



MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR  
INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL – INMETRO

CONCURSO PÚBLICO

CARGO

24

PESQUISADOR-TECNOLOGISTA EM  
METROLOGIA E QUALIDADE

ÁREA: METROLOGIA EM DINÂMICA DOS FLUIDOS

CADERNO DE PROVAS - PARTE II  
CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS E DISCURSIVA

LEIA COM ATENÇÃO AS INSTRUÇÕES ABAIXO.

- 1 Nesta parte II do seu caderno de provas, confira atentamente os seus dados pessoais e os dados identificadores de seu cargo/área transcritos acima com o que está registrado em sua **folha de respostas** e em seu **caderno de textos definitivos da prova discursiva**. Confira também o seu nome, o nome e número de seu cargo/área no rodapé de cada página numerada desta parte II de seu caderno de provas. Caso o caderno esteja incompleto, tenha qualquer defeito, ou apresente divergência quanto aos seus dados pessoais ou aos dados identificadores de seu cargo/área, solicite ao fiscal de sala mais próximo que tome as providências cabíveis, pois não serão aceitas reclamações posteriores nesse sentido.
- 2 Quando autorizado pelo chefe de sala, no momento da identificação, escreva, no espaço apropriado da folha de respostas, com a sua caligrafia usual, a seguinte frase:  
*A cultura é o que subsiste quando se esquece tudo o que se tinha aprendido.*

**OBSERVAÇÕES**

- Não serão objeto de conhecimento recursos em desacordo com o estabelecido em edital.
- Informações adicionais: telefone 0(XX) 61 3448-0100; Internet — [www.cespe.unb.br](http://www.cespe.unb.br).
- É permitida a reprodução deste material apenas para fins didáticos, desde que citada a fonte.

## CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

### QUESTÃO 41

A mecânica dos fluidos considera que os fluidos são materiais totalmente contínuos e livres de vazios, permitindo que, a sua estrutura molecular seja desconsiderada, o que simplifica a sua descrição matemática. Considerando a hipótese de que os fluidos são meios contínuos, assinale a opção correta.

- A Em um escoamento qualquer, uma partícula fluida, ou ponto material, é uma molécula isolada da substância fluida.
- B Em um escoamento qualquer, se  $x$  refere-se à posição em relação a um referencial Euleriano, então a velocidade  $\mathbf{u}(x, t)$  do fluido nessa posição refere-se à velocidade da molécula de fluido que, no instante  $t$ , ocupa a posição  $x$ .
- C Nos gases, o caminho livre médio entre moléculas é muito maior que nos líquidos. Então, a hipótese de meio contínuo nunca pode ser aplicada aos gases.
- D Do ponto de vista estritamente teórico, ao se considerar um fluido como meio contínuo, permite-se que, durante um escoamento, uma porção arbitrária de fluido, delimitada por uma única superfície de controle fechada, possa ser dividida em duas porções separadas, distintas e isoladas uma da outra.
- E A massa específica  $\rho$  de um fluido, avaliada em um ponto material  $\mathbf{x}$ , é definida por  $\rho(\mathbf{x}) = \lim_{\delta V \rightarrow \delta V'} \frac{\delta m}{\delta V}$ , em que  $\delta m$  é a massa de fluido contida em um volume  $\delta V$ , definido em torno da posição  $\mathbf{x}$ , e  $\delta V'$  é um volume, também em torno de  $\mathbf{x}$ , arbitrariamente pequeno em relação às dimensões macroscópicas do escoamento e muitas vezes maior que o caminho livre médio das moléculas de fluido.

### QUESTÃO 42

O campo de velocidade de um escoamento bidimensional é definido por  $V(x, y, t) = \frac{x}{1+t} \vec{i} - \frac{y}{1+t} \vec{j}$ , em que  $t$  representa o tempo,  $x$  e  $y$  são as coordenadas de um ponto  $P$  em um sistema de coordenadas cartesianas  $xOy$ , e  $\vec{i}$  e  $\vec{j}$  são as direções unitárias, paralelas às direções de  $Ox$  e  $Oy$ , respectivamente. Com base nessas informações, é correto afirmar que

- A o escoamento em questão é compressível.
- B as linhas de corrente são diferentes das trajetórias das partículas em qualquer escoamento transiente.
- C a velocidade de um escoamento, medida a partir de um referencial Euleriano, é diferente da velocidade medida a partir de um referencial Lagrangeano.
- D as trajetórias do referido escoamento ocorrem em curvas do tipo  $yx = C$ , em que  $C$  é uma constante que depende da posição inicial da partícula fluida que desenvolve a trajetória.
- E as linhas de corrente e as trajetórias do referido escoamento são curvas diferentes.

