Observador de Estados

i) Derivadas do sinal de saída

$$y, \dot{y}, \ddot{y}, \dddot{y}\ldots$$

→ **amplifica o ruído!**

ii) Modelo em Malha Aberta

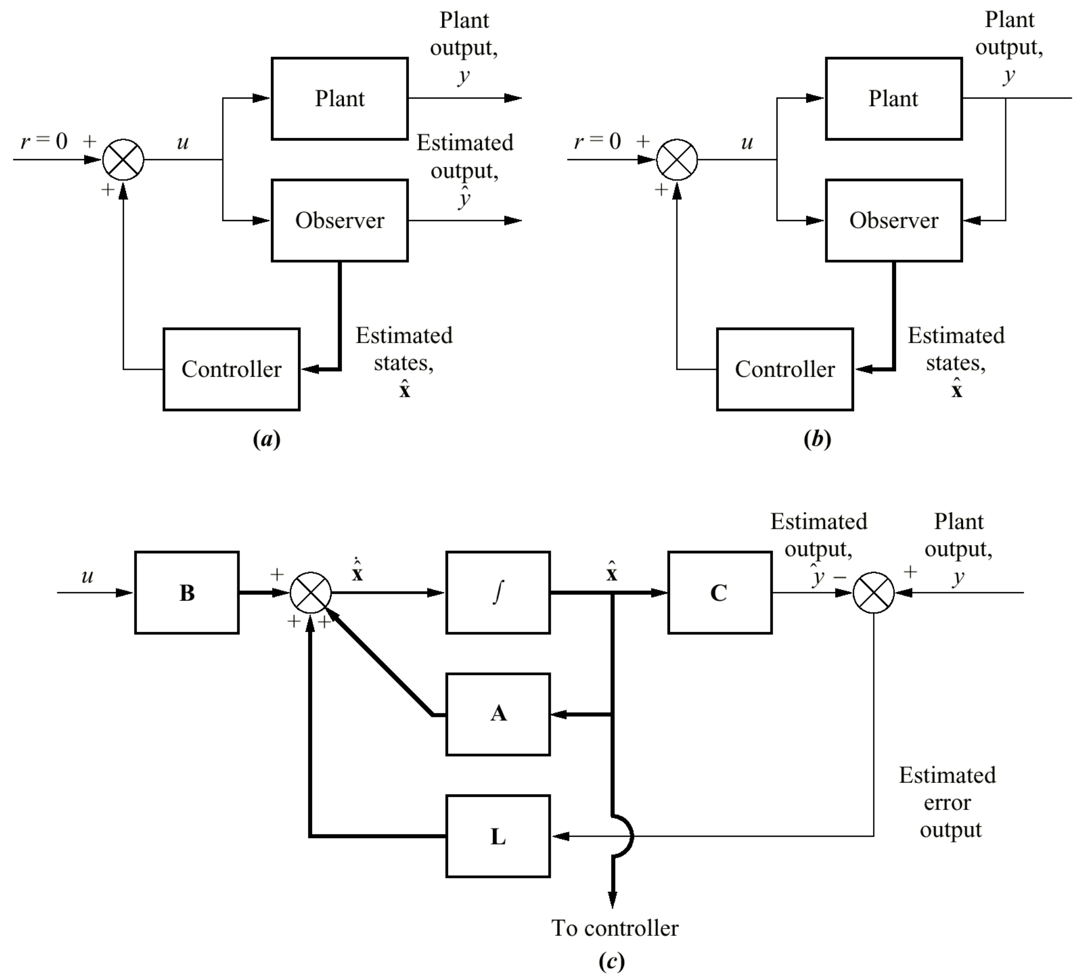
- imprecisão do modelo
- condições iniciais
- perturbações

→ $\hat{\mathbf{x}} \neq \mathbf{x}$

iii) Modelo em Malha Fechada

$e = y - \hat{y}$ corrige **todas** as variáveis de estado

→ assintóticamente $\hat{\mathbf{x}} \cong \mathbf{x}$



Princípio da Separabilidade

- Projetar o controlador como se as variáveis de estados estivessem disponíveis
- Projetar o observador como se não fosse utilizar realimentação de estados

