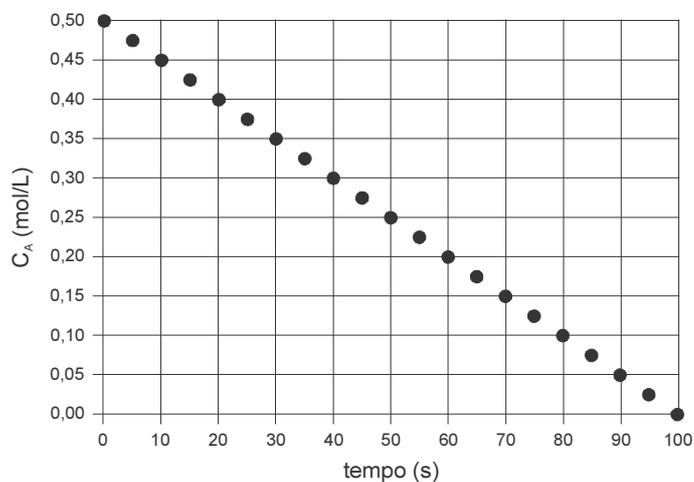


CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

RASCUNHO

Considere que um trocador de calor, constituído por tubos concêntricos, que opere em modo contracorrente e utilize uma corrente com fluido de aquecimento com vazão mássica de 1.000 kg/min, seja resfriado de 80 °C para 40 °C. Considere, ainda, que, no processo de troca térmica, o fluido de aquecimento apresente calor específico igual a 2 kJ/(kg×K) e o fluido de resfriamento possua calor específico igual a 4 kJ/(kg×K), sendo a temperatura na entrada do trocador de calor igual a 30 °C. Com base nessas considerações, julgue os itens a seguir.

- 51 Caso o trocador de calor possua coeficiente global de troca térmica igual a 1.500 W/(m²×K), a área de troca térmica do trocador de calor equivalerá a $8 \times \ln(2)$ m², se a temperatura da corrente fria na saída desse trocador for equivalente a 60 °C.
- 52 Para um acréscimo de 20 °C na temperatura da corrente fria na saída do trocador de calor, a vazão mássica dessa mesma corrente será igual a 1.000 kg/min.



Considerando que o gráfico acima represente o consumo de um componente A em um sistema de reação química do tipo $A \xrightarrow{K_A} \text{produtos}$, julgue os itens subsequentes.

- 53 A concentração no tempo de meia-vida da reação equivale a $C_{A0}/4$, em que C_{A0} é a concentração molar do reagente A no instante $t = 0$ s.
- 54 A constante cinética da reação química é igual a 200 s⁻¹.

Julgue os itens seguintes, acerca da cinética de processos de transformação química.

RASCUNHO

55 Em um sistema operado em modo batelada, uma reação de segunda ordem apresenta a seguinte dependência da conversão

e tempo de reação: $x_A = \frac{k \cdot t}{C_{A0}}$, em que x_A é a conversão, k é a

constante cinética da reação, t , o tempo de reação e C_{A0} , a concentração molar inicial do componente A .

56 A taxa de reação é determinada por variáveis de processo como a composição, a temperatura e a pressão do meio reacional. Com base no mecanismo $aA + bB \rightarrow cC + dD$, as taxas de reação referentes ao consumo das espécies A e B podem ser representadas como:

$(-r_A) = -\frac{1}{V} \frac{dN_A}{dt}$ e $(-r_B) = \frac{1}{V} \frac{dN_B}{dt}$, em que N

representa o número de moles das espécies químicas, V é o volume de reação e t , o tempo de reação.

57 Em relação ao número de moles das espécies, a conversão de um sistema operado em batelada pode ser expressa como:

$x_A = \frac{N_A - N_{A0}}{N_A}$, em que N_A é o número de moles de A e N_{A0}

é o número de moles iniciais da espécie A .

