

MARINHA DO BRASIL  
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA  
MARINHA (CP-CEM/2015)

**ENGENHARIA MECATRÔNICA**

**PROVA ESCRITA DISCURSIVA  
INSTRUÇÕES GERAIS**

- 1- A duração da prova será de 05 horas e o tempo não será prorrogado. Ao término da prova, entregue o caderno ao Fiscal em retirar os grampos de nenhuma folha.
- 2- Responda às questões utilizando caneta esferográfica azul ou preta. Não serão consideradas respostas e desenvolvimento da questão a lápis. Confira o número de páginas de cada parte da prova.
- 3- Só comece a responder à prova ao ser dada a ordem para iniciá-la, interrompendo a sua execução no momento em que for determinado.
- 4- O candidato deverá preencher os campos:  
- NOME DO CANDIDATO; NÚMERO DA INSCRIÇÃO e DV.
- 5- Iniciada a prova, não haverá mais esclarecimentos. O candidato somente poderá deixar o seu lugar, devidamente autorizado pelo Supervisor/Fiscal, para se retirar definitivamente do recinto de prova ou, nos casos a seguir especificados, devidamente acompanhado por militar designado para esse fim: atendimento médico por pessoal designado pela Marinha do Brasil; fazer uso de banheiro e casos de força maior, comprovados pela supervisão do certame, sem que aconteça saída da área circunscrita para a realização da prova.  
Em nenhum dos casos haverá prorrogação do tempo destinado à realização da prova e, em caso de retirada definitiva do recinto de prova, esta será corrigida até onde foi solucionada.
- 6- A solução deve ser apresentada nas páginas destinadas a cada questão.
- 7- Não é permitida a consulta a livros ou apontamentos.
- 8- A prova não poderá conter qualquer marca identificadora ou assinatura, o que implicará na atribuição de nota zero.
- 9- Será eliminado sumariamente do concurso e as suas provas não serão levadas em consideração, o candidato que:
  - a) der ou receber auxílio para a execução de qualquer prova;
  - b) utilizar-se de qualquer material não autorizado;
  - c) desrespeitar qualquer prescrição relativa à execução das provas;
  - d) escrever o nome ou introduzir marcas identificadoras noutro lugar que não o determinado para esse fim; e
  - e) cometer ato grave de indisciplina.
- 10- É PERMITIDA A UTILIZAÇÃO DE CALCULADORA NÃO CIENTÍFICA.

**NÃO DESTACAR A PARTE INFERIOR**

<b>RUBRICA DO PROFESSOR</b>	<b>ESCALA DE</b>	<b>NOTA</b>			<b>USO DA DEnsM</b>
	<b>000 A 080</b>				

CAMPOS PREENCHIDOS  
PELOS CANDIDATOS

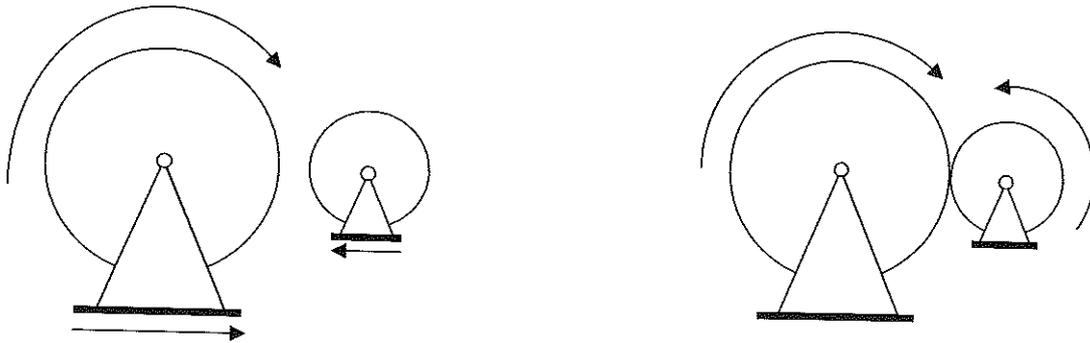
CONCURSO: CP-CEM/2015  
NOME DO CANDIDATO:

<b>Nº DA INSCRIÇÃO</b>	<b>DV</b>	<b>ESCALA DE</b>	<b>NOTA</b>			<b>USO DA DEnsM</b>
		<b>000 A 080</b>				

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (8 pontos)

Observe as figuras abaixo.