### QUESTÃO 43

De acordo com a teoria de Cauchy para o estado de tensões de um fluido, a tensão  $\mathbf{t}$ , sobre uma superfície qualquer, interna a um escoamento, é expressa por  $\mathbf{t} = \mathbf{n} \cdot \boldsymbol{\sigma}$ , em que  $\mathbf{n}$  é o vetor normal unitário exterior à superfície e  $\boldsymbol{\sigma}$  é um tensor de segunda ordem, conhecido como tensor de tensões. Acerca do campo de tensões em um fluido, assinale a opção correta.

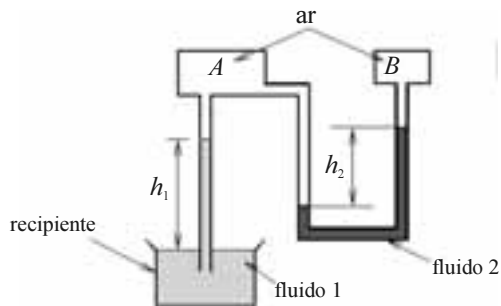
- A Em um escoamento qualquer, os elementos da diagonal do tensor de tensões são iguais e equivalentes ao valor da pressão mecânica em um ponto do escoamento.
- B Em um fluido parado, ou em movimento de corpo rígido, os elementos fora da diagonal do tensor de tensões são todos nulos.
- C Em um fluido newtoniano, as tensões em um ponto qualquer do escoamento são proporcionais à deformação do fluido nesse ponto.
- D Durante o escoamento de um fluido qualquer, quando não há torques internos induzidos, o tensor de tensões pode ser uma matriz assimétrica.
- E A tensão sobre uma superfície qualquer interna a um escoamento é sempre paralela ao vetor normal à superfície.

### QUESTÃO 44

A estática dos fluidos estuda a variação da pressão ao longo de fluidos em repouso. Com relação aos princípios e conceitos relativos à estática dos fluidos, assinale a opção correta.

- A A equação geral da estática relaciona a pressão em um fluido com a força de campo percebida por esse fluido, sempre de forma que o gradiente de pressão seja perpendicular à direção da força de campo.
- B A pressão exercida por um fluido em repouso depende da profundidade, da massa específica e da viscosidade do fluido.
- C A força exercida por um fluido em repouso sobre uma superfície submersa é um vetor paralelo à superfície.
- D Para um fluido em repouso sob a ação de uma força de campo por unidade de volume,  $\mathbf{g}$ , a equação geral da hidrostática é dada por  $\nabla p = \rho \mathbf{g}$ , em que a massa específica,  $\rho$ , é, necessariamente, constante.
- E A pressão,  $p$ , através de um fluido que gira como um corpo rígido, solidariamente a um recipiente cilíndrico aberto, com velocidade angular constante, pode ser determinada por  $p = p_{atm} + \rho g h$ , em que  $p_{atm}$  é a pressão atmosférica local,  $\rho$  é a massa específica do fluido,  $g$  é a aceleração da gravidade e  $h$  é a profundidade medida a partir da superfície, em direção ao fundo do recipiente.

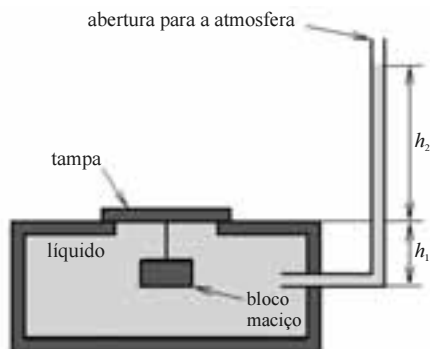
## QUESTÃO 45



Na montagem experimental representada na figura acima, os fluidos 1 e 2 estão em repouso e têm massas específicas  $\rho_1$  e  $\rho_2$ , respectivamente. Desprezando-se a massa específica do ar em relação às massas específicas dos fluidos 1 e 2, assinale a opção correta.

