Não Linearidades

Fundamentos de Controle

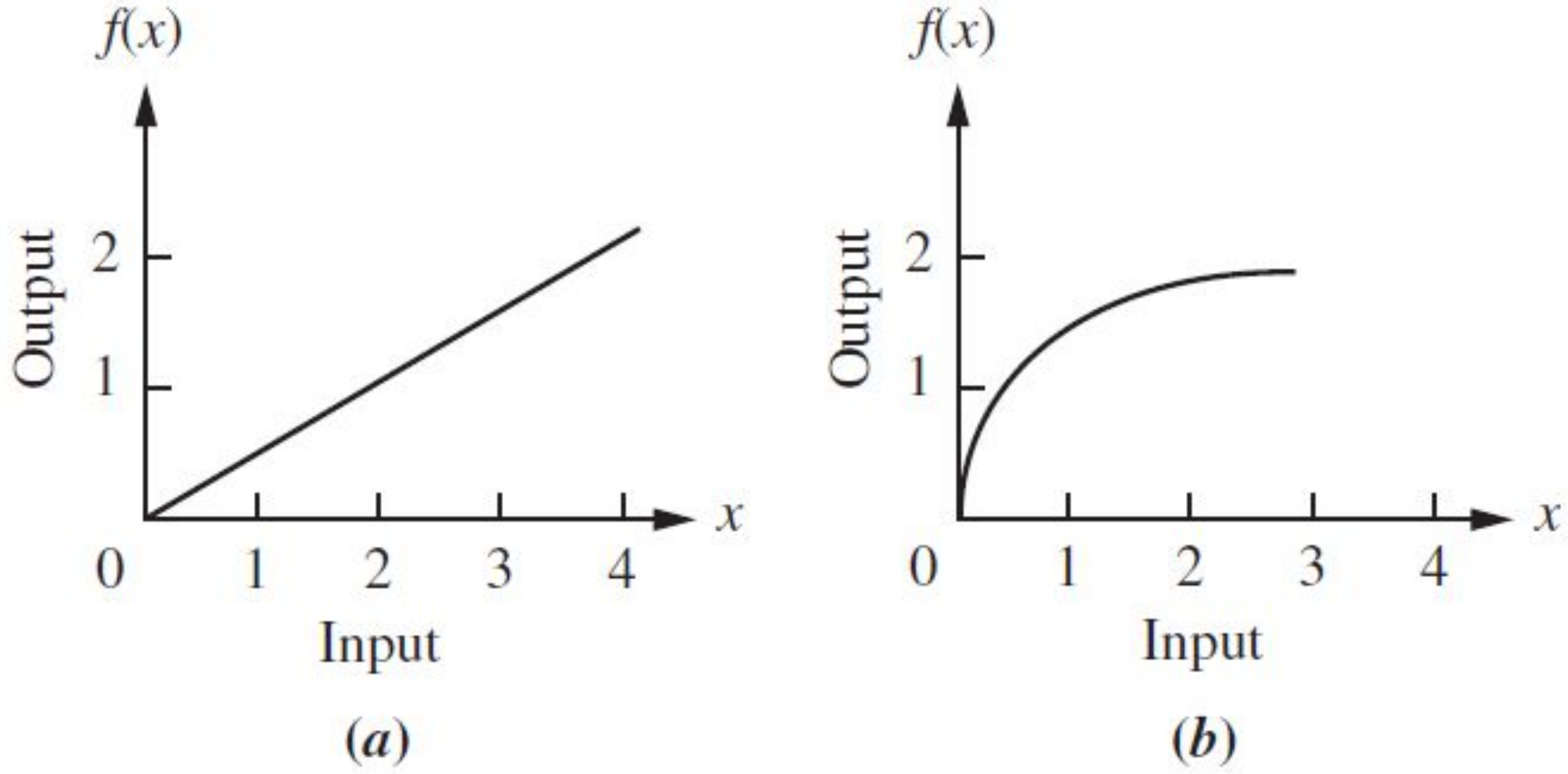
