

Aula 4 - Laboratório de Controle - 2021/1

Avaliação gráfica do efeito de parâmetros na resposta ao degrau

Nome: Arthur Lorencini Bergamaschi

```
I = 1;  
Turma = 2;  
g2=init(I,Turma)
```

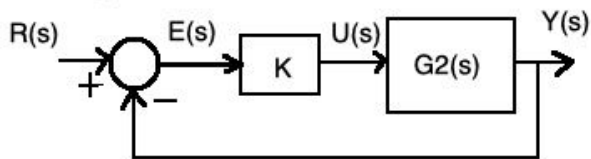
```
g2 =  
  
      25.6  
-----  
s^2 + 9.6 s + 12.8
```

Continuous-time transfer function.

```
b0=g2.Numerator{1}(3);p0=g2.Denominator{1}(3);
```

Atividade 1 - Análise do erro em regime

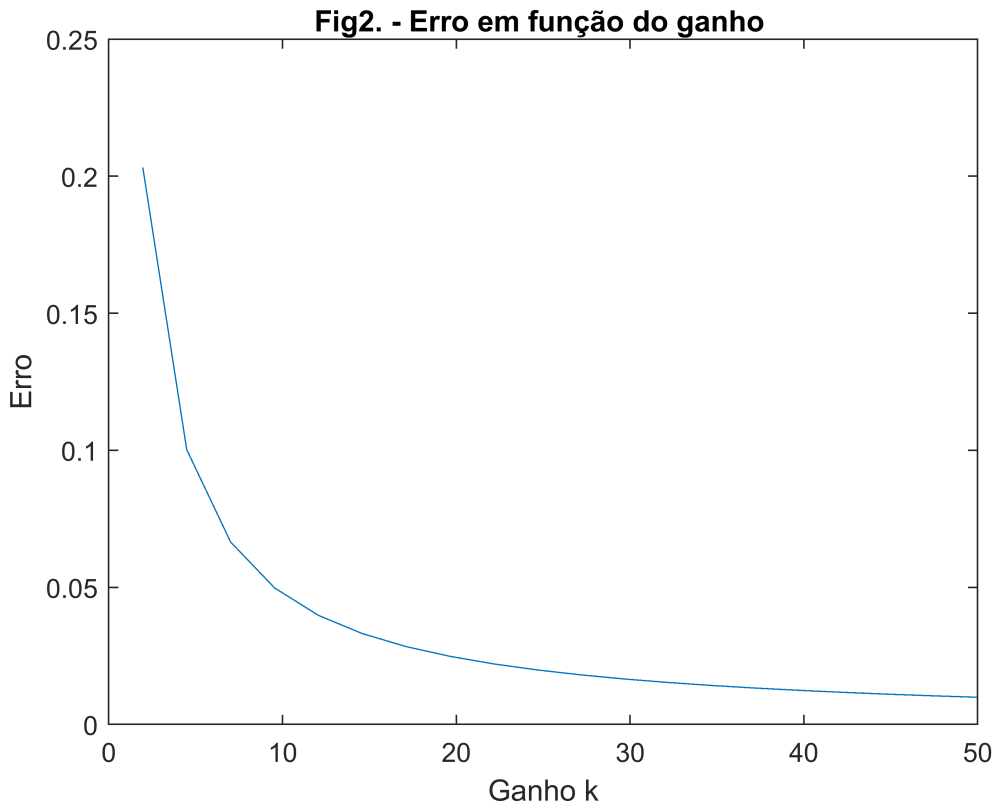
Figura 1



Abaixo são usados 20 valores de ganho K para fechar a malha e calcular o **erro em regime** $E(s) = \frac{R(s)}{1 + KG_2(s)}$

para uma entrada degrau unitário $R(s)$, conforme a Figura 1.

```
k=linspace(p0/(0.25*b0)-1/b0,p0/(0.01*b0)-1/b0,20);  
for i=1:length(k)  
    m=feedback(1,k(i)*g2);  
    erro(i)=freqresp(m,0);  
end  
plot(k,erro);title('Fig2. - Erro em função do ganho ');xlabel('Ganho k');ylabel('Erro');
```



1.1 Qual o efeito do ganho no erro em regime?

Vemos que ao aumentar o ganho k faz com que o erro caia de forma hiperbólica e se mantém quase constante quando K tende ao infinito depois de um certo ponto.