Considere um sistema de reação com reatores contínuos de mistura perfeita de mesmo volume reacional igual a 50 m^3 , que, arranjados em paralelo, alcançam uma conversão de 85%. A reação química é conduzida a $90 \text{ }^\circ\text{C}$, com $k = 0,75 \text{ h}^{-1}$ e com uma vazão volumétrica constante de $20 \text{ m}^3/\text{h}$. Acerca desse sistema, julgue os itens que se seguem.

58 O número de Damköhler equivale a 5,6.

59 O número de reatores nesse arranjo é igual a 4.

Considere que, para troca térmica com uma corrente de processo de calor específico igual a $3 \cdot \text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, que entra no trocador de calor a $40 \text{ }^\circ\text{C}$ e sai dele a $80 \text{ }^\circ\text{C}$, tenha sido utilizado vapor com calor latente igual a 1.500 kJ/kg e vazão mássica de 5.000 kg/h . Acerca dessa situação, julgue o item abaixo.

60 A vazão da corrente de processo é igual a 62.500 kg/h .

Considere que uma corrente de processo composta de uma mistura binária seja separada por destilação em *flash*, em que as constantes de equilíbrio dos componentes na mistura equivalem a $k_1 = 2$ e $k_2 = 0,1$. Com base nessas informações, julgue o item seguinte.

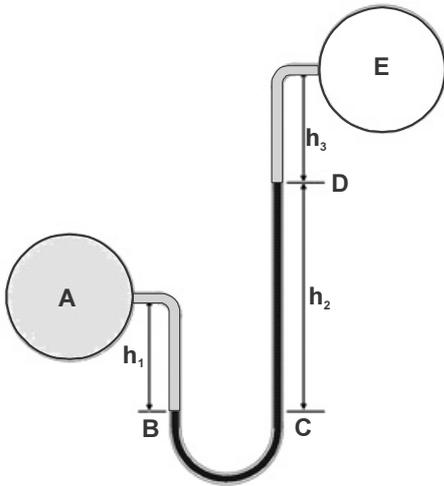
61 Para uma relação $\frac{k_2}{k_1} = 0,4$, a fração molar do componente

1 (y_1) na corrente vapor é igual a 0,33.

RASCUNHO

Tubos de Venturi são amplamente empregados em ambiente industrial para medição de vazões de fluidos em tubulações. Considerando que o bombeamento de um fluido incompressível em estado estacionário tenha densidade igual a 10^3 kg/m^3 e diferença de pressão igual a 2 bar, medida entre dois pontos na tubulação de diâmetros iguais a 20 cm (ponto 1) e 10 cm (ponto 2) e, ainda, que $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$, julgue os itens subsecutivos.

- 62 Medidores de vazão do tipo Venturi e rotâmetros são aplicados exclusivamente para medidas de fluidos incompressíveis.
- 63 A vazão mássica do fluido é igual a $\frac{40\pi}{3} \sqrt{15} \text{ m/s}$.



No esquema acima mostrado, o fluido 1 no reservatório A, de densidade igual a 1.000 kg/m^3 , preenche o tubo manométrico até o ponto B, formando uma coluna (h_1) de altura equivalente a 50 cm. Já o fluido 2, de densidade igual a 3.000 kg/m^3 , forma uma coluna do ponto D ao ponto B de altura (h_2) igual a 1 m. O fluido 3, de densidade igual a 500 kg/m^3 , contido no reservatório E preenche o tubo manométrico até o ponto D, formando uma coluna de 50 cm de altura (h_3), como mostra a figura acima. Além disso, a pressão atmosférica equivale a 1 atm ou $1,0 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ e a aceleração da gravidade equivale a 10 m/s^2 . Com base nessas informações, julgue os itens que se seguem.

