

# EXPERIÊNCIA 3

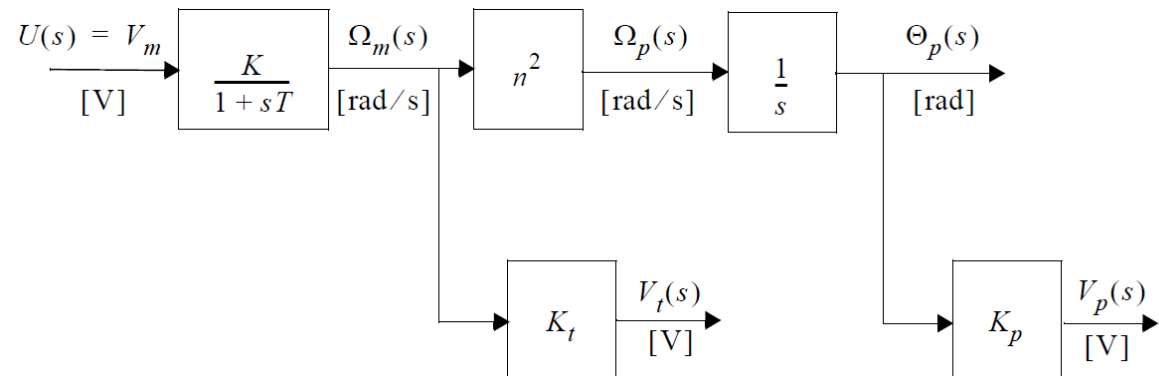
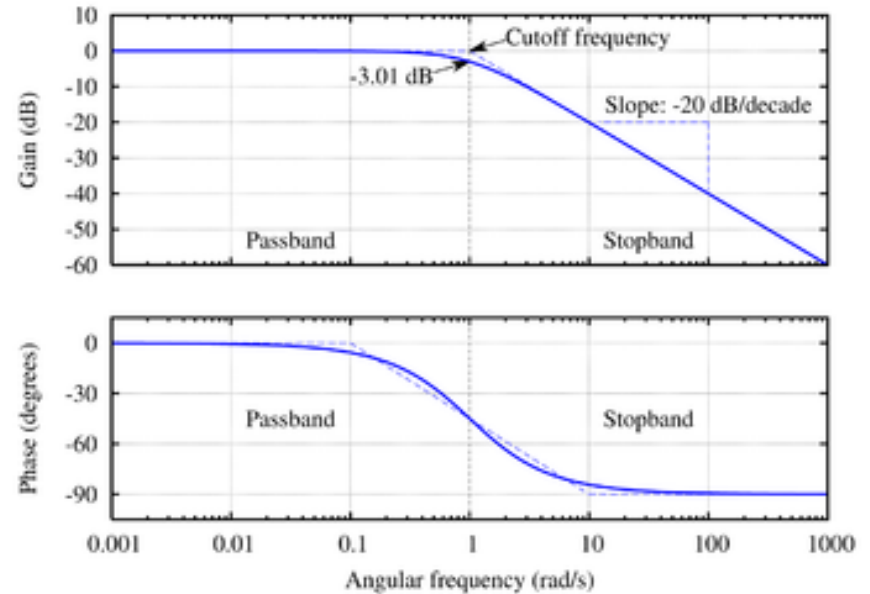
## Identificação I: Resposta em frequência

PTC 2512 – Laboratório de Controle  
2º semestre de 2016  
Bruno Angélico

Laboratório de Automação e Controle  
Departamento de Engenharia de Telecomunicações e Controle  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

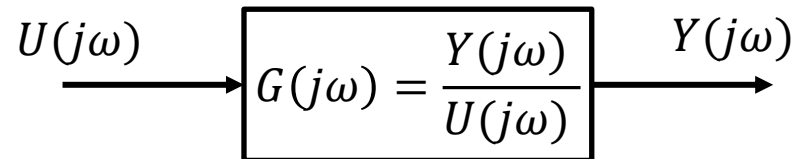
# Objetivo

- Obter um modelo matemático linear para o servomecanismo MS15 por meio de sua resposta em frequência.