→Realimentar as variáveis estimadas

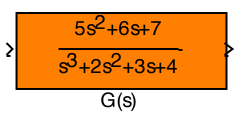
Assintóticamente $\hat{\mathbf{x}} \cong \mathbf{x}$

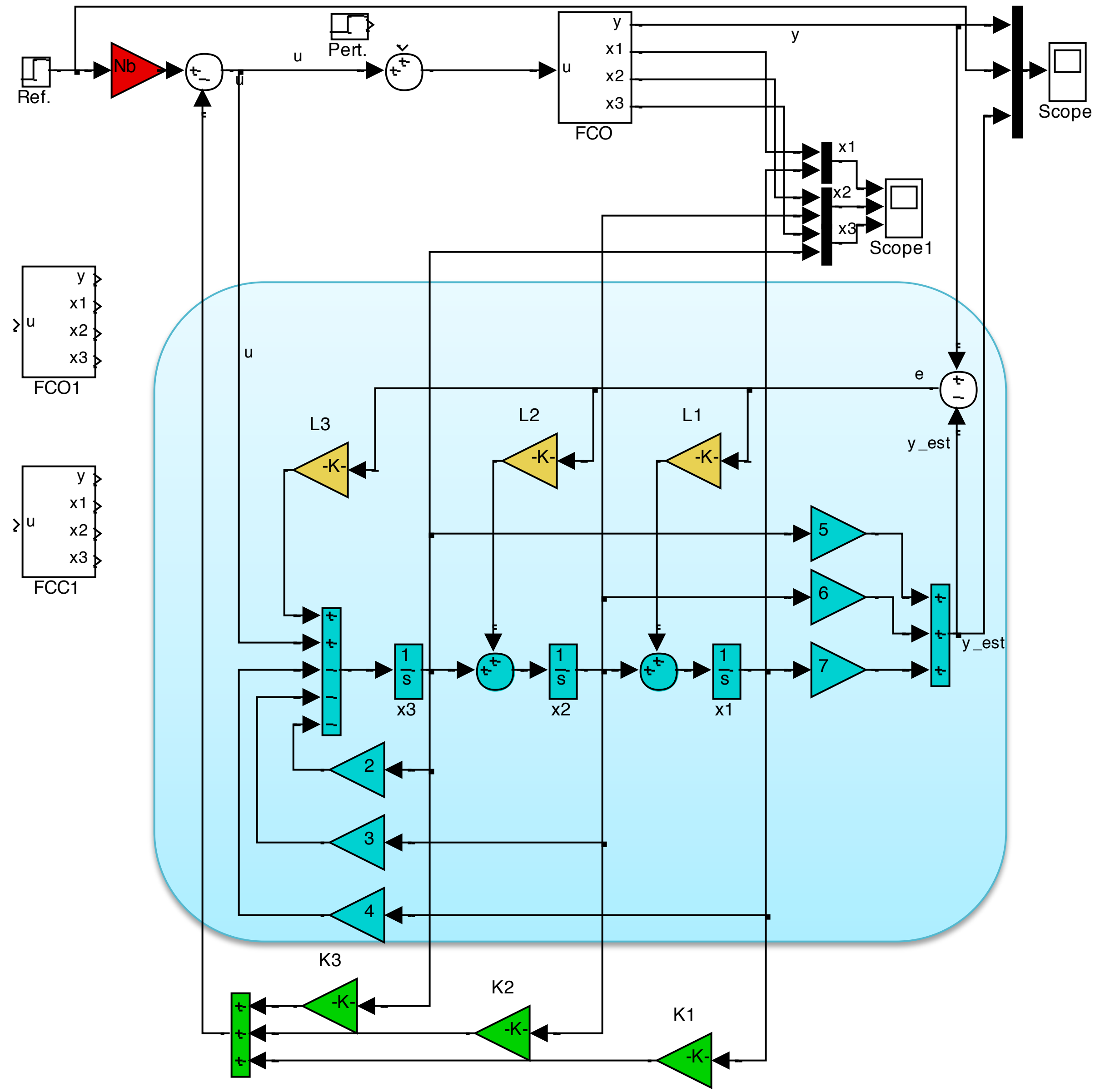
"O observador não é observável"