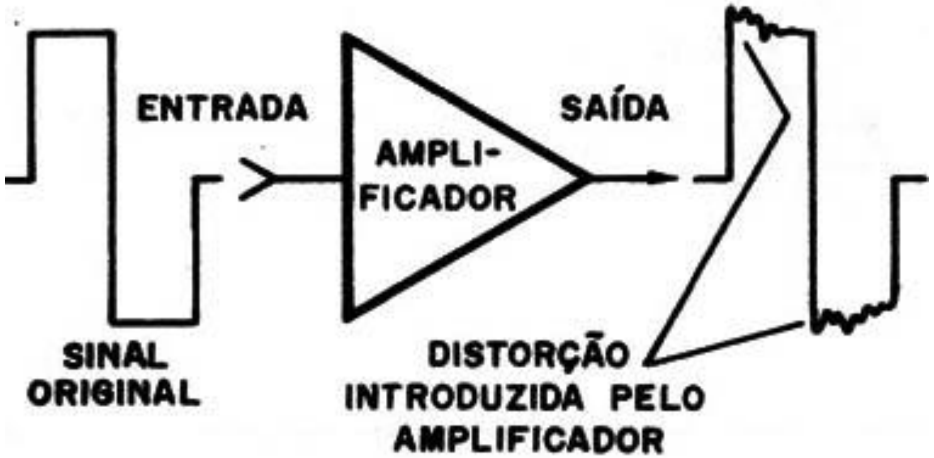
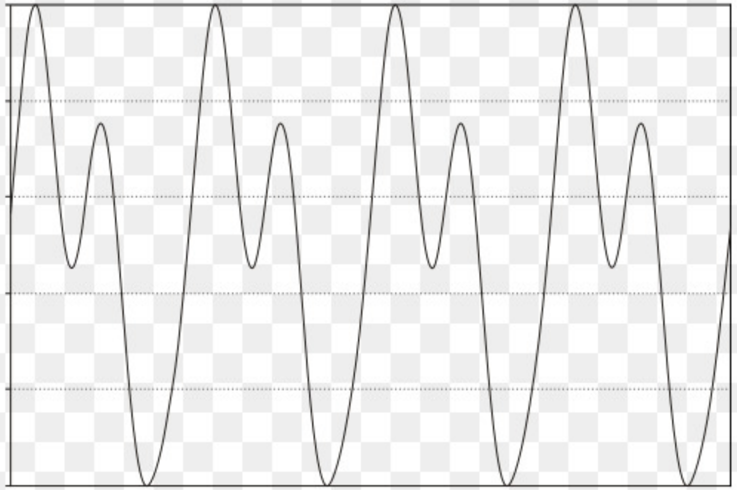
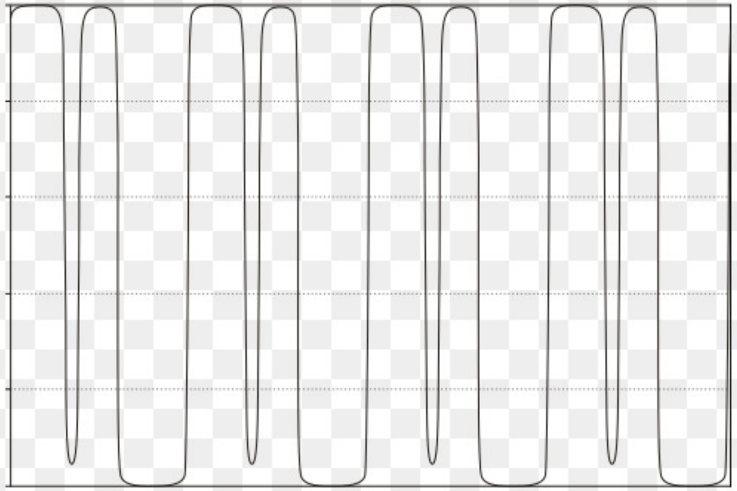