- A Se as pressões em  $A$  e  $B$  forem as mesmas, então  $h_1$  será igual a  $h_2$ .
- B A pressão em  $A$  é necessariamente menor que a pressão em  $B$ .
- C A pressão no recipiente  $A$  é necessariamente maior que a pressão atmosférica.
- D A pressão atmosférica é necessariamente menor que a pressão no recipiente  $B$ .
- E A diferença entre as pressões nos recipientes  $A$  e  $B$  é igual a  $\rho_2 h_2 g$ .

## QUESTÃO 46

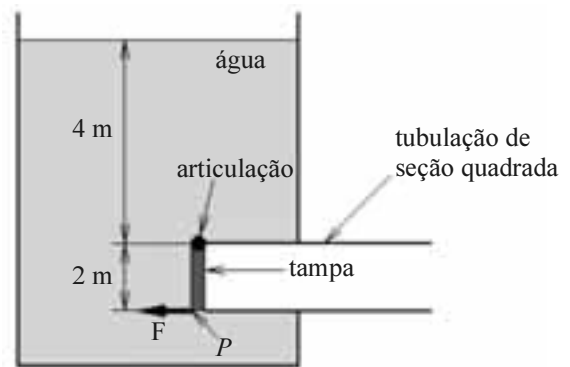


Na situação ilustrada acima, um bloco maciço está submerso em um líquido estático de massa específica  $\rho_{liq}$  e amarrado a uma tampa removível de massa desprezível, por meio de um fio inextensível, de massa e volumes também desprezíveis. O recipiente comunica-se com a atmosfera por meio de um tubo aberto, conectado à sua parede lateral. A área da abertura, selada pela tampa, é  $A_s$ , e a área total da tampa, em contato com a atmosfera, é  $A_T$ .

Com base nessas informações, assinale a opção correta.

- A A força exercida pelo líquido sobre a tampa tem magnitude igual a  $(\rho_{liq} g h_2 + p_{atm}) A_s$ .
- B A tração do cabo que conecta o bloco à tampa não depende do volume do bloco.
- C Se a área da abertura do recipiente,  $A_s$ , for aumentada, então a força normal resultante,  $N$ , exercida pelas paredes do recipiente sobre a tampa, também aumentará.
- D Quanto maior for a massa específica do líquido contido no recipiente, maior será a força normal  $N$  exercida sobre a tampa pelas paredes do recipiente.
- E Na situação ilustrada pela figura, considerando-se  $h_2 > 0$ , é correto afirmar que, se as massas específicas do líquido e do bloco forem iguais, a tampa permanecerá fechada.

## QUESTÃO 47



Um reservatório de água possui uma tubulação de saída com uma tampa quadrada articulada de lado igual a 2 m, conforme ilustra a figura acima. A parte superior do reservatório e a seção de saída da tubulação estão em contato com a atmosfera. Com base na figura e nessas informações, assinale a opção correta, considerando que a massa específica da água seja de  $1.000 \text{ kg.m}^{-3}$  e que a aceleração da gravidade seja igual a  $10 \text{ m.s}^{-2}$ .

- A A força  $F$  que deve ser aplicada no ponto  $P$ , necessária para abrir a tampa da tubulação, tem magnitude igual a 100 kN.
- B A força  $F$  que deve ser aplicada no ponto  $P$ , necessária para abrir a tampa da tubulação, é igual a 200 kN.
- C A força resultante que a água exerce sobre a tampa da tubulação é igual a 100 kN.
- D O ponto de aplicação da força resultante da ação da pressão exercida pela água sobre a tampa está localizado na linha de centro da tampa, à metade de sua altura.
- E O ponto de aplicação da força resultante da ação da pressão exercida pela água sobre a tampa está localizado no ponto  $P$ .