# Método

- Considerando um sistema linear invariante no tempo:



$$G(j\omega) = |G(\omega)|e^{j\phi} \text{ sendo } \phi = \text{arctg} \frac{\text{Im}[G(j\omega)]}{\text{Re}[G(j\omega)]}$$

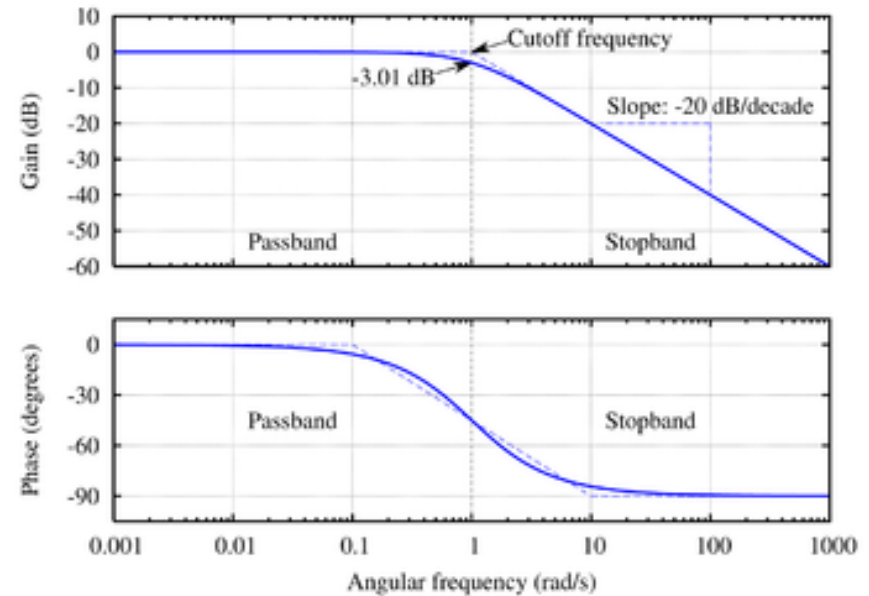
- A resposta em frequência se relaciona com a função de transferência  $G(s)$  do sistema por meio da expressão

$$G(j\omega) = G(s)|_{s=j\omega}$$

- Ou seja, dado que se tenha a resposta em frequência, é possível se obter a função de transferência do sistema

# Método

- Comumente a resposta em frequência é expressa por meio de *diagramas de Bode*



# Método

- Otimização numérica
  - Fitting senoidal através das curvas de entrada e saída do sistemas