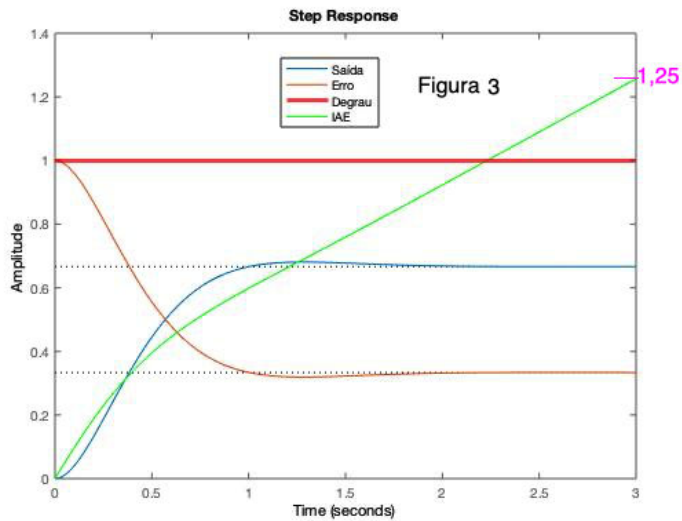
1.2 Para que valores de ganho K o erro é menor que 5%?

A partir de 9.5 já faz o K ser menor do que 5%

1.3 Qual o erro em regime para sistemas com **tipo** igual ao de g2?

Sabemos que o tipo de g2 é 0, pois ele não possui nenhum polo na origem. Portanto, o erro aparece para a entrada do degrau unitário apenas, e tem a forma $1/(1+K)$. Então, conforme o ganho vai aumentando, o erro vai diminuindo para o sistemas de tipo 0 com a entrada do degrau unitário.

Na figura 3 é mostrada a resposta $Y(s)$ ao degrau unitário $R(s)$ bem como o erro $E(s)$ e a integral absoluta do erro (IAE), calculada por $iae = \int_0^3 |e(t)| dt$. Observe que o iae é integrado para cada tempo t. O valor utilizado para comparações é aquele obtido na janela de tempo total, ou seja, em $t=3$, neste caso igual a 1.25.



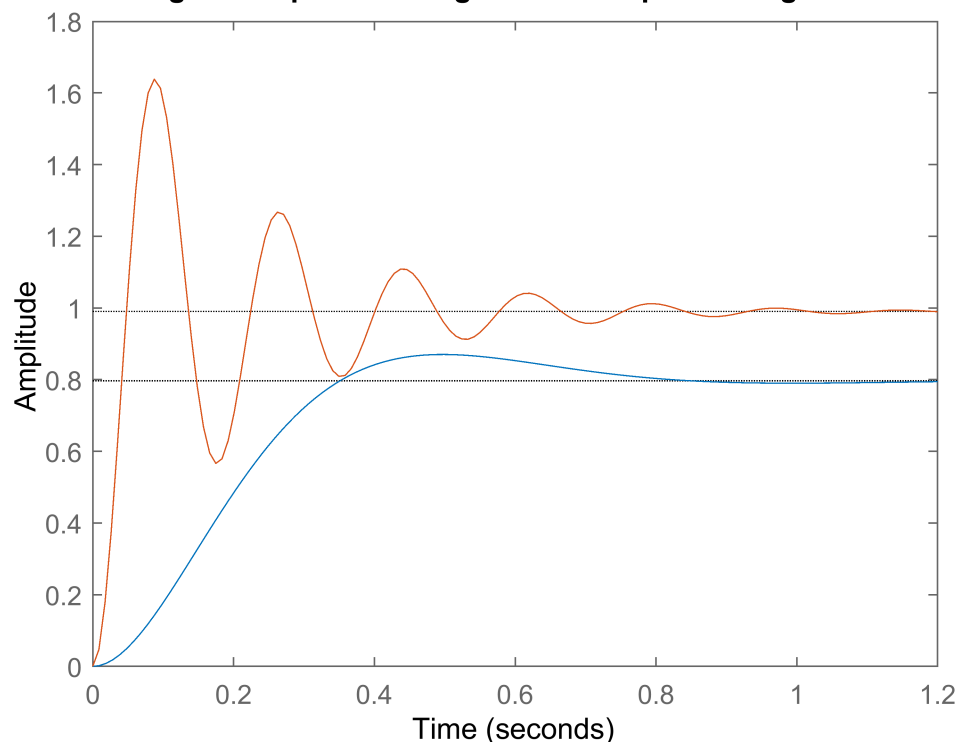
1.4 Observando as figuras 2 e 3, explique o que leva um sistema a ter maiores valores de iae.

O valor de iae aumenta se o tempo de subida for muito grande, isso é causado por um K pequeno, e implica em um erro de regime maior. Com um erro em regime maior, para um mesmo intervalo de tempo, o iae é maior para um K menor do que um K maior.