Um volante cilíndrico, com raio de 300 mm e massa de 20 kg, está rodando livremente a 1000 RPM quando é subitamente colocado em contato com outro volante cilíndrico, de raio 150 mm e massa 5 kg. Considerando que, após o contato, ambos os volantes giram juntos sem escorregamento, determine a velocidade de rotação final de cada volante.

Dado:

Momento de inércia de um cilindro de raio  $r$  e massa  $m$  ao redor do

eixo principal  $J_r$ :  $J_r = \frac{mr^2}{2}$

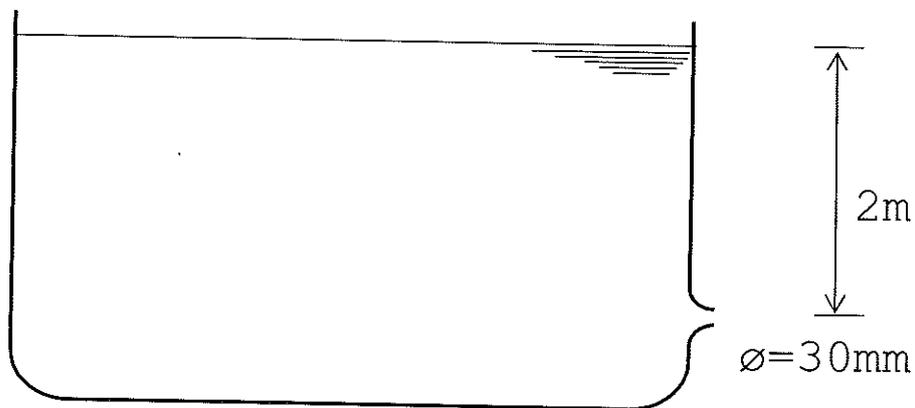
Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECATRÔNICA

Concurso: CP-CEM/2015

2ª QUESTÃO (8 pontos)

Observe a figura abaixo.



Um reservatório de água possui um bocal de seção circular com 30 mm de diâmetro, a 2 metros da superfície livre, descarregando contra a atmosfera.

Determine a vazão no bocal, dado que o seu coeficiente de perda de carga concentrada é de 0,04 e que o escoamento na saída é fortemente turbulento (perfil de velocidade aproximadamente uniforme, com  $\alpha \approx 1$ ).

Dados:

Carga de um fluido:  $\frac{p}{\rho} + \alpha \frac{V^2}{2} + gz$ , onde  $p$  é a pressão,  $\rho$  é a densidade do fluido,  $\alpha$  o coeficiente de energia cinética do escoamento,  $V$  é a velocidade,  $g$  é a aceleração da gravidade ( $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ) e  $z$  é a altura do ponto considerado.

Perda de carga concentrada:  $K \frac{V^2}{2}$ , onde  $K$  é o coeficiente de perda de carga concentrada e  $V$  é a velocidade do escoamento.