$$u(t) = A_u \text{sen}(\omega_u t + \phi_u)$$

$$y(t) = A_y \text{sen}(\omega_y t + \phi_y)$$

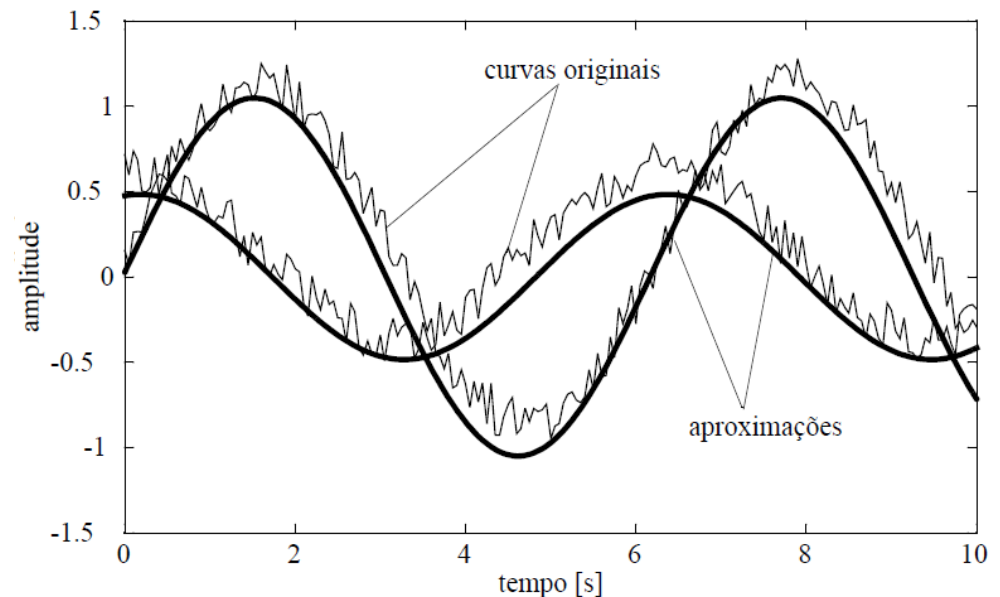
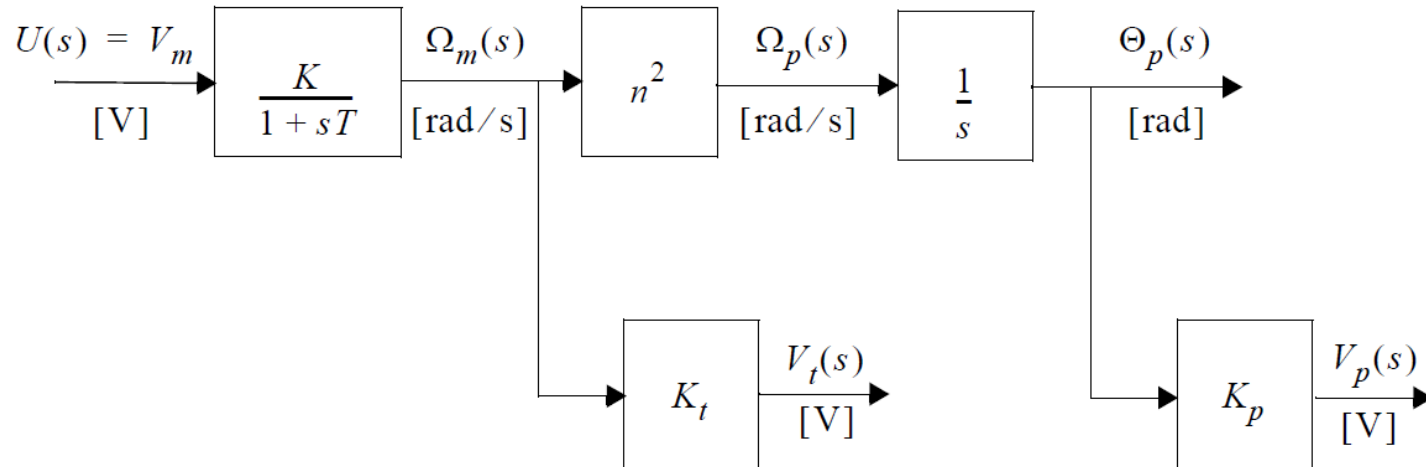