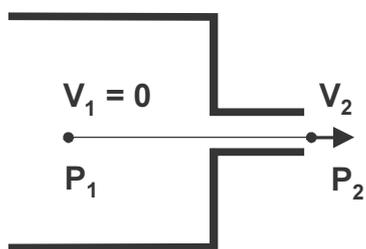
- 64 Considerando-se que, na ausência do reservatório E, a pressão exercida no ponto D é a pressão atmosférica, é correto afirmar que a pressão exercida pelo fluido 1 no reservatório equivale a 1,25 atm.
- 65 A diferença de pressão entre os pontos A (pressão exercida pelo fluido 1 no recipiente A) e E (pressão exercida pelo fluido 3 no recipiente E) equivale a 0,325 atm.

RASCUNHO

Considerando que um fluido de densidade igual a 10^3 kg/m^3 , quando bombeado em dois pontos ao nível do solo com uma velocidade constante de 4 m/s em uma tubulação de 20 cm de diâmetro, exibe uma diferença de pressão de 5 bar (ou $5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$); que o fator de atrito de Darcy na tubulação é igual a 0,05 e que todos os outros fatores de perda por atrito durante o trajeto do ponto 1 ao ponto 2 equivalem a 10, julgue os itens a seguir.

66 A hipótese de regime de escoamento laminar é verdadeira.

67 O comprimento da tubulação é igual a 210 m.



O escoamento isentrópico de um gás ideal através de uma passagem, como o ilustrado na figura acima, pode ser descrito pela seguinte equação: $v_2 = \sqrt{2 \frac{\gamma}{\gamma - 1} \left(\frac{P_1}{\rho_1} - \frac{P_2}{\rho_2} \right)}$, em que P_1 e P_2 são as

pressões nos pontos 1 e 2, respectivamente; ρ_1 e ρ_2 são as densidades nos pontos; e γ corresponde à razão entre as capacidades caloríficas a pressão constante (C_p) e volume constante

(C_v), $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$. A partir dessas informações, julgue os itens

subsequentes.

68 A velocidade de saída (v_2) do gás, assumindo-se fluxo isentrópico, pode ser corretamente representada por

$$v_2 = \sqrt{2 \frac{\gamma}{\gamma - 1} \frac{P_1}{\rho_1} \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} \right]}$$

69 Assumindo-se que $\gamma = 2$, que $P_1 = 4P_2$ e fluxo isentrópico de um gás ideal, o número de Mach equivale a $\sqrt{2}$.

A respeito da operação de reatores nos processos químicos, julgue os itens subsequentes.

- 70 Em reatores não isotérmicos, os balanços de massa e energia estão desacoplados.
- 71 Nos reatores em batelada ideais isotérmicos, as mudanças químicas e térmicas ocorrem espacialmente.
- 72 Reatores tubulares de leito fixo diferem dos reatores tubulares convencionais devido ao fato de esse tipo de leito provocar reações heterogêneas do tipo fluido-fluido.

Sabendo que bombas dos mais variados tipos são amplamente empregadas para o transporte de líquidos através de tubulações, julgue os itens a seguir.

- 73 Bombas dinâmicas trabalham com a transformação de energia mecânica em energia cinética. Elas são equipadas por pás (ou rotor) e, dependendo da direção do fluxo do fluido em relação ao eixo de rotação, podem ser classificadas em dois tipos gerais: de fluxo centrífugo ou radial e de fluxo axial.
- 74 Bombas hidráulicas podem ser classificadas em dois tipos principais: turbobombas e bombas de deslocamento positivo.
- 75 As bombas de deslocamento positivo, caracterizadas pelo confinamento do fluido em uma câmara, cujo volume varia durante o transporte do fluido, são requeridas para o transporte de fluido com vazões mássicas ou volumétricas elevadas.

Considere que um sólido particulado finamente dividido seja recuperado em um sistema de sedimentação com velocidade terminal de $2,0 \times 10^{-1}$ m/s e que as densidades do líquido e do sólido sejam iguais a 1.000 kg/m^3 e 3.000 kg/m^3 , respectivamente. Considere, também, que o líquido apresente viscosidade igual a $\mu = 2 \times 10^{-3} \text{ N}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}$ e que a aceleração da gravidade (g) equivalha 10 m/s^2 . Com base nessas informações, julgue o próximo item.