FIGURE 2.45 **a.** Linear system; **b.** nonlinear system

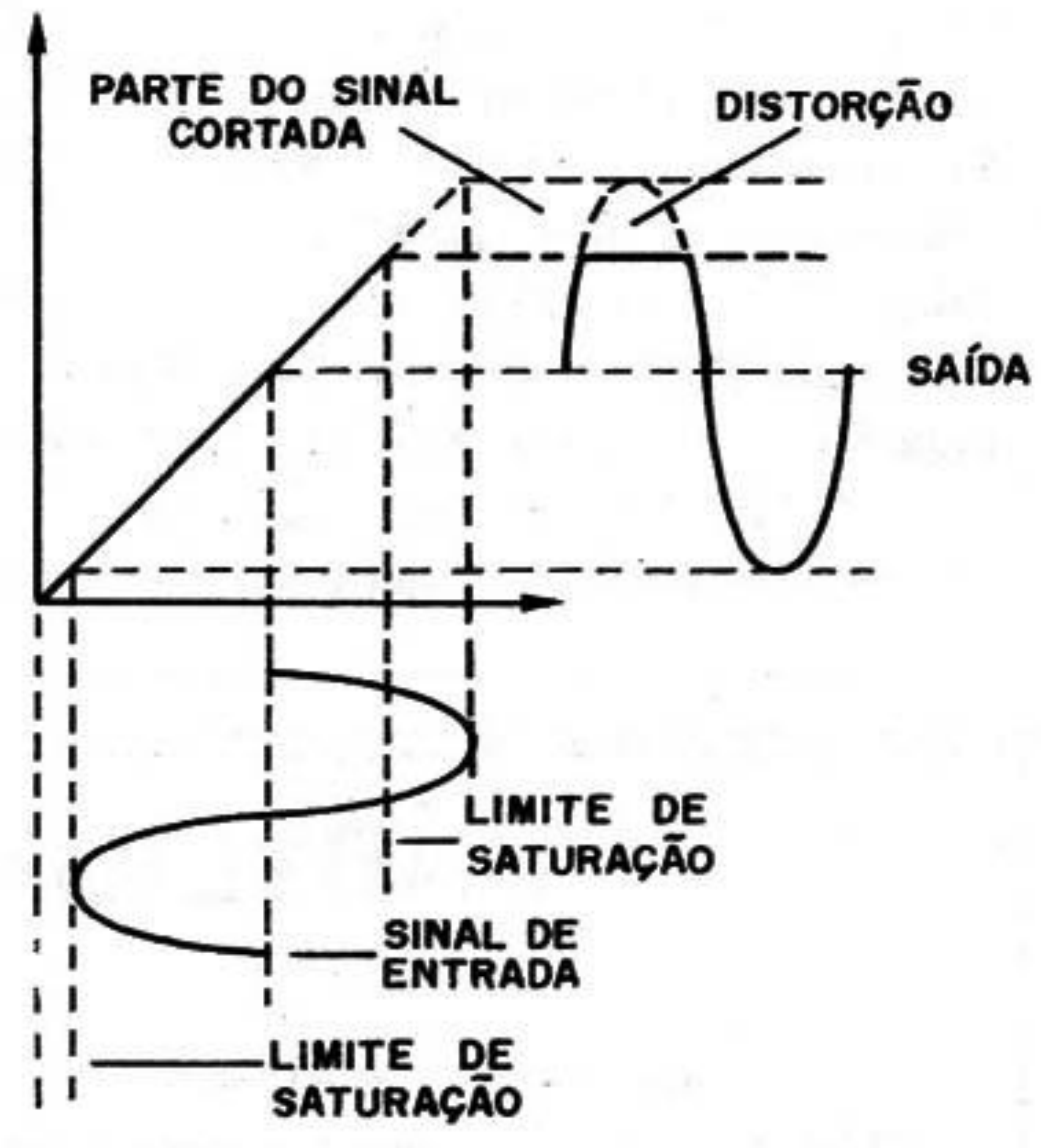


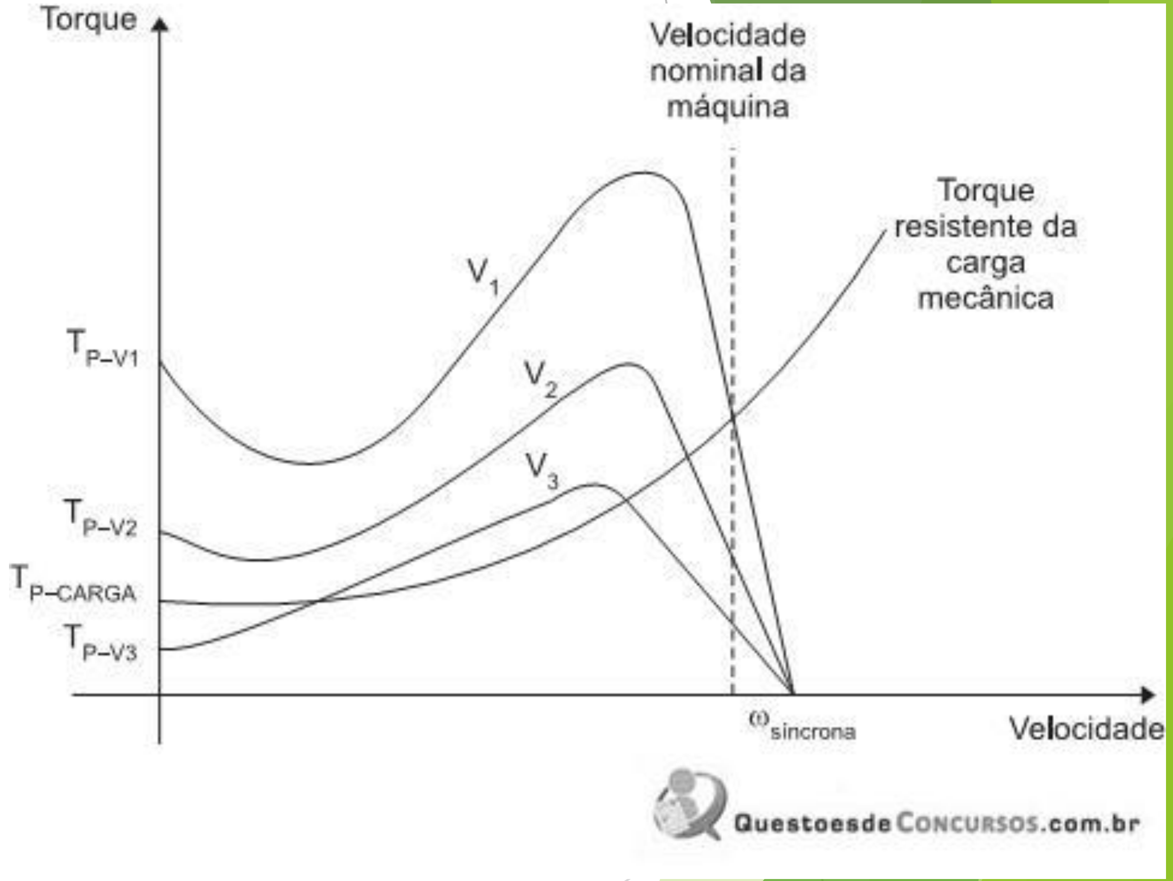


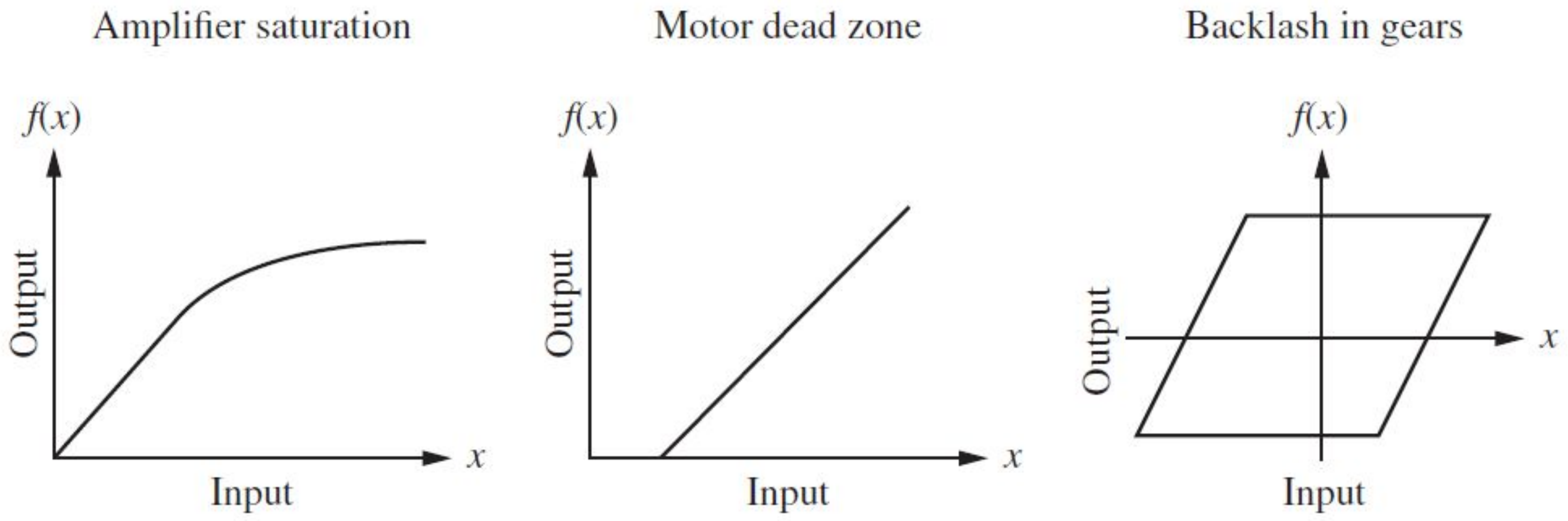
Original waveform



Distorted waveform


PARTE DO SINAL
CORTADA
DISTORÇÃO
SAÍDA
LIMITE DE
SATURAÇÃO
SINAL DE