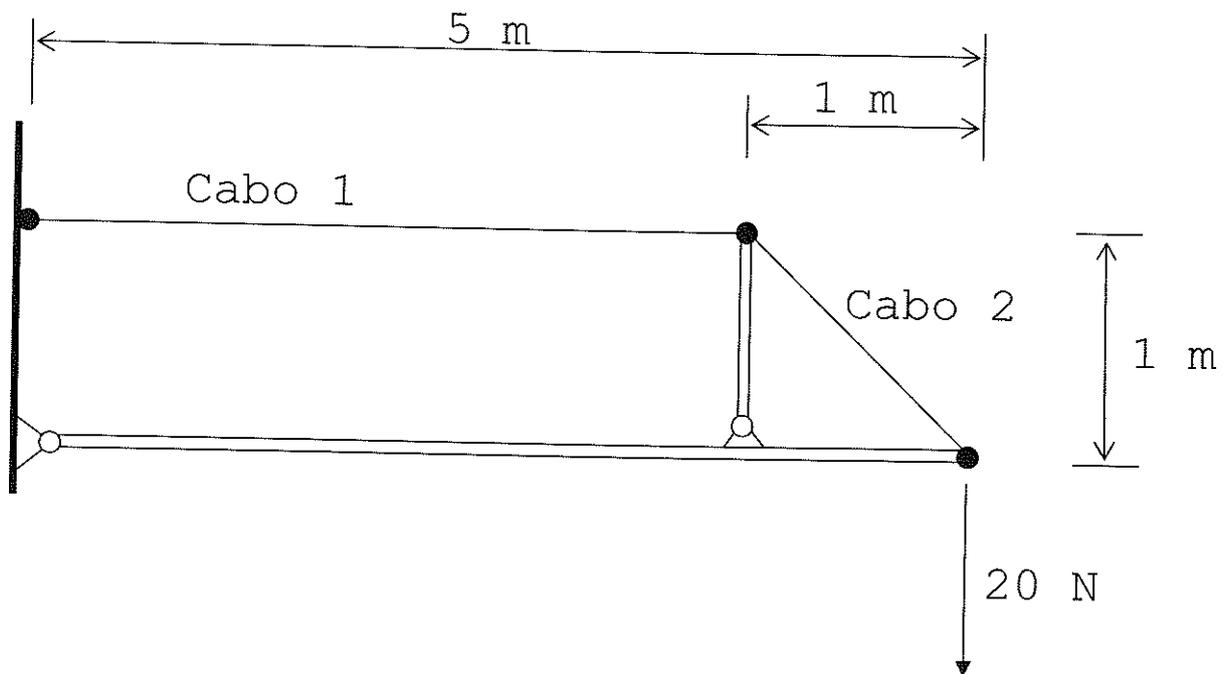
Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECATRÔNICA

Concurso: CP-CEM/2015

3ª QUESTÃO (8 pontos)

Observe a figura a seguir.



Uma barra articulada é sustentada por um cabo preso a uma segunda barra articulada. Essa segunda barra está sustentada por um segundo cabo conforme a figura acima.

Considerando a carga de 20 N vertical no final da barra, quais as forças de tração no cabo 1 e no cabo 2?

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECATRÔNICA

Concurso: CP-CEM/2015

**4ª QUESTÃO (8 pontos)**

Um sistema de ar-condicionado com potência de 12000 BTU/h opera a uma temperatura de 40° C no condensador e 18° C no evaporador. Calcule, com base na 2ª lei da termodinâmica, a potência mínima (em BTU/h) que um aparelho pode consumir nessas condições.

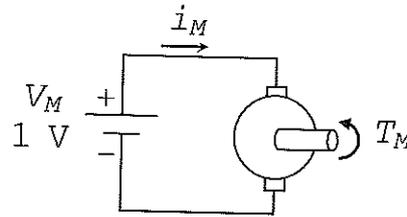
Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECATRÔNICA

Concurso: CP-CEM/2015

5ª QUESTÃO (8 pontos)

Observe a figura a seguir.



O motor de corrente contínua de ímã permanente mostrado na figura acima é alimentado com  $V_M = 1$  V. Mantendo-se o eixo bloqueado, foram medidas a corrente de armadura  $i_M$  e o torque motriz  $T_M$ , obtendo-se  $i_M = 10$  A e  $T_M = 10$  Nm.

Considere que as perdas mecânicas são desprezíveis e que as perdas elétricas são puramente resistivas. Sendo assim, determine a resistência de armadura  $R_A$  (em Ohms) do motor e a rotação  $\omega$  (em rad/s) que o eixo irá atingir em regime quando for acoplado a uma carga mecânica de torque constante igual a 5 Nm.

Formulário:

$$E = k_E \cdot \omega$$

$$T_M = k_T \cdot i_M$$

Onde  $E$  é a força contra-eletromotriz do motor e  $k_E$  e  $k_T$  são constantes.