- 76 O diâmetro de corte do sólido é igual a 0,6 mm.

Em relação a fenômenos de transferência de massa, operações unitárias, fluxogramas e balanços de massa bem como aos equipamentos utilizados nos procedimentos relacionados a tais fenômenos, julgue os itens seguintes.

- 77 Os fluxogramas de processos são desenhos projetivos que representam toda a rede de tubulações, equipamentos e acessórios de uma instalação industrial.
- 78 Os evaporadores de tubos longos apresentam, em geral, tempo curto de permanência na zona de aquecimento, altos coeficientes de calor e grande eficácia energética.
- 79 No sistema de evaporadores de múltiplos efeitos em contracorrente, o vapor com maior poder calorífico é utilizado para o produto cuja concentração seja mais difícil.
- 80 No estado estacionário, os fluxos de massa e energia continuam a existir, embora o valor absoluto desses fluxos não se altere com o tempo.

O diagrama entálpico do ar úmido, ou psicrométrico, relaciona diferentes variáveis que permitem o conhecimento das características do ar úmido, sendo de grande utilidade para cálculos de secagem. Acerca desse assunto, julgue os itens a seguir.

- 81 A umidade absoluta é definida como peso da água na forma de vapor por unidade do peso de ar úmido.
- 82 No diagrama psicrométrico, relacionam-se temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, umidade absoluta e umidade relativa do ar a uma pressão de $101,325 \text{ kPa}$.
- 83 Quanto maior a umidade absoluta, maior será a magnitude da diferença entre a temperatura de bulbo seco e a de bulbo úmido.

Considerando os princípios da difusão mássica e a equação $J_D = -D \frac{\partial c(x,t)}{\partial x}$ da Lei de Fick, para cálculo do fluxo por difusão

J_D de um soluto em uma direção x por um tempo t , julgue os itens que se seguem.

- 84 A difusão está associada ao transporte de massa que ocorre em um sistema em que haja um gradiente de concentração química, e o sinal negativo na lei de Fick indica que o fluxo ocorre de uma região de alta concentração para uma de baixa concentração.
- 85 Na equação da lei de Fick, D é o coeficiente de difusão, e sua unidade é expressa em área/tempo.
- 86 Os processos físicos de difusão são processos físicos termodinamicamente reversíveis.

RASCUNHO

RASCUNHO

O gás natural (GN) e o gás liquefeito de petróleo (GLP) são largamente empregados como combustíveis. O principal componente do GN é o metano (CH₄); já para o GLP, o principal componente é o propano (C₃H₈). Na tabela abaixo, são fornecidos parâmetros físico-químicos dessas substâncias.

composto	metano	propano
¹ ΔH _c ⁰ (kJ · mol ⁻¹)	-890	-2.220
² S ⁰ (J · mol ⁻¹ · K ⁻¹)	186	270
³ C _{p,m} (J · mol ⁻¹ · K ⁻¹)	35,3	73,5
⁴ T _c (K)	191	370