(não aparece na função de transferência)

Observador de Estados

Processo

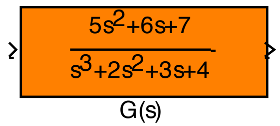


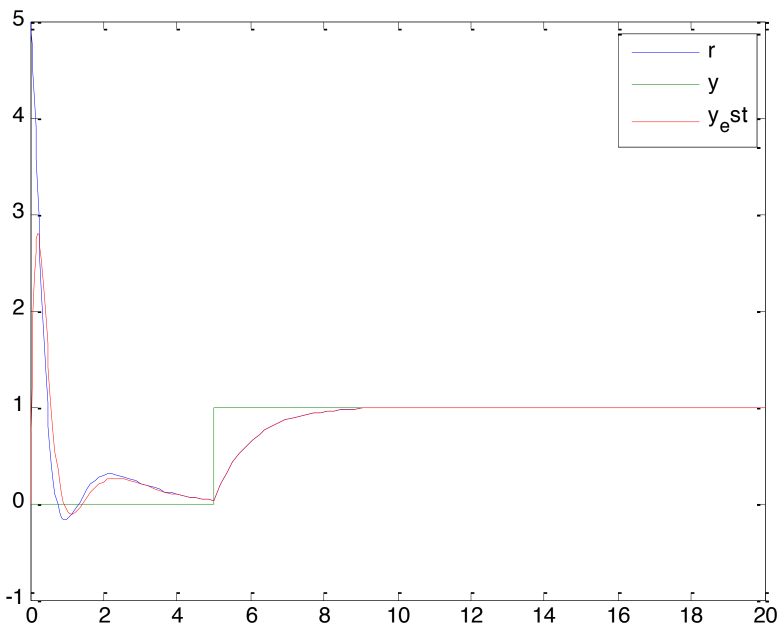


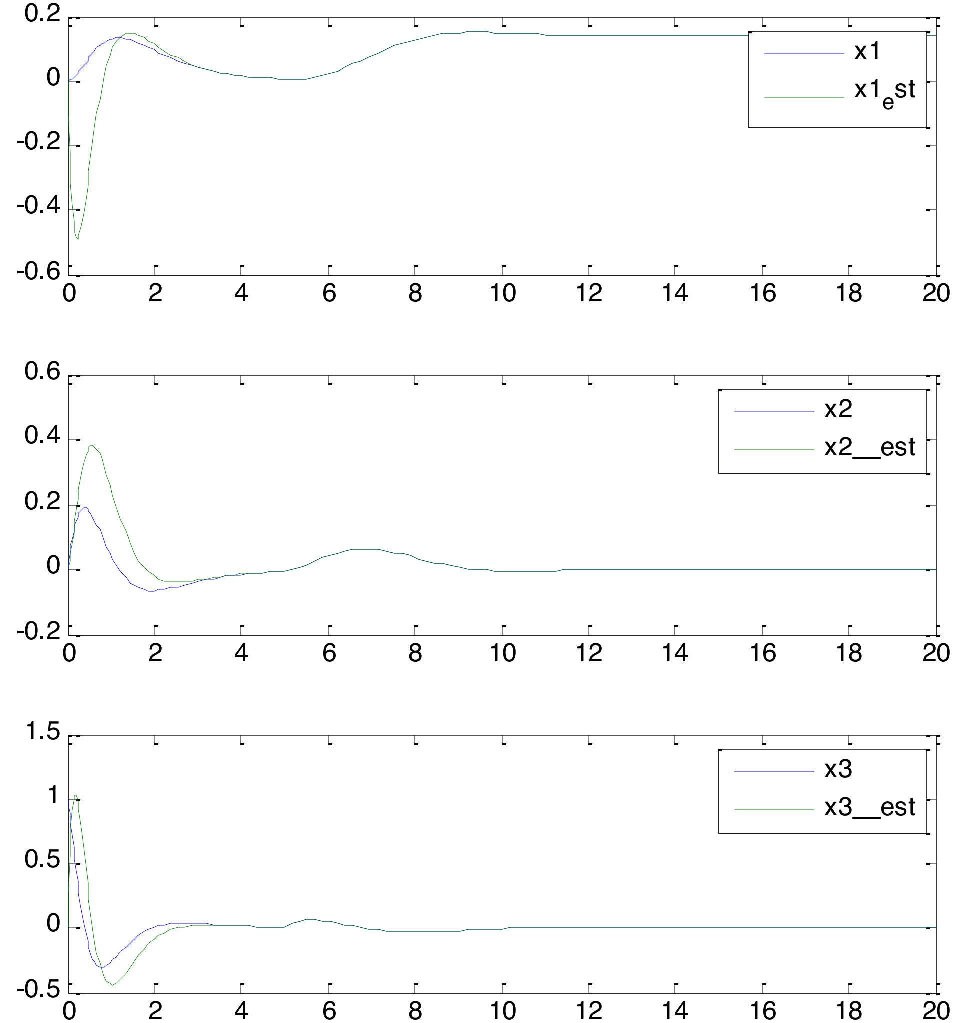
O observador de estados pode utilizar diferentes representações do processo!!