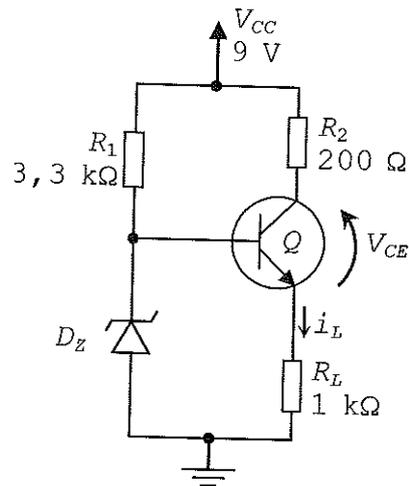
Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECATRÔNICA

Concurso: CP-CEM/2015

6ª QUESTÃO (8 pontos)

Observe a figura a seguir.



No circuito da figura acima, admite-se que o diodo  $D_Z$  é ideal, com tensão de Zener  $V_Z$  igual a 5,7 V. O transistor  $Q$  possui as seguintes características:

- tensão de saturação  $V_{CEsat} = 0,2 \text{ V}$ ;
- tensão de limiar  $V_{BElim} = 0,7 \text{ V}$ ; e
- ganho de corrente  $h_{FE}$  muito elevado, podendo ser considerado infinito nesse circuito.

Determine a corrente  $i_L$  no resistor  $R_L$  e a tensão coletor-emissor  $V_{CE}$  do transistor  $Q$ .

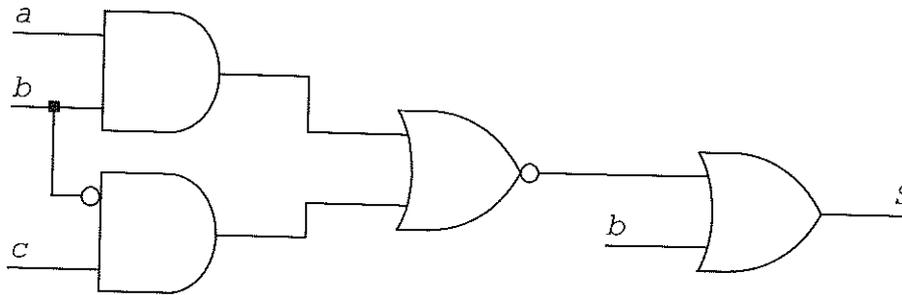
Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECATRÔNICA

Concurso: CP-CEM/2015

7ª QUESTÃO (8 pontos)

Dado o circuito digital da figura abaixo, determine a expressão booleana da saída  $S$  e a expressão equivalente minimizada na forma de soma de produtos.



Continuação da 7ª questão

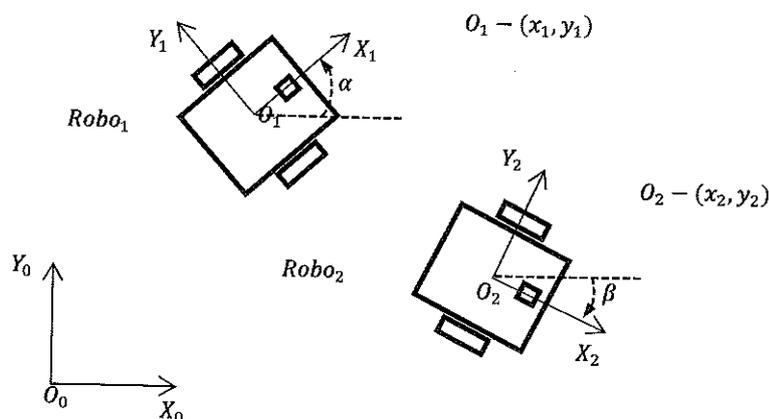
Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECATRÔNICA

Concurso: CP-CEM/2015

8ª QUESTÃO (8 pontos)

O desenvolvimento de arquiteturas de controle de robôs móveis requer a utilização de pelo menos dois sistemas de coordenadas distintos, um sistema de coordenadas fixo ao corpo do robô e um sistema de coordenadas inercial.