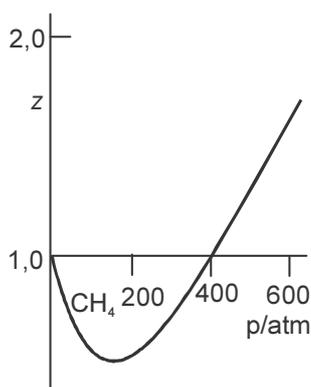
¹entalpia padrão de combustão a 25 °C

²entropia molar padrão a 25 °C

³capacidade calorífica molar a pressão constante

⁴temperatura crítica

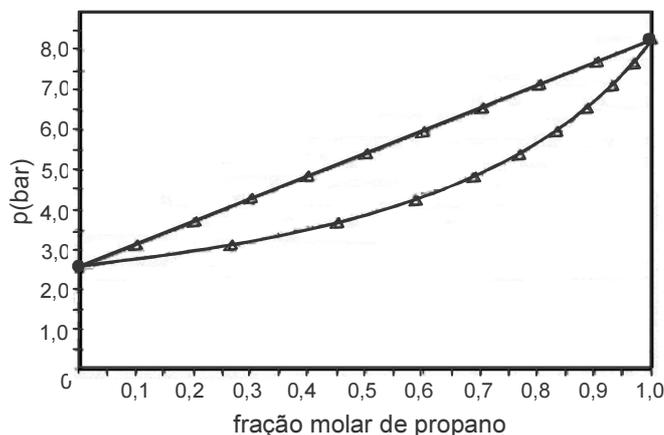
Na figura abaixo, é fornecida a curva do fator de compressibilidade (Z) do propano em função da pressão (p).



Com base nas informações acima, julgue os próximos itens.

- 87 Ao contrário do propano, o metano não pode ser liquefeito à temperatura de 25 °C porque sua temperatura crítica é inferior a esse valor.
- 88 O metano, pressurizado em um tanque a 200 atm, apresenta volume molar maior que apresentaria um gás ideal, visto que há predominância de interações atrativas entre suas moléculas.
- 89 Se as reações de combustão forem completas, o metano, em comparação ao propano, liberará menor quantidade de CO₂ por kJ de energia gerada.
- 90 Considerando uma pressão constante igual a 1,0 bar, é correto afirmar que a quantidade de calor necessária para aquecer certa quantidade de metano de 25 °C a 125 °C será superior à quantidade de calor liberada pela queima dessa mesma quantidade de metano.
- 91 De acordo com a terceira lei da termodinâmica, o propano, por apresentar maior massa molar, possui maior entropia molar que o metano no zero absoluto de temperatura.

RASCUNHO



Considere que a figura acima represente o diagrama pressão-composição para a mistura propano-butano na temperatura de 293 K. Considere, ainda, que o propano e o butano formem uma mistura ideal e que o GLP apresente frações molares de butano e propano iguais a 0,30 e 0,70, respectivamente. A partir dessas informações, julgue os itens subsequentes.

- 92 À temperatura de 20 °C e sob pressão de 6,0 bar, uma mistura com a composição global do GLP apresentará duas fases: fase líquida, com fração molar de propano inferior a 0,70, e fase gasosa, com fração molar de propano superior a 0,70.
- 93 No GLP sob pressão de 2,0 bar e temperatura de 20 °C, as pressões parciais do butano e do propano são iguais a 0,6 bar e 1,4 bar, respectivamente.

O N_2O_4 , muito utilizado como propelente de foguetes, pode ser produzido a partir da oxidação catalítica da amônia. Na fase gasosa, ele estabelece o seguinte equilíbrio:

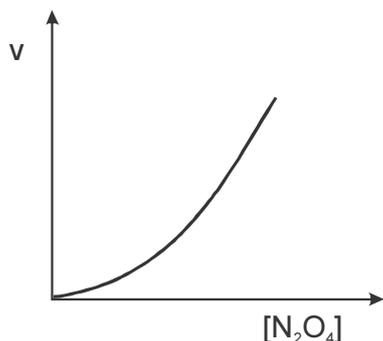


Considere que a reação de decomposição do $N_2O_4(g)$ a $N_2O(g)$ obedeça a uma cinética de primeira ordem; que as entropias padrão molares do $N_2O_4(g)$ e do $N_2O(g)$, a 25 °C, sejam iguais a $304 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ e $240 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, respectivamente; que, na temperatura T , a constante de equilíbrio para a reação acima apresentada seja igual a 5,0; e que os gases apresentem comportamento ideal. Nessas condições, julgue os itens de 94 a 98.