Observador de Estados

Processo





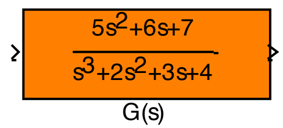


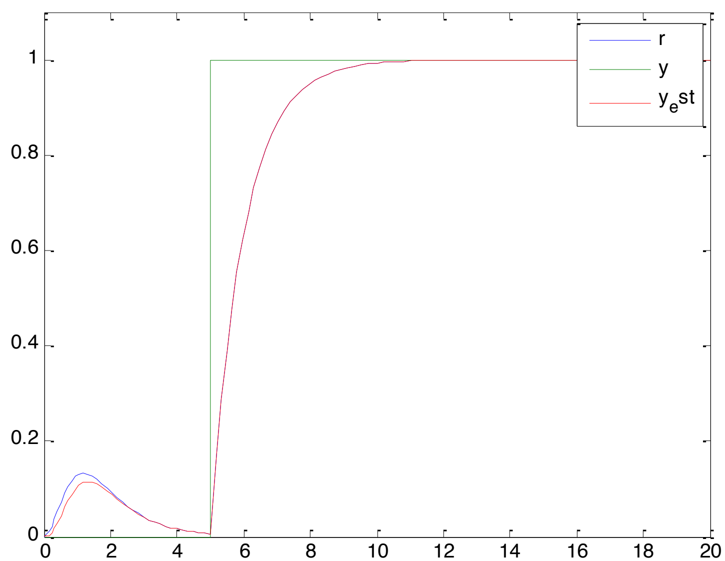
A saída estimada (y_est)
segue a saída real (y)