A figura abaixo ilustra dois robôs móveis com rodas,  $Robo_1$  e  $Robo_2$ , cada um com seu respectivo sistema de coordenadas fixo ao corpo com origem no centro de gravidade,  $O_1 - X_1Y_1$  e  $O_2 - X_2Y_2$ , e um sistema de coordenadas inercial  $O_0 - X_0Y_0$ . A origem  $O_1$  possui coordenadas  $(x_1, y_1)$  e a origem  $O_2$  possui coordenadas  $(x_2, y_2)$  em relação ao sistema de coordenadas inercial.



A posição e a orientação do  $Robo_1$ , por exemplo, em relação ao sistema de coordenadas inercial, podem ser descritas pela transformação homogênea que descreve a operação de translação e de rotação do sistema de coordenadas  $O_1 - X_1Y_1$  em relação ao sistema de coordenadas  $O_0 - X_0Y_0$ .

Essa transformação homogênea é representada por meio da seguinte forma matricial:

$$A_1^0 = \begin{bmatrix} R_1^0 & t_1^0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Onde  $R_1^0$  é uma matriz de dimensões  $2 \times 2$  que descreve a rotação do sistema de coordenadas  $O_1 - X_1Y_1$  em relação ao sistema de coordenadas  $O_0 - X_0Y_0$ ; e  $t_1^0$  é um vetor de dimensões  $2 \times 1$  que descreve a translação do sistema de coordenadas  $O_1 - X_1Y_1$  em relação ao sistema de coordenadas  $O_0 - X_0Y_0$ .

**Continuação da 8ª questão**

Da mesma forma, pode-se calcular a transformação homogênea  $A_2^0$ . A existência de múltiplos robôs requer também estimativas de posição e de orientação de cada robô em relação aos demais. Ou seja, necessita-se do cálculo das transformações homogêneas  $A_2^1$  e  $A_1^2$ .

Dentro desse contexto, calcule:

- a) A matriz de transformação homogênea  $A_1^0$ . (4 pontos)
- b) A matriz de transformação homogênea  $A_2^1$ . (4 pontos)

Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECATRÔNICA

Concurso: CP-CEM/2015

9ª QUESTÃO (8 pontos)

Um controlador do tipo PI pode ser escrito, no domínio do tempo contínuo, da seguinte forma:

$$u(t) = K_p \left( e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau \right)$$

Onde a variável  $u(t)$  é o esforço de controle (saída do controlador),  $e(t)$  é a variável que fornece a estimativa do erro do processo (entrada do controlador),  $K_p$  é a constante proporcional, e  $T_i$  é uma constante denominada tempo integrativo.

Para a realização computacional, é necessário, inicialmente, obter a função de transferência do controlador, utilizando a variável complexa  $s$ , e posteriormente convertê-la para uma função de transferência no domínio discreto, utilizando a variável complexa  $z$ .

Um possível método é denominado transformação bilinear que pode ser descrito como  $s = \frac{2(z-1)}{T(z+1)}$ , onde  $T$  é o intervalo de amostragem.

Utilizando o método de transformação bilinear, calcule a equação de diferenças do controlador PI.

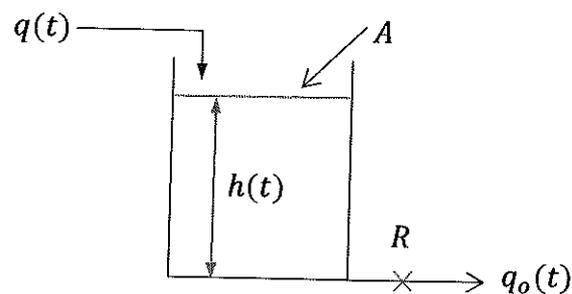
Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECATRÔNICA

Concurso: CP-CEM/2015

10ª QUESTÃO (8 pontos)

Um sistema de controle de nível de líquidos, ilustrado na figura abaixo, é um sistema com características não lineares, onde  $R$  é a resistência ao fluxo de líquido e é definida como a variação do nível de líquido  $h(t)$  causada pela variação do fluxo  $q(t)$ ;  $q(t)$  é o fluxo de entrada;  $q_o(t)$  é o fluxo de saída;  $h(t)$  é a altura do líquido e  $C$  é a capacitância do reservatório e é definida como a variação do volume de líquido armazenado causado pela variação da altura  $h(t)$ . Nesse caso, a capacitância corresponde à área da seção transversal do tanque  $A$ .