- 94 Se, para uma mistura de $N_2O_4(g)$ e $NO_2(g)$ em equilíbrio, for aumentado o espaço disponível para o gás ocupar, então, quando for atingido o equilíbrio novamente, a proporção do NO_2 na mistura terá aumentado em relação à situação inicial.
- 95 Durante a oxidação catalítica da amônia, o papel do catalisador é o de aumentar a taxa de colisão entre as moléculas dos reagentes, o que eleva a taxa de formação dos produtos.

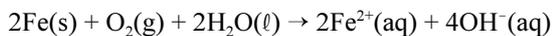
- 96 A figura abaixo representa a velocidade instantânea inicial (v) da reação de decomposição do $N_2O_4(g)$ a $NO_2(g)$ em função da concentração do $N_2O_4(g)$.

RASCUNHO



- 97 À temperatura de 25 °C, a entropia padrão da reação de decomposição do $N_2O_4(g)$ a $N_2O(g)$ será superior a $150 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.
- 98 Se for realizada a volume constante, a reação de decomposição do $N_2O_4(g)$ a $N_2O(g)$ absorverá mais calor do que se for realizada a pressão constante.

A corrosão causa grandes prejuízos devido à deterioração de estruturas metálicas, sendo seu efeito agravado, nas grandes metrópoles, pelo fenômeno da chuva ácida. Na corrosão de uma estrutura de ferro, pode-se considerar que, primeiramente, os átomos do metal sejam oxidados pelo oxigênio dissolvido na água, conforme a reação I abaixo:



Na sequência, o Fe^{2+} pode ainda ser oxidado a Fe^{3+} para formar o $\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$, que se deposita na forma de ferrugem.

Os potenciais padrão de redução (E^0) das semirreações envolvidas na reação I são fornecidos abaixo:



A equação de Nernst é $E = E^0 - \frac{0,0592}{n} \cdot \log Q$, em que

E , E^0 , n e Q são o potencial elétrico, o potencial elétrico padrão, o número de mols de elétrons envolvidos na reação e o quociente reacional, respectivamente.

Considerando as informações acima fornecidas, comportamento ideal para todas as soluções e gases envolvidos e, ainda, que a redução de uma unidade no valor do pH da água corresponda a um decréscimo de dez vezes na atividade dos íons OH^- , julgue os itens subsequentes.

- 99 A redução de uma unidade no pH da água ocasiona acréscimo de 0,20 V no potencial elétrico da reação I.
- 100 O potencial elétrico padrão para a reação I é igual a 0,04 V.

Julgue os itens a seguir, acerca de águas industriais e potáveis.

- 101** O processo de coagulação/floculação, seguido de flotação por ar dissolvido, pode ser utilizado no tratamento de águas naturais com presença de algas e de águas com baixa turbidez e elevada cor.
- 102** O processo de coagulação química, uma das etapas do tratamento de águas para abastecimento público em ciclo completo, consiste na agregação, por meio de agitação, das partículas coloidais presentes na água, o que facilita a remoção dessas partículas pelos processos de sedimentação ou de flotação.
- 103** O tratamento de água para abastecimento público em ciclo completo consiste no processo de coagulação/floculação da água seguido de filtração rápida e desinfecção da água filtrada.
- 104** Os íons de metais pesados dissolvidos na água podem ser removidos por precipitação química com hidróxidos seguida de floculação e filtração.
- 105** A precipitação química com carbonato é uma das técnicas ou métodos utilizados para a remoção de dureza de cálcio em águas para consumo humano e para processos industriais.
- 106** A adsorção com carvão ativado e a filtração rápida constituem tecnologias eficientes para a remoção de sólidos dissolvidos das águas para consumo humano e industriais.

A respeito dos materiais para a indústria química, julgue os itens subsequentes.