ENTRADA
LIMITE DE
SATURAÇÃO


Torque
Velocidade
nominal da
máquina
Torque
resistente da
carga
mecânica
V_1
V_2
V_3
T_{P-V1}
T_{P-V2}
$T_{P-CARGA}$
T_{P-V3}
$\omega_{sincrona}$
Velocidade
QuestoesdeConcursos.com.br


Amplifier saturation
f(x)
Output
x
Input
Motor dead zone
f(x)
Output
x
Input
Backlash in gears
f(x)
Output
x
Input

Linearização

$$[f(x) - f(x_0)] \approx m_a(x - x_0)$$

$$\delta f(x) \approx m_a \delta x$$

$$f(x) \approx f(x_0) + m_a(x - x_0) \approx f(x_0) + m_a \delta x$$

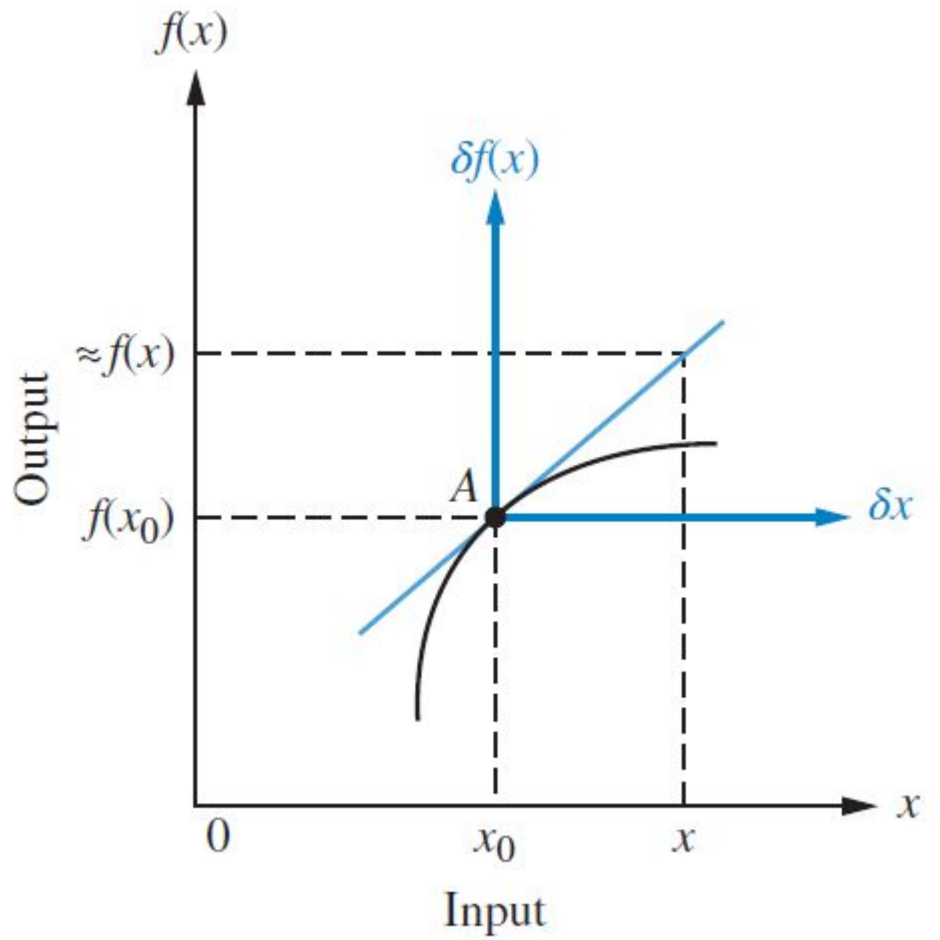
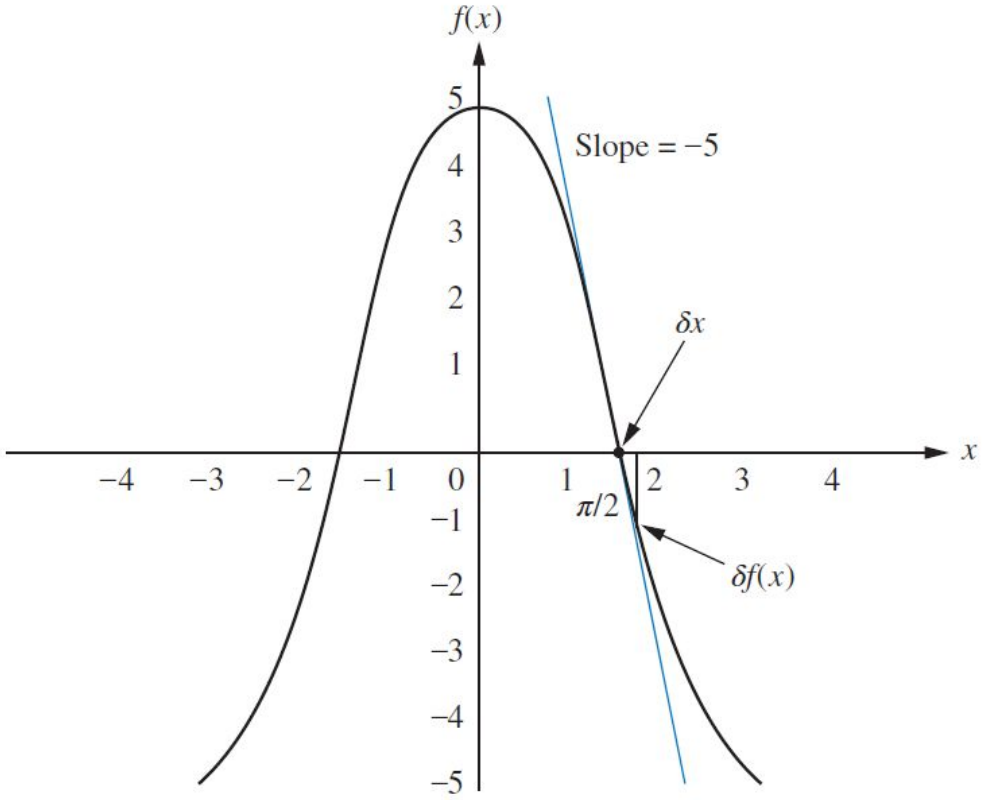