## RASCUNHO

## Textos para as questões 48 e 49

## Texto I

Os princípios de conservação da massa, quantidade de movimento e energia, escritos na forma integral para um volume de controle, permitem que análises globais de problemas de mecânica dos fluidos possam ser realizadas, sem a necessidade de se conhecer detalhadamente o escoamento. Esses princípios podem ser escritos pelas equações I, II e III abaixo, em que o volume de controle,  $V_c$ , é delimitado pela superfície de controle,  $S_c$ .

$$\text{I} \quad \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{V_c} \rho \, dV + \iint_{S_c} \rho \mathbf{u} \cdot \mathbf{n} \, dS = 0,$$

$$\text{II} \quad \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{V_c} \rho \mathbf{u} \, dV + \iint_{S_c} \rho \mathbf{u} (\mathbf{u} \cdot \mathbf{n}) \, dS = \mathbf{F},$$

$$\text{III} \quad \frac{\partial}{\partial t} \iiint_{V_c} \rho e_T \, dV + \iint_{S_c} \rho (e_T + pv)(\mathbf{u} \cdot \mathbf{n}) \, dS = \dot{Q} - \dot{W},$$

em que

$\rho$ : massa específica;

$\mathbf{u}$ : vetor velocidade;

$\mathbf{n}$ : vetor unitário normal à  $S_c$ , exterior;

$e_T = e_i + \frac{u^2}{2} + gz$ : energia total do escoamento, por unidade de massa;

$e_i$ : energia interna por unidade de massa;

$\frac{u^2}{2}$ : energia cinética por unidade de massa;

$g$ : aceleração da gravidade;

$z$ : coordenada paralela e oposta ao sentido do campo gravitacional;

$p$ : pressão estática;

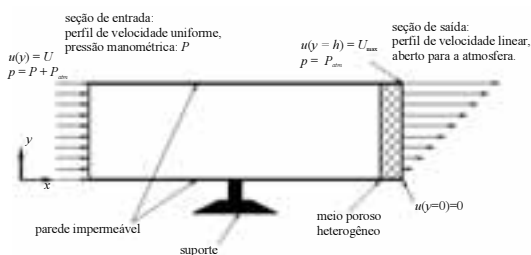
$v$ : volume específico;

$\mathbf{F}$ : força total exercida sobre o fluido no volume de controle;

$\dot{Q}$ : taxa de transferência de calor adicionada ao volume de controle;

$\dot{W}$ : taxa de trabalho total realizado pelo volume de controle, a menos do trabalho realizado pela superfície de controle.

## Texto II



Um fluido invíscido e de massa específica constante escoam através de um duto de seção quadrada de lado  $h$ , engastado em um suporte rígido, como ilustra a figura acima.

Considere que o escoamento tenha perfil de velocidade uniforme na entrada, onde a pressão estática manométrica é igual a  $P$ , e que, imediatamente antes da seção de saída, haja um meio poroso heterogêneo que faz que o perfil de velocidade seja linear, com velocidade nula na posição  $y = 0$  e velocidade máxima,  $U_{\max}$ , na posição  $y = h$ . Considere, ainda, que, na seção de saída, o duto seja aberto para a atmosfera.

## QUESTÃO 48

Com base nessas informações, se o escoamento for permanente, então a razão entre a velocidade máxima na seção de saída e a velocidade de entrada,  $\frac{U_{\max}}{U}$ , é igual a

- A  $\frac{1}{4}$ .  
 B  $\frac{1}{2}$ .  
 C 1.  
 D 2.  
 E 4.

## QUESTÃO 49

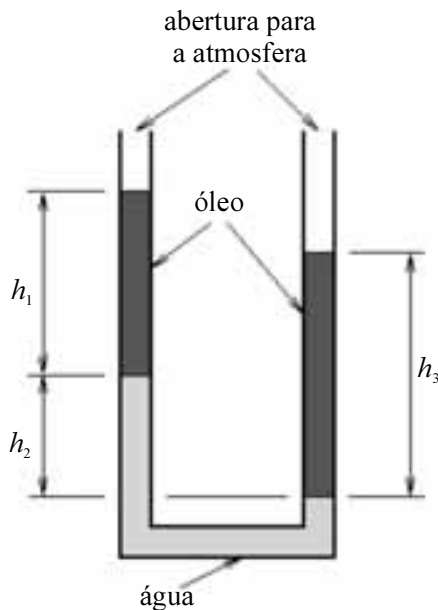
Considerando as informações apresentadas, é correto afirmar que a intensidade da força horizontal que o suporte precisa realizar sobre o duto para mantê-lo parado é igual a

- A  $\rho h^2 |U_{\max}^2 - U^2 - Ph^2|$ .  
 B  $\rho h^2 \left| \frac{U_{\max}^2}{2} - U^2 - Ph^2 \right|$ .  
 C  $\rho h^2 \left| \frac{U_{\max}^2}{3} - U^2 - Ph^2 \right|$ .  
 D  $\rho h^2 \left| \frac{U_{\max}^2}{4} - U^2 - Ph^2 \right|$ .  
 E 0.