Atividade 2 - Erro em regime e resposta transitória

```
m1=feedback(k(1)*g2,1);
m2=feedback(k(end)*g2,1);
step(m1,m2);
title('Fig4. - Resposta ao degrau unitário para dois ganhos');
```

Fig4. - Resposta ao degrau unitário para dois ganhos



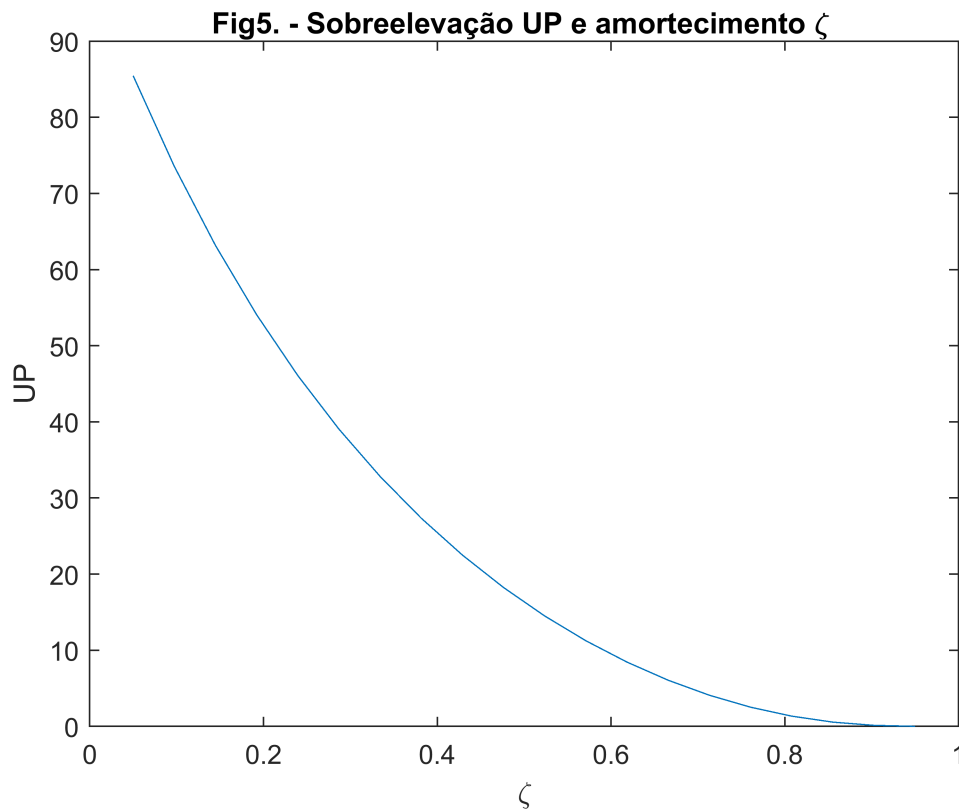
2.1 Na figura 4 é mostrada a resposta ao degrau unitário para o menor e maior ganhos usados na figura 2. Compare o efeito do ganho K na resposta ao degrau unitário em regime e no período transitório, informando os ganhos usados.

Na curva azul, vemos que o menor valor de K (=1.9609) tem uma constante de tempo maior, não tem overshoot e o seu erro em regime é de 0.2, um tempo de estabelecimento de 0.8s.

Para a curva vermelha, com K = 49.9609, temos uma constante de tempo menor, um overshoot de 60%, um tempo de estabelecimento idêntico, cerca de 0.8s,

A sobrelevação se relaciona com o amortecimento ζ pela equação $UP = 100e^{-\left(\frac{\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}\right)}$. O script abaixo calcula os valores de UP para um conjunto de valores de ζ .

```
zeta=linspace(0.05,0.95,20);
for i=1:20
UP(i)=100*exp(-zeta(i)*pi/(sqrt(1-zeta(i)^2)));
end
plot(zeta,UP);title('Fig5. - Sobrelevação UP e amortecimento \zeta ');xlabel('\zeta');ylabel('UP');
```



2.2 Explique a relação entre UP e ζ usando a figura 5 gerada pelo script.

Vemos que conforme o amortecimento vai aumentando, ele faz diminuir exponencialmente o valor da sobrelevação. Portanto, se o sistema tiver um alto nível de amortecimento, é bem provável que a sua sobrelevação seja pequena.

2.3 Use a figura 5 para obter os valores de ζ para os quais se tem $UP \leq 5\%$?

O valor do amortecimento é de 0.71.

Atividade 3 - Análise da resposta transitória

Use o comando `rlocus(g2)` ou `rlocus(g2,k)` para obter k_1 de modo a ter $\zeta = 0.9$ e k_2 de modo a ter $\zeta = 0.1$, e substitua estes valores abaixo e execute o script.

Importante: mostre a figura gerada pelo script abaixo ao professor antes de responder as 4 perguntas desta atividade.