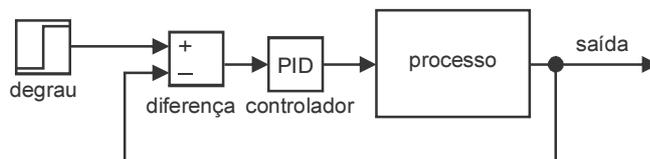
- 107** O aço inoxidável apresenta pouca resistência à formação de incrustações e, por isso, não é utilizado em tubos para troca de calor, visto que os trocadores de calor perderiam a eficiência.
- 108** A corrosão por pites consiste na formação de cavidades de pequeno diâmetro e grande profundidade na peça metálica, podendo chegar a perfurar toda a espessura da peça, com pouca ou nenhuma perda da espessura do material.
- 109** A causa geral da corrosão por pites é a existência, no material, de pequenas áreas altamente catódicas em relação às áreas anódicas adjacentes, o que forma pilhas do tipo passivo-ativo.
- 110** Os metais não ferrosos, como alumínio e ligas, são utilizados na confecção de tanques de armazenamento e outros reservatórios que funcionam sem pressão. O alumínio apresenta como propriedade ser praticamente inerte em relação à atmosfera, ao vapor d'água condensado, bem como às águas alcalinas e ácidas.
- 111** A corrosão eletroquímica ocorre mediante reações em meio seco, o que permite o transporte de cargas elétricas por meio de um eletrólito.
- 112** O ataque químico ocorre mediante reações químicas diretas do material com o meio corrosivo. Essas reações não envolvem a transferência de cargas elétricas por meio de um eletrólito.

A cadeia produtiva industrial é responsável pela obtenção de famílias de produtos de origem petroquímica, os quais servem como matéria-prima em diversos segmentos tecnológicos produtivos. Acerca da utilização de matérias-primas fundamentais para obtenção de produtos químicos, julgue os itens seguintes.

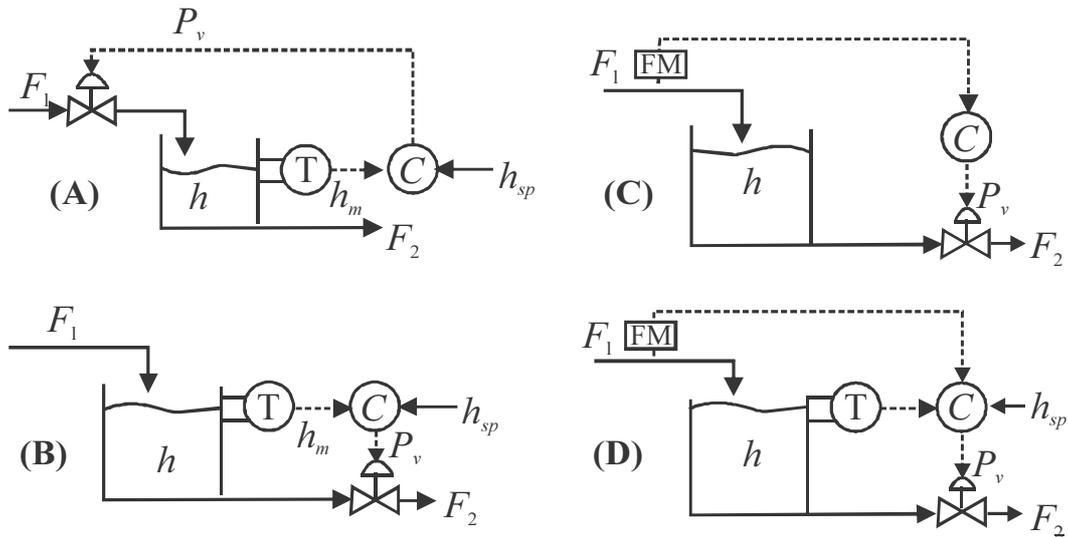
- 113** A reação entre cloro gasoso e eteno gera 1,2-dicloroetano (EDC) e, seguida da reação de oxicloração do EDC, resulta em monocloreto de vinila, que é uma matéria-prima importante para obtenção de policloreto de vinila e de copolímeros de monocloreto de vinila e outros comônômeros vinílicos.
- 114** O craqueamento térmico do petróleo em altas temperaturas e na ausência de catalisadores é responsável pela maior parcela do eteno e do propeno comerciais. Devido à elevada reatividade desses hidrocarbonetos, eles são empregados para síntese de *commodities* poliméricas, como os diversos *grades* de polipropileno e polietileno.