FIGURE 2.47 Linearization about point A

Exemplo 2.26

Linearizando uma Função

PROBLEMA: Linearize $f(x) = 5\cos x$ em torno de $x = \pi/2$.



$$df/dx = (-5\sin x)$$

$$x = \pi/2$$

$$f(x_0) = f(\pi/2) = 5\cos(\pi/2) = 0$$

$$f(x) = -5\,\delta x$$

Exemplo 2.27

Linearizando uma Equação Diferencial

PROBLEMA: Linearize a Equação (2.184) para pequenas variações em torno de $x = \pi/4$.

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\frac{dx}{dt} + \cos x = 0 \qquad (2.184)$$

$$\frac{d^2\left(\delta x + \frac{\pi}{4}\right)}{dt^2} + 2\frac{d\left(\delta x + \frac{\pi}{4}\right)}{dt} + \cos\left(\delta x + \frac{\pi}{4}\right) = 0$$

$$\frac{d^2\left(\delta x + \frac{\pi}{4}\right)}{dt^2} = \frac{d^2\delta x}{dt^2} \qquad \frac{d\left(\delta x + \frac{\pi}{4}\right)}{dt} = \frac{d\delta x}{dt}$$

$$\cos\left(\delta x + \frac{\pi}{4}\right) - \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) = \left.\frac{d\cos x}{dx}\right|_{x=\frac{\pi}{4}} \delta x = -\sin\left(\frac{\pi}{4}\right)\delta x$$

$$\cos\left(\delta x + \frac{\pi}{4}\right) = \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) - \sin\left(\frac{\pi}{4}\right)\delta x = \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2}\delta x$$

$$\frac{d^2\delta x}{dt^2} + 2\frac{d\delta x}{dt} - \frac{\sqrt{2}}{2}\delta x = -\frac{\sqrt{2}}{2}$$

Exemplo 2.28

Função de Transferência – Circuito Elétrico Não Linear

PROBLEMA: Determine a função de transferência, $V_L(s)/V(s)$, para o circuito elétrico mostrado na Figura 2.49, que contém um resistor não linear cuja relação tensão-corrente é definida por $i_r = 2e^{0,1v_r}$, em que i_r e v_r são a corrente e a tensão no resistor, respectivamente. Além disso, $v(t)$ na Figura 2.49 é uma fonte de pequenos sinais.