Figura 3.3 Sinais originais e aproximações senoidais

$$M(\omega) = \frac{A_y}{A_u} \quad \phi(\omega) = \phi_y - \phi_u$$

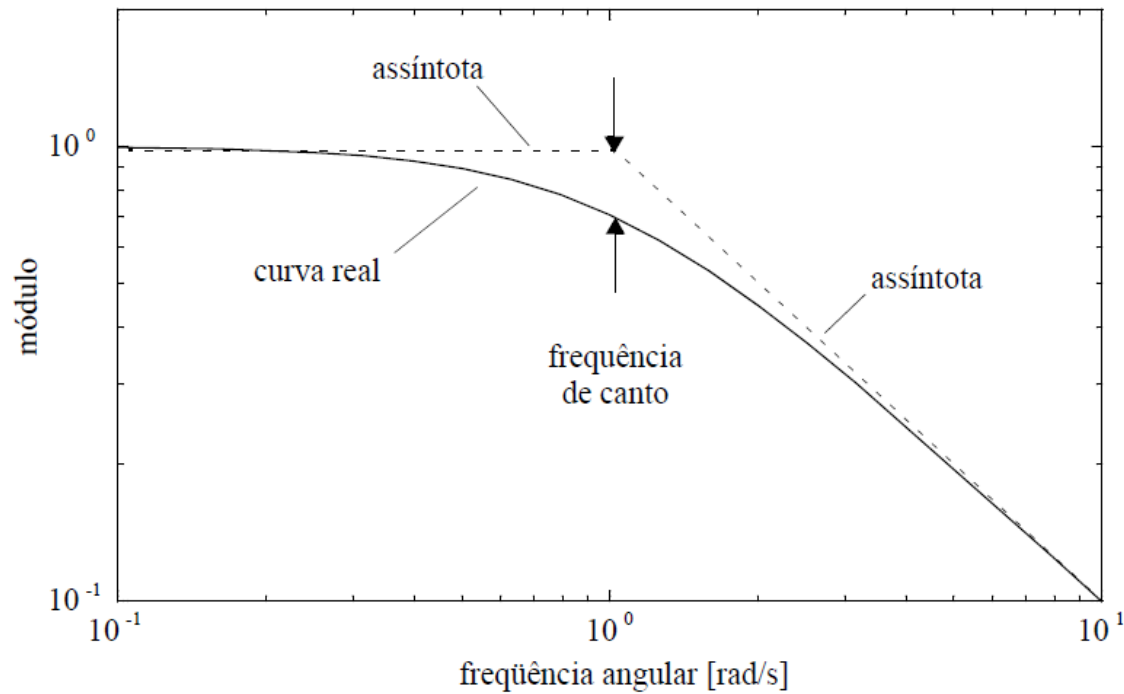
# Método



- Obtenção da função de transferência
  - Ajuste manual por assíntotas
  - Ajuste por otimização numérica