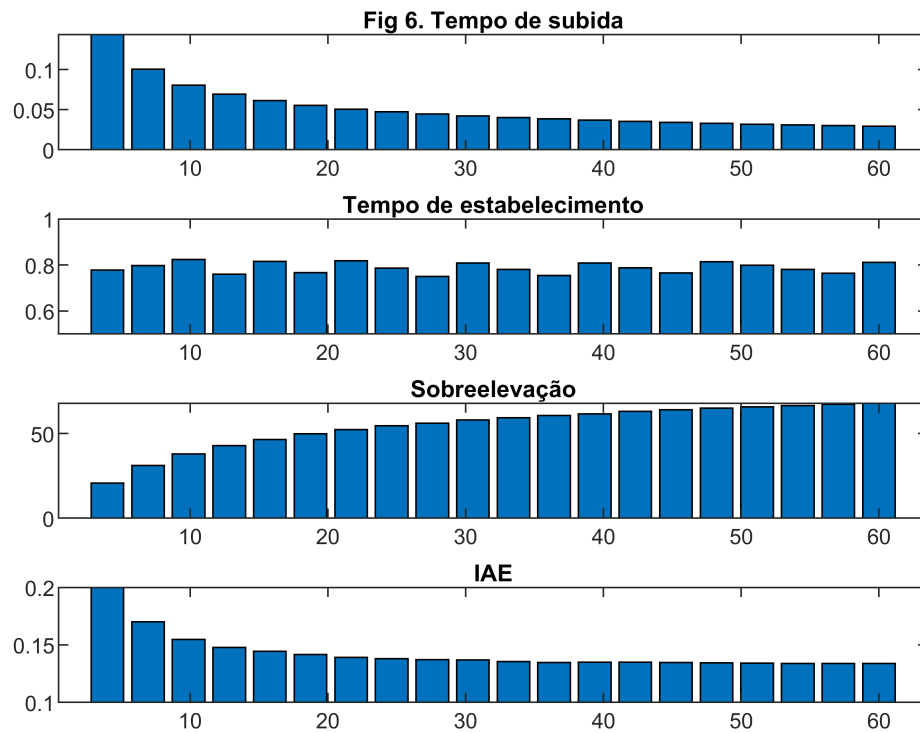
```
k=linspace(4,60,20);
for i=1:20
    m=feedback(k(i)*g2,1);
    s=stepinfo(m);
    U(i,:)=[s.RiseTime s.SettlingTime s.Overshoot];
    if i==1
        [y,t]=step(m);Tempo=max(t);
    else
        [y,t]=step(m,Tempo);
    end
end
```

```

end
IAE(i)=trapz(t,abs(1-y));
end

subplot(4,1,1);bar(k,(U(:,1)));title('Fig 6. Tempo de subida');
subplot(4,1,2);bar(k,(U(:,2)));title('Tempo de estabelecimento');
ylim([0.5 1])
subplot(4,1,3);bar(k,(U(:,3)));title('Sobreelevação');
subplot(4,1,4);bar(k,(IAE));title('IAE');
ylim([0.1 0.2])

```



3.1 Qual o efeito do ganho K no tempo de subida (t_r)?

Inicialmente, com $K = 4$, vemos que o tempo de subida é de 0.14s. Com $K = 13$, temos que o tempo de subida cai para a metade, 0.07s, e para $K = 60$, finalmente temos um tempo de subida de 0.03s

3.2 Qual o efeito do ganho K na sobrelevação (UP)?

Com $K = 4$, temos um valor de sobrelevação de 20% e conforme o K vai aumentando, por exemplo, com $K = 40$, temos uma sobrelevação de 60%, e finalmente, com $K = 60$, temos a sobrelevação de 67%.

3.3 Explique o comportamento do tempo de estabelecimento (t_s) quando o ganho K varia.

O tempo de estabelecimento pode ser descrito usando a fórmula:

$$T_s = - \frac{\ln(\text{tolerance fraction} \times \sqrt{1 - \zeta^2})}{\text{damping ratio} \times \text{natural freq}}$$

E a partir daí, podemos ver que o Ganho não tem efeito significativo sobre o tempo de estabelecimento.

3.4 Quem afeta mais o valor de IAE? UP, t_r ou t_s ?

Vemos que um tempo de subida alto implica em um valor de IAE alto, como mostra a figura 3 e 6. O tempo de estabelecimento não causa nenhum efeito visível, pois a sua variação implica em quase nada no IAE. O UP tem um efeito contrário, conforme as figuras, que quanto maior a sobre elevação, menor o IAE.

```
datetime('now')
```

```
ans = datetime
      07-Jul-2021 13:32:50
```

```
pwd
```

```
ans =
'C:\Users\malaquias\Desktop\UFES\UFES-LCA\Aula4'
```