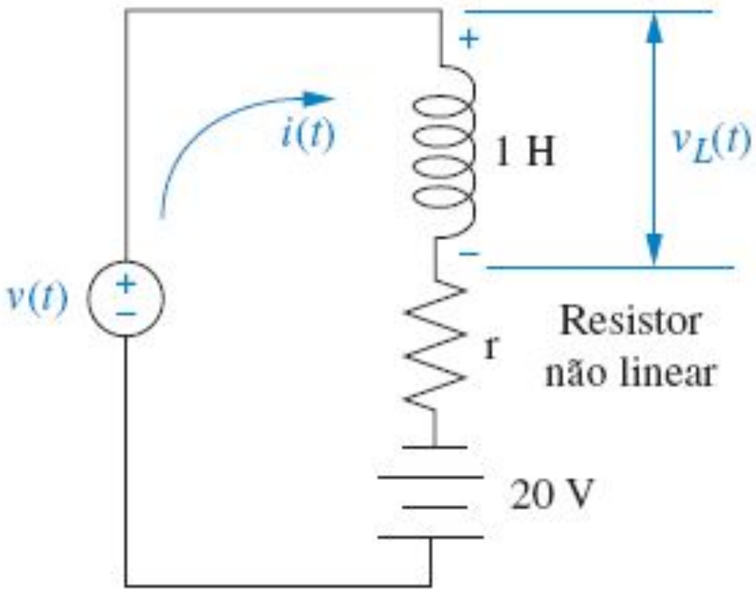


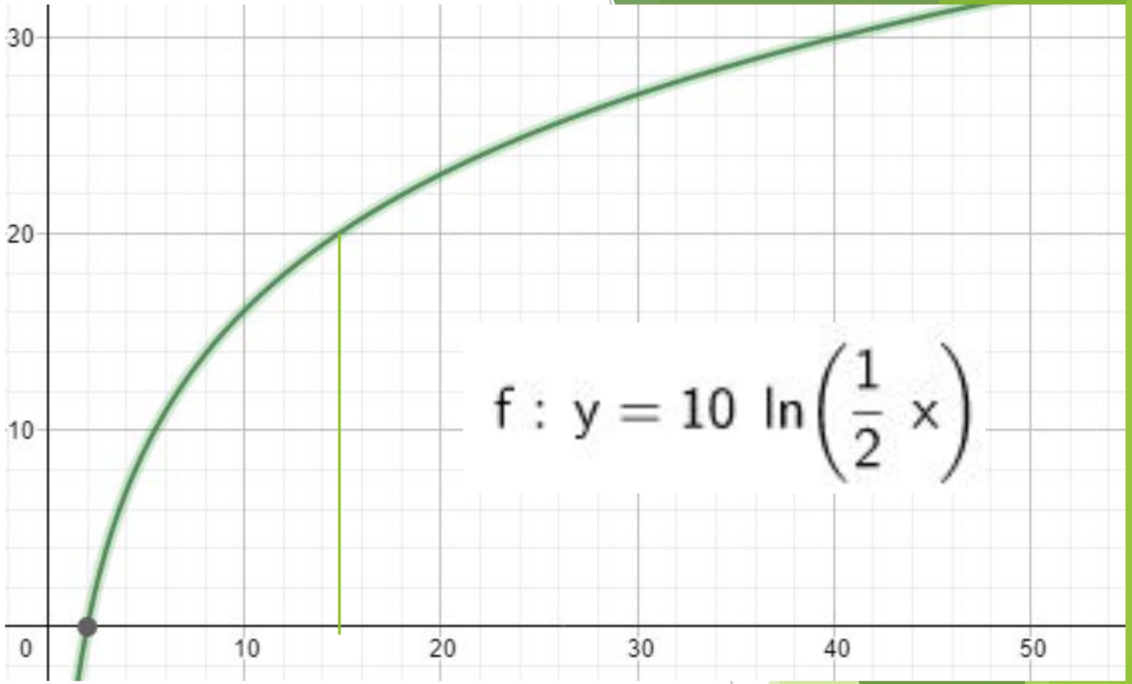
FIGURA 2.49 Circuito elétrico não linear.