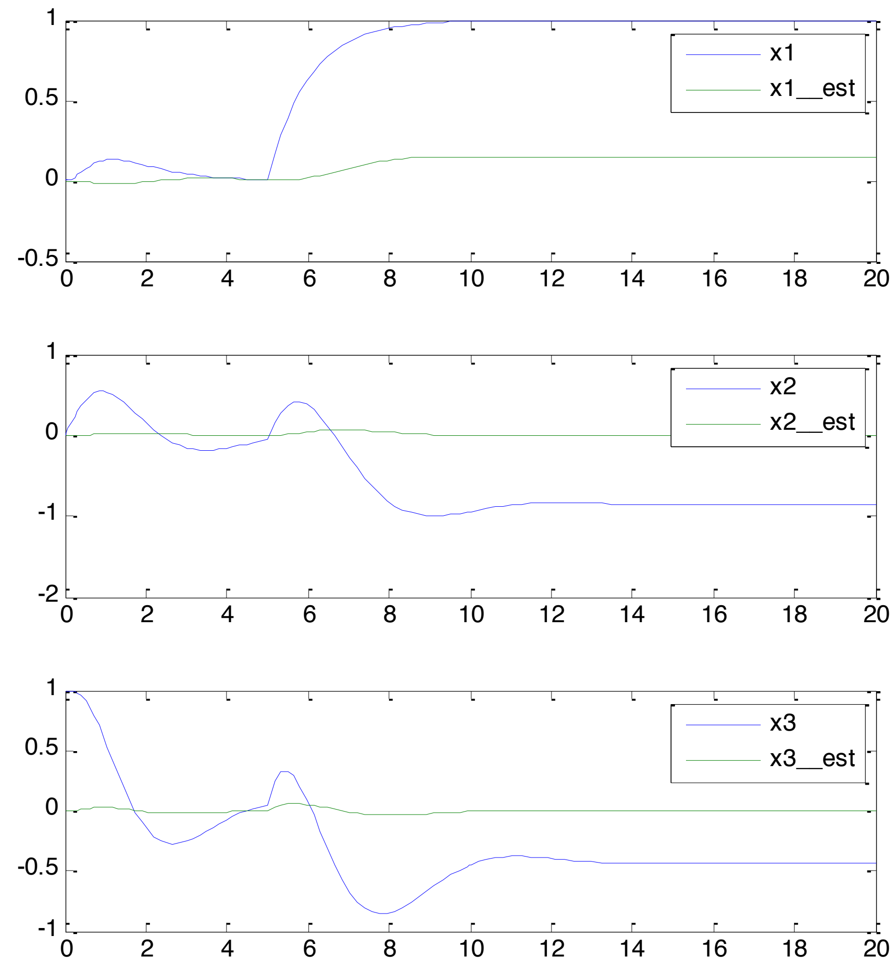
... bem como os estados.
apesar de **Condições Iniciais** distintas!!

Observador de Estados

Processo







A saída estimada (y_est) segue a saída real (y)

... apesar de as variáveis de estado estimadas serem distintas das reais!!
(representações distintas)

Posicionamento dos Pólos no EE

- Teoricamente seria possível posicionar os pólos no EE de forma arbitrária
- Prática – alterações substanciais da dinâmica do processo levam à saturação do atuador
- Considerar os zeros!!