# Método

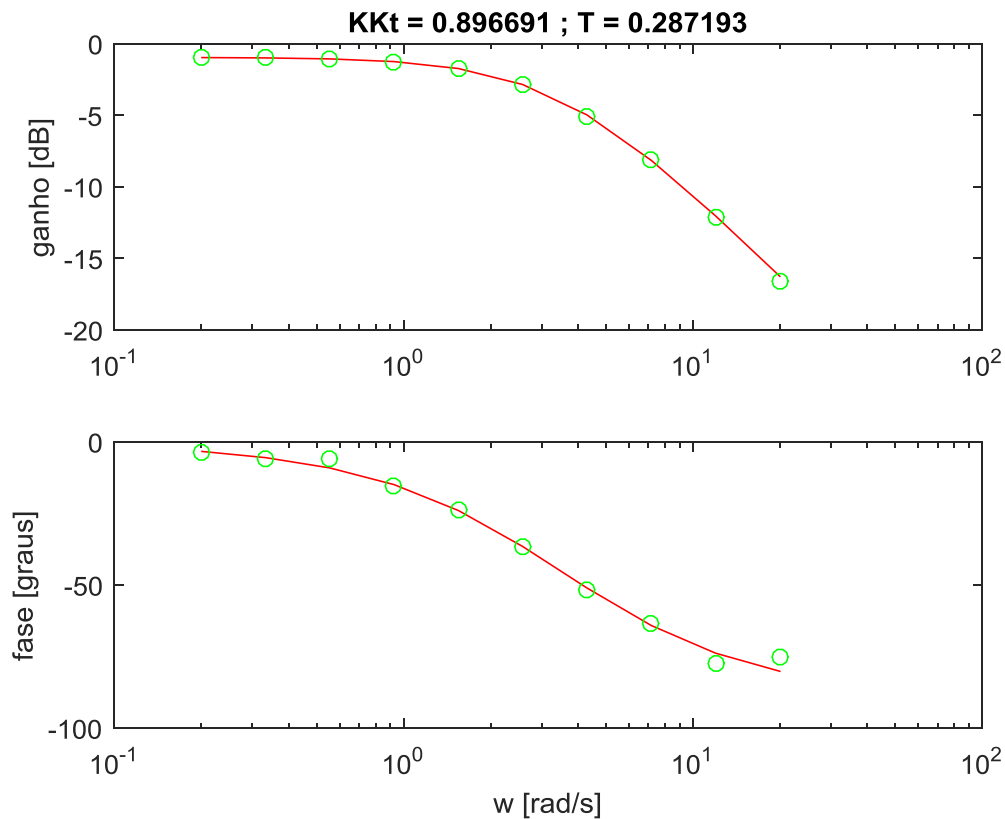
- Ajuste manual por assíntotas



**Figura 3.4** Aproximação de uma função de transferência por meio de assíntotas

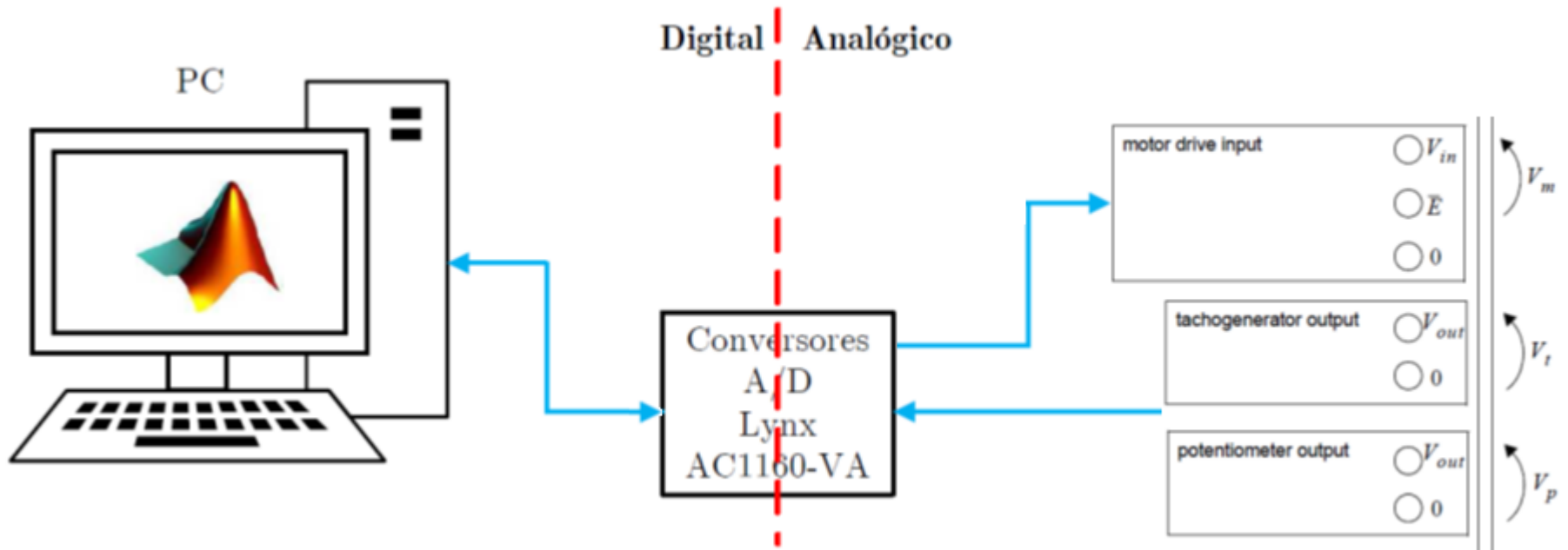
# Método

- Ajuste por otimização numérica
  - Fitting do diagrama de bode