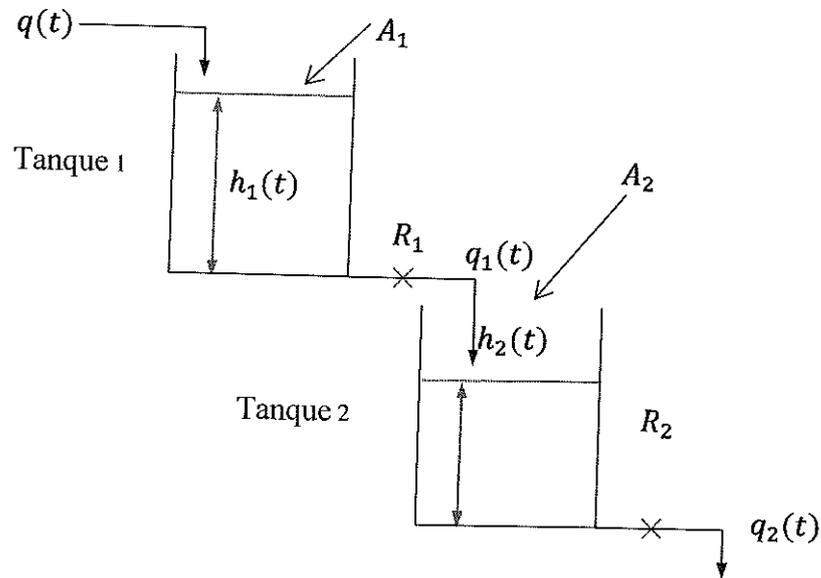
As equações desse sistema são geralmente linearizadas em torno de um ponto de operação  $(h_s, q_s)$ . Dessa forma, é conveniente utilizar variáveis que representam um desvio em torno de um ponto de operação, isto é,  $H(t) = h(t) - h_s$  e  $Q(t) = q(t) - q_s$ .

A função de transferência da altura em função da vazão de entrada pode ser descrita como  $\frac{H(s)}{Q(s)} = \frac{R}{\tau s + 1}$ , onde  $\tau = RA$ .

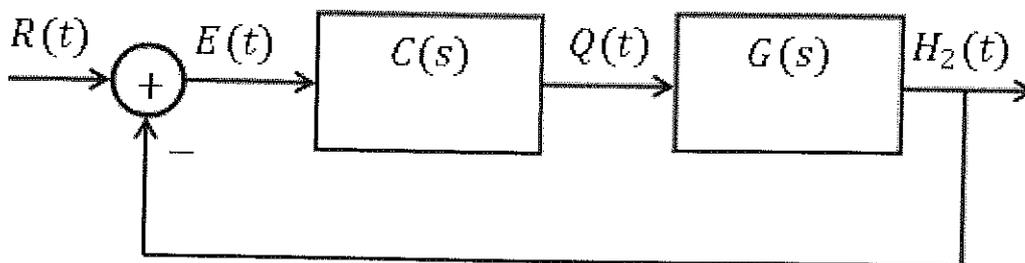
A função de transferência da vazão de saída em função da vazão de entrada é dada por  $\frac{Q_o(s)}{Q(s)} = \frac{1}{\tau s + 1}$ .

Continuação da 10ª questão

Um sistema com dois tanques em série está ilustrado na figura abaixo.



- Calcule a função de transferência  $G(s) = H_2(s)/Q(s)$  do sistema que relaciona a variação da altura do líquido  $h_2(t)$  (tanque 2) em função da variação da vazão de entrada  $q(t)$  (tanque 1). (4 pontos)
- Para esse sistema  $G(s)$ , um sistema de controle em malha fechada é construído utilizando um controlador proporcional  $C(s) = K_p$ , ( $K_p > 0$ ). Calcule a faixa de valores da constante  $K_p$  para que o sistema de controle em malha fechada seja estável. (4 pontos)



Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECATRÔNICA

Concurso: CP-CEM/2015

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS  
Profissão: ENGENHARIA MECATRÔNICA

Concurso: CP-CEM/2015