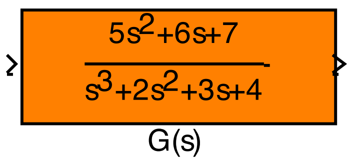
Projeto do Observador

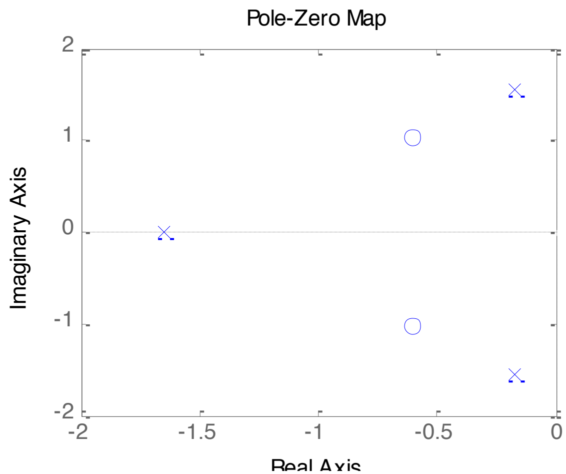
```
>>L=acker(A',C',[polos]); L=L'
```

Exemplo

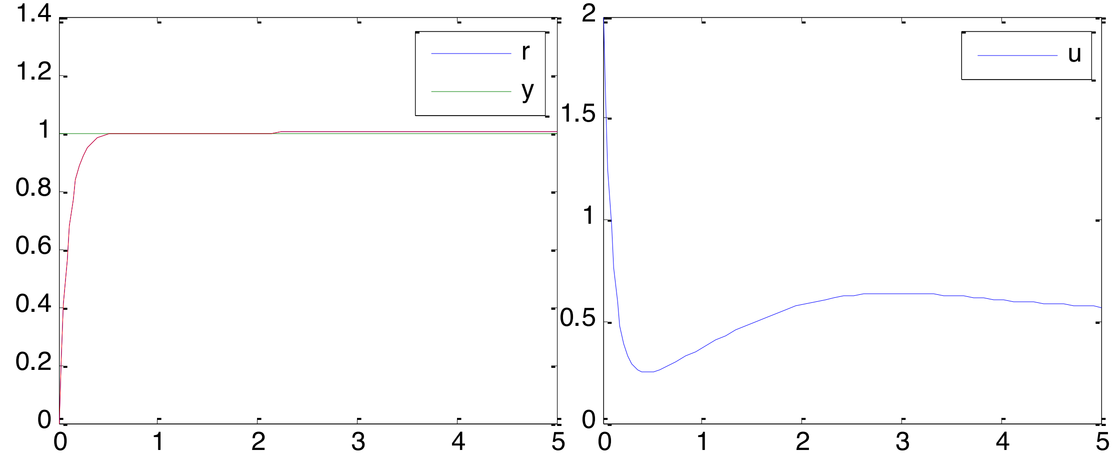
% Forma Canônica Controlável
A=[0 1 0;0 0 1;-4 -3 -2];
B=[0;0;1];C=[7 6 5];D=0;

Em malha aberta:

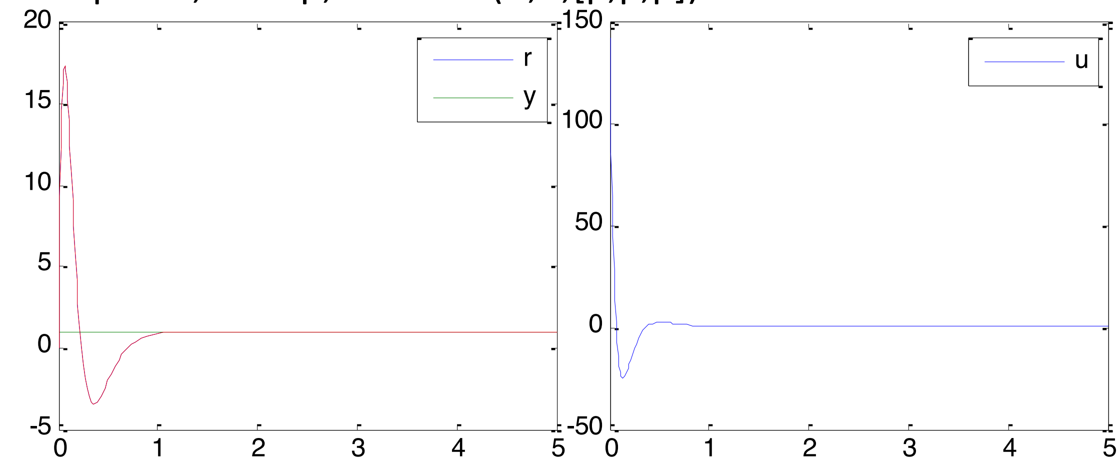




%Projeto 1
p=-10; o=3*p; K=acker(A,B,[p,-.6-1.02i,-.6+1.02i])



%Projeto 2
p=-10; o=3*p; K=acker(A,B,[p,p,p])



Eqs. do Sistema Completo

$$Processo \begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu + Fw \\ y = Cx \end{cases}$$

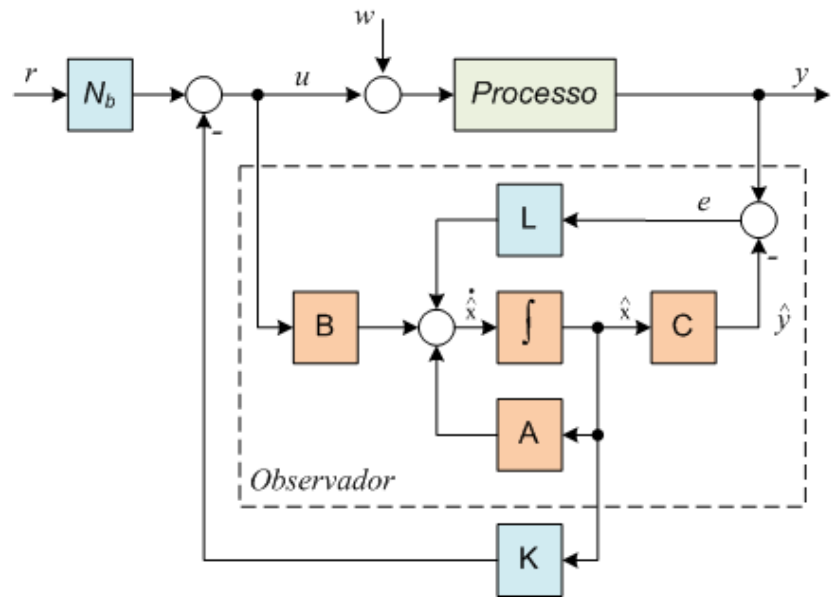
$$Observador \begin{cases} \dot{\hat{x}} = A\hat{x} + Bu + L(y - \hat{y}) \\ \hat{y} = C\hat{x} \end{cases}$$