Controladores PID, caracterizados por apresentar ações proporcional (P), integral (I) e derivativa (D), são amplamente empregados para controle de processos em indústrias químicas. Diferentes métodos de sintonia são aplicados a controladores PID, entre eles, os de Ziegler-Nichols. Considerando essas informações, julgue os próximos itens.

- 115** O primeiro método de sintonia de PID proposto por Ziegler-Nichols para estimar os valores do ganho proporcional, do tempo integral e do tempo derivativo baseia-se na resposta do processo a uma perturbação do tipo degrau, como mostrado na figura abaixo.



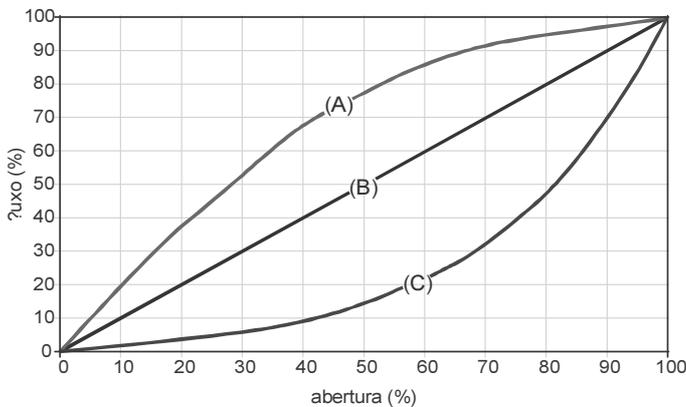
- 116** Um dos métodos propostos por Ziegler-Nichols consiste em deixar o sistema em malha fechada, utilizando apenas a ação de controle proporcional. Dessa forma, o ganho proporcional do controlador é aumentado até que uma oscilação de amplitude constante seja observada. Nesse ponto, o ganho proporcional é denominado ganho crítico, pois ganhos maiores levariam à instabilidade. O ganho proporcional, após a sintonia do controlador, está associado ao ganho crítico, ao passo que o tempo integral e o tempo derivativo estão relacionados ao período da oscilação.



As figuras acima ilustram diferentes estratégias de controle de nível de líquido em um tanque, em que F_1 e F_2 são, respectivamente, os fluxos de entrada e saída do tanque, h é a altura do nível de líquido no tanque, h_m representa o nível de líquido medido, h_{sp} é o *setpoint* do nível de líquido, P_v representa o sinal de pressão, C representa o controlador, T representa o transmissor e FM é um dispositivo para medir o fluxo do líquido. Com base nessas informações, julgue os itens a seguir.

- 117 A figura B representa uma estratégia de controle combinada *feedforward/feedback*.
- 118 A figura D representa uma estratégia de controle *feedforward*, que é caracterizada pela ação antecipada no sistema.
- 119 As figuras A e C representam estratégias de controle *feedback*, cuja desvantagem é a resposta lenta a eventuais distúrbios no sistema.

RASCUNHO



Em instrumentação de processo, as válvulas de controle são amplamente empregadas como elementos finais de controle de processo. Para o dimensionamento de uma válvula para fluidos

incompressíveis, pode-se utilizar a equação $f = C_v \xi \sqrt{\frac{\Delta P}{g_s}}$, em

que f representa a vazão do fluido, C_v é o coeficiente de vazão da válvula, ΔP é o diferencial de pressão na válvula e g_s é a gravidade específica do fluido. A figura acima representa curvas características de uma válvula de controle, que correlaciona uma função característica do tipo de fluxo (ξ) com a abertura da válvula (l). Com base nessas informações, julgue o item abaixo.

- 120 A curva A representa o fluxo característico conhecido como igual percentual, a curva B representa abertura do tipo linear e a curva C representa rápida abertura.