## RASCUNHO

## QUESTÃO 50

A medição da massa específica,  $\rho_o$ , de determinado óleo pode ser feita por meio da utilização de um tubo vertical em U, com uma quantidade de água cuja massa específica,  $\rho_a$ , é conhecida. Quantidades diferentes do óleo são depositadas nos dois braços do tubo em U, e as alturas das colunas de óleo e água podem ser utilizadas para se determinar  $\rho_o$ . Uma ilustração desse equipamento é mostrada na figura a seguir.



Considerando-se a figura acima, as informações do texto acima, e os princípios da estática dos fluidos, é correto afirmar que a massa específica do óleo, relativa à da água,  $\frac{\rho_o}{\rho_a}$ , é expressa por

- A  $\frac{h_1}{h_3}$ .
- B  $\frac{h_1}{h_2}$ .
- C  $\frac{h_3}{h_1 - h_2}$ .
- D  $\frac{h_3 - h_1}{h_2}$ .
- E  $\frac{h_2}{h_3 - h_1}$ .

## QUESTÃO 51

O princípio da conservação da massa para um escoamento monofásico é expresso pela equação da continuidade. Essa equação pode ser escrita na forma diferencial como  $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0$ , em que  $\rho$  é a massa específica do fluido e  $\mathbf{u}$  é o vetor velocidade do escoamento. Considerando o princípio da conservação da massa, a definição de derivada material, ou substantiva, dada por  $\frac{D}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla$ , e os conceitos relativos à análise diferencial das leis de conservação da mecânica dos fluidos, assinale a opção correta.

- A Utilizando-se a definição de derivada material, ou substantiva, a equação da continuidade geral pode ser escrita na forma  $\frac{D\rho}{Dt} = 0$ .
- B A equação da continuidade é válida somente para fluidos incompressíveis.
- C Sendo o volume específico definido como  $v = \frac{1}{\rho}$ , a equação da continuidade pode ser escrita, em termos de  $v$ , na forma  $\frac{Dv}{Dt} = \nabla \cdot \mathbf{u}$ .
- D De acordo com a equação da continuidade escrita em termos do volume específico, é possível interpretar o divergente do campo de velocidade,  $\nabla \cdot \mathbf{u}$ , como sendo igual à taxa de variação volumétrica local, por unidade de volume, de um escoamento.
- E A equação da continuidade só é válida para fluidos newtonianos.

RASCUNHO

## QUESTÃO 52

As equações de Navier-Stokes expressam a segunda lei de Newton para o movimento dos fluidos. Trata-se de um conjunto de equações de grande interesse prático e teórico, fornecendo desde soluções para escoamentos através de tubulações até modelos complexos para o movimento das galáxias. Em muitos casos, essas equações podem ser escritas na forma compacta como

$$\rho \frac{D\mathbf{u}}{Dt} = -\nabla p + \mu \nabla^2 \mathbf{u} + \rho \mathbf{g},$$

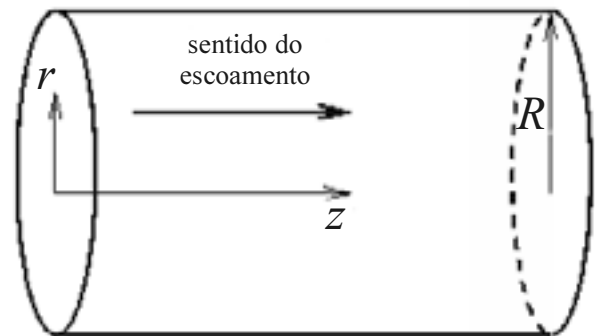
em que  $\rho$  é a massa específica do

fluido,  $\mu$  é a sua viscosidade dinâmica,  $p$  é a pressão,  $\mathbf{u}$  é o vetor velocidade,  $\mathbf{g}$  é uma força de campo por unidade de volume e o símbolo  $\frac{D}{Dt}$  representa a derivada temporal, medida por um

observador que translada junto com uma partícula fluida. Em relação às equações de Navier-Stokes e ao princípio da conservação da quantidade de movimento aplicado à mecânica dos fluidos, assinale a opção correta.