$$Lei\ de\ \ Controle : u = -K\hat{x} + N_b r$$

$$\dot{x} = Ax - BK\hat{x} + BN_b r + Fw$$

$$e_x = x - \hat{x}$$

$$\dot{x} - \dot{\hat{x}} = A(x - \hat{x}) + Fw - L(y - \hat{y})$$



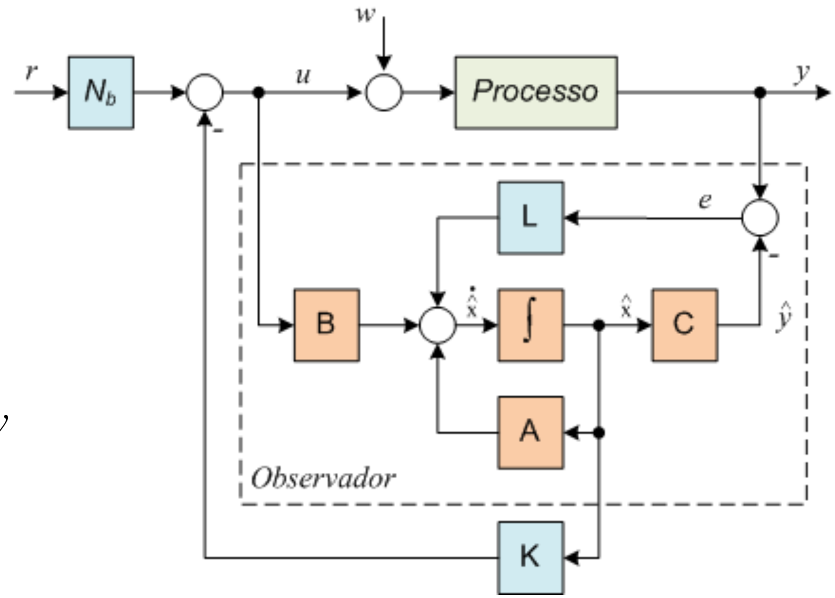
$$\dot{x} = (A - BK)x + BKe_x + BN_b r + Fw$$

$$\dot{e}_x = (A - LC)e_x + Fw$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{e}_x \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (A - BK) & BK \\ 0 & (A - LC) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ e_x \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} BN_b \\ 0 \end{bmatrix} r + \begin{bmatrix} F \\ F \end{bmatrix} w$$

$$y = \begin{bmatrix} C & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ e_x \end{bmatrix}$$

Função de Transferência em MF



$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{e}_x \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (A-BK) & BK \\ 0 & (A-LC) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ e_x \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} BN_b \\ 0 \end{bmatrix} r + \begin{bmatrix} F \\ F \end{bmatrix} w$$

$$y = \begin{bmatrix} C & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ e_x \end{bmatrix}$$

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \begin{bmatrix} C & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (sI-A+BK)^{-1} & -(sI-A+BK)^{-1}BK(sI-A+LC)^{-1} \\ 0 & (sI-A+LC)^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} BN_b \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\boxed{\frac{Y(s)}{R(s)} = C(sI-A+BK)^{-1}BN_b}$$

A dinâmica do observador não aparece na F.T. !!