$$i_r = 2e^{0.1 v_r}$$

$$v_r = 10 \ln \tfrac{1}{2} i_r$$

$$L\frac{di}{dt} + 10 \ln \frac{1}{2} i - 20 = v(t)$$

$$L\frac{d(i_0 + \delta i)}{dt} + 10 \ln \frac{1}{2}(i_0 + \delta i) - 20 = v(t)$$



$$\ln \frac{1}{2}(i_0 + \delta i) - \ln \frac{1}{2} i_0 = \frac{d\left(\ln \frac{1}{2} i\right)}{di}\bigg|_{i=i_0} \delta i = \frac{1}{i}\bigg|_{i=i_0} \delta i = \frac{1}{i_0}\delta i$$

$$\ln \frac{1}{2}(i_0 + \delta i) = \ln \frac{i_0}{2} + \frac{1}{i_0}\delta i$$

$$i_0 = 14.78$$

$$\frac{d\delta i}{dt} + 0.677\delta i = v(t)$$

$$\delta i(s) = \frac{V(s)}{s + 0.677}$$

$$v_L(t) = L\frac{d}{dt}(i_0 + \delta i) = L\frac{d\delta i}{dt}$$

$$V_L(s) = Ls\delta i(s) = s\delta i(s)$$

$$\frac{V_L(s)}{V(s)} = \frac{s}{s + 0.677}$$

Exercício 2.13

PROBLEMA: Determine a função de transferência linearizada, $G(s) = V(s)/I(s)$, para o circuito elétrico mostrado na Figura 2.50. O circuito contém um resistor não linear cuja relação tensão-corrente é definida por $i_r = e^{v_r}$. A fonte de corrente, $i(t)$, é um gerador de pequenos sinais.

RESPOSTA: $G(s) = \dfrac{1}{s+2}$

A solução completa está disponível no GEN-IO, Ambiente de Aprendizagem do Grupo GEN.

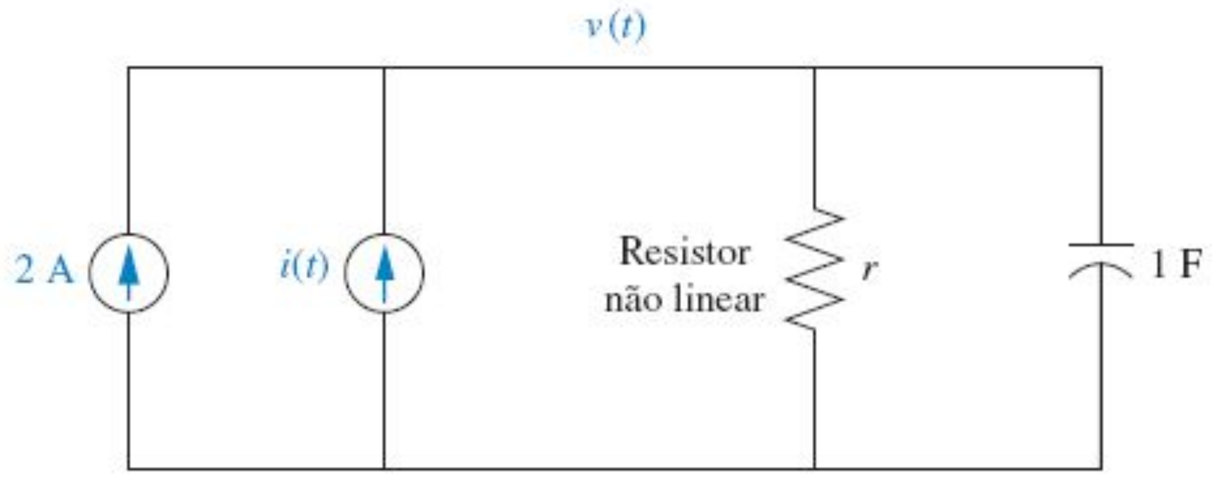


FIGURA 2.50 Circuito elétrico não linear para o Exercício 2.13.