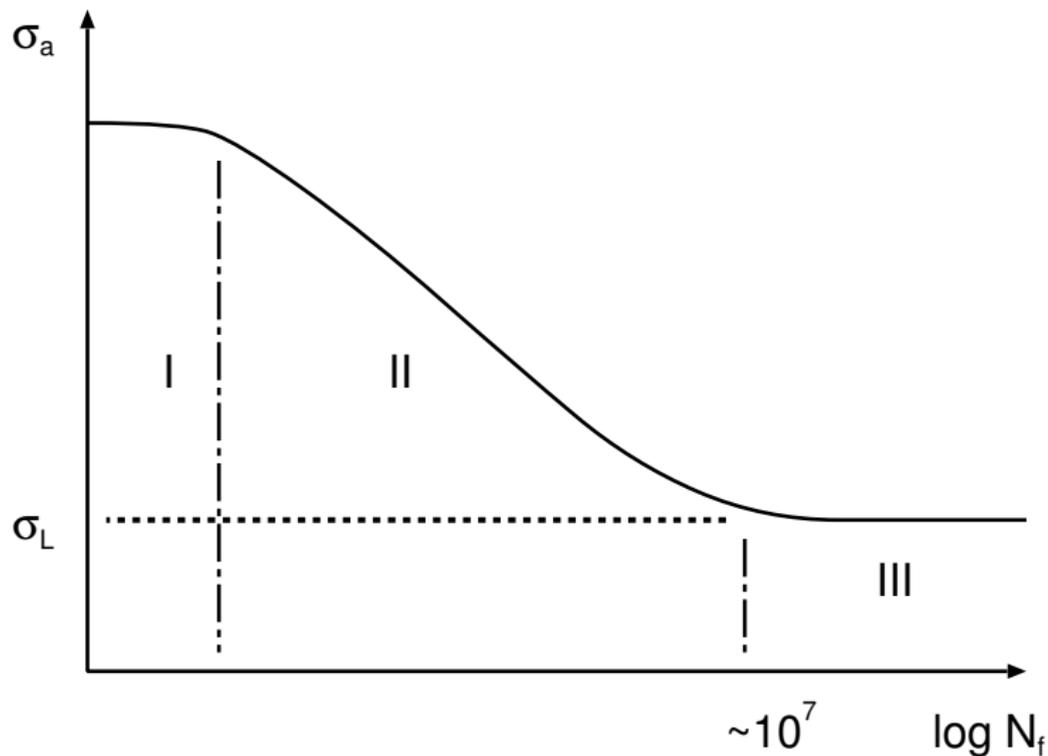
## Leis de Wöhler:

I-  $\in$  Fadiga

II-  $\uparrow \Delta\sigma \Rightarrow N_f \downarrow$

III-  $\uparrow \sigma_m \Rightarrow N_f \searrow$

# Curva S-N



# Limite de fadiga

- Existe em todas as classes de materiais (não apenas em aços)
- $N_f \approx 10^7 \sim 10^8$
- Amplitude de tensão “segura” → vida infinita
- Ensaaios em espectro
- Frequências ultrassônicas → outro regime (fadiga de ultra-alto ciclo)

# Ensaio em controle de tensão

## Load control

Equação de Basquin:

$$\sigma_a = k (2N_f)^m$$

ou

$$2N_f = k' (\sigma_a)^{m'}$$

com

$$\begin{cases} k' = k^{-\frac{1}{m}} \\ m' = m^{-1} \end{cases}$$

# Ensaio em controle de deformação

## *Displacement control*

Século XX - Indústrias de energia e aeronáutica → aumento de temperatura

- Queda do limite de escoamento → efeito importante da deformação plástica
- Certas aplicações impõem um ciclo de deformação ao material

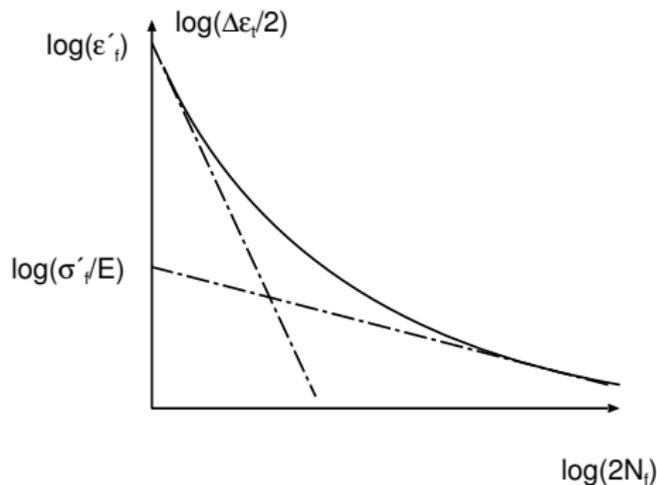
⇒ Fadiga de baixo ciclo

# Análise de Coffin - Manson

$$\frac{\Delta \varepsilon_t}{2} = \frac{\Delta \varepsilon_e}{2} + \frac{\Delta \varepsilon_p}{2}$$

$$\frac{\Delta \varepsilon_e}{2} = \frac{\sigma_a^r}{E} = \left( \frac{\sigma_f'}{E} \right) (2N_f)^b$$

$$\frac{\Delta \varepsilon_p}{2} = \varepsilon_f' (2N_f)^c$$



## Diagramas de vida contante