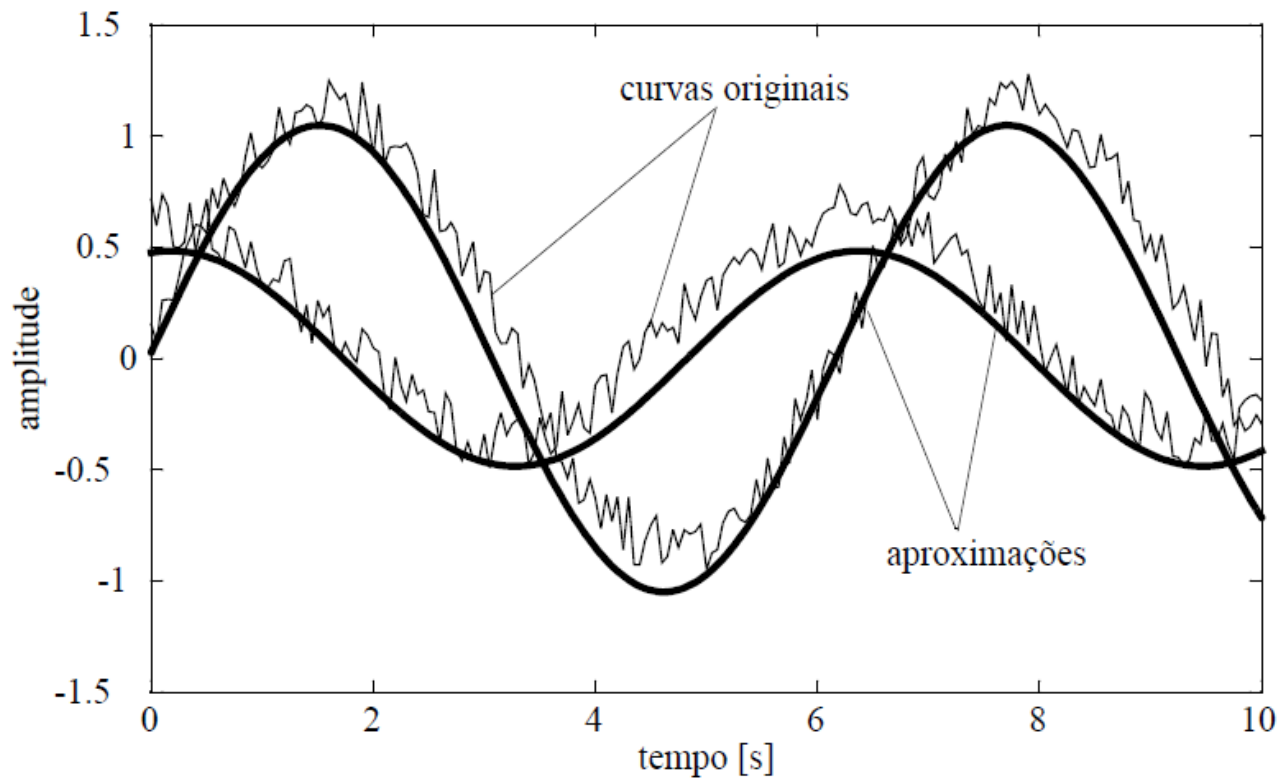


# Matlab/Simulink



- Vamos novamente utilizar nossa montagem usual
- Coletar os dados via Simulink
- E tratá-los via Matlab

# Função senofit



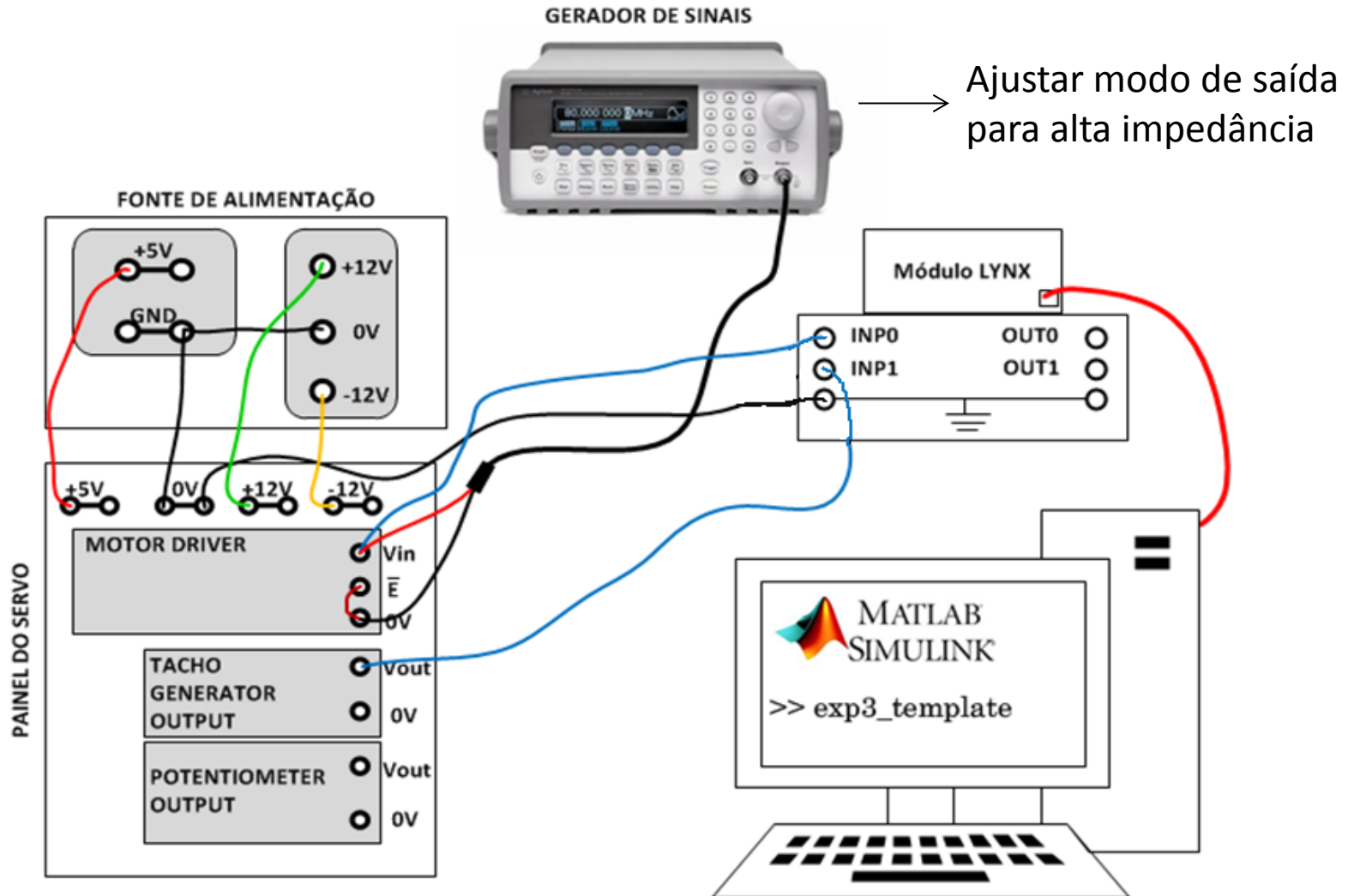
**Figura 3.3** Sinais originais e aproximações senoidais

senofit

senofit\_ic

senofit\_erquad

# Setup da Montagem



# Atividades

- Obter a resposta em frequência do servo utilizando o gerador de funções da bancada.
  - Qual a amplitude do sinal de teste?
    - Sugestão: 3,5V
  - Qual a faixa de frequências a ser considerada?
    - Dica: obtenha o diagrama de bode do modelo revisado na Exp. 2.
  - Quantos pontos de frequência devem ser considerados?
    - Sugestão: 10 pontos. Note que a escala é logarítmica.

# Atividades

- Utilize o diagrama `exp3_template` como base. É necessário esperar o regime permanente antes de coletar os dados.
- Procure sempre salvar os resultados.
- Escreva uma função denominada `bodefit` para encontrar as curvas de módulo e fase da resp. em freq. com os pontos medidos (vide `senofit`).

```
[KKt,T]=bodefit(w_vet,A_planta,Phi_planta);
```

# Funções Utilizadas

- `senofit_erquad`: calcula a norma euclidiana do erro, ponto a ponto, entre o sinal medido (possivelmente senoidal) e uma senoide ajustada.
  - Uso:  $f = \text{senofit\_erquad}(Awphi, t, y)$ 
    - onde: -  $Awphi = [A, w, phi]$  é um vetor com parâmetros para a senoide ajustada  $A \cdot \sin(w \cdot t + phi)$ 
      - $t, y$  representam tempo e amplitude do sinal medido, respectivamente

# Funções Utilizadas

- `senofit`: ajusta uma função senoidal a um sinal dado
  - Uso:  $[A, w, \phi] = \text{senofit}(t, y)$ 
    - onde: -  $[A, w, \phi]$  são os parâmetros da senoide ajustada que minimizam a norma euclidiana entre o sinal ajustado e o sinal medido.
      - $t, y$  representam tempo e amplitude do sinal medido, respectivamente

# Funções Utilizadas

- Observe que `senofit_erquad` é utilizada dentro de `senofit`.
- `senofit` deve ser executada, a cada ponto de frequência, tanto para o sinal de saída como para o de entrada (*why?*).
- Cuidado para não considerar uma aquisição com muitos períodos → dificulta a otimização.
- A função `fminunc` do Matlab é o algoritmo de otimização utilizado.



# Funções Utilizadas

- A `fminunc` é uma função da *Toolbox* de Otimização do Matlab, que serve para encontrar o mínimo de uma função multivariável sem restrições. Uma possível sintaxe:

```
x = fminunc (@ (x) norm(x) ^2, x0, options) ;
```

- Significado: encontre  $x$  que minimize  $\|x\|^2$ , com a condição inicial  $x = x_0$ .
- Consulte o help da função para mais detalhes.

# Apresentação de resultados

- Deve-se apresentar, no início da Exp. 4, o gráfico da resposta em frequência obtido (módulo e fase).
- Deve-se apresentar a função de transferência ajustada.