- Ⓐ A equação acima é válida para um fluido compressível.
- Ⓑ No caso de um escoamento permanente, a equação acima reduz-se a  $-\nabla p + \mu \nabla^2 \mathbf{u} + \rho \mathbf{g} = 0$ .
- Ⓒ A equação acima é válida apenas para fluidos newtonianos e incompressíveis.
- Ⓓ Os efeitos associados à inércia do escoamento, isto é, à taxa de variação do momento linear por unidade de massa, são computados na forma compacta das equações de Navier-Stokes pelo termo  $\mu \nabla^2 \mathbf{u}$ .
- Ⓔ A equação de conservação do momento linear para fluidos não-newtonianos incompressíveis em geral é praticamente idêntica à forma compacta das equações de Navier-Stokes, diferindo desta apenas pelo fato de que a viscosidade dinâmica deve aparecer dentro do operador laplaciano.

## QUESTÃO 53



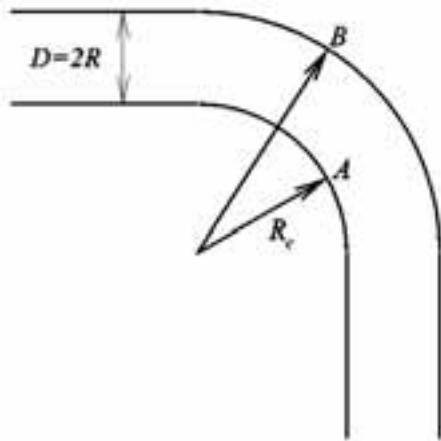
Considerando o escoamento de um fluido incompressível através de uma tubulação horizontal, reta, de seção circular uniforme, e raio  $R$ , em regime permanente, plenamente desenvolvido e laminar, como ilustra a figura acima, assinale a opção correta.

- Ⓐ A tensão de cisalhamento,  $\tau_{rz}$ , está em balanço com o gradiente de pressão ao longo da tubulação,  $\frac{\partial p}{\partial z}$ , de forma que
 
$$\tau_{rz} = 4r \frac{\partial p}{\partial z}.$$
- Ⓑ A tensão de cisalhamento,  $\tau_{rz}$ , está em balanço com o gradiente de pressão,  $\frac{\partial p}{\partial z}$ , ao longo da tubulação, de forma que
 
$$\tau_{rz} = 2r \frac{\partial p}{\partial z}.$$
- Ⓒ A tensão de cisalhamento,  $\tau_{rz}$ , está em balanço com o gradiente de pressão,  $\frac{\partial p}{\partial z}$ , ao longo da tubulação, de forma que
 
$$\tau_{rz} = r \frac{\partial p}{\partial z}.$$
- Ⓓ A tensão de cisalhamento,  $\tau_{rz}$ , está em balanço com o gradiente de pressão,  $\frac{\partial p}{\partial z}$ , ao longo da tubulação, de forma que
 
$$2\tau_{rz} = r \frac{\partial p}{\partial z}.$$
- Ⓔ A pressão e a velocidade média ao longo da tubulação são constantes.

## QUESTÃO 54

## RASCUNHO

Um fluido incompressível e invíscido escoava através de uma tubulação horizontal de seção circular uniforme, de raio  $R$ . A tubulação é composta por um trecho reto, seguido de um joelho perfeitamente circular que realiza uma curva de  $90^\circ$ . O raio de curvatura interno da curva é igual a  $R_c$ . A figura abaixo mostra um corte horizontal, feito no plano médio da tubulação.



Considere que o escoamento seja uniforme com velocidade  $U$ , ao longo de toda a tubulação. Nessas condições, considerando apenas o escoamento no trecho em curva, a diferença de pressão,  $P_B - P_A$ , entre um ponto qualquer  $A$ , posicionado na parede interna da tubulação, na linha de menor raio de curvatura e um ponto qualquer  $B$ , posicionado na parede interna da tubulação, na linha de maior raio de curvatura, será dada por

- A  $P_B - P_A = \rho U^2 \ln \left( 1 + \frac{R}{R_c} \right)$ .  
 B  $P_B - P_A = \rho U^2 \ln \frac{R}{R_c}$ .  
 C  $P_B - P_A = \rho U^2 \ln \left( 1 + \frac{R_c}{R} \right)$ .  
 D  $P_B - P_A = \rho U^2 \ln \left( 1 - \frac{R}{R_c} \right)$ .  
 E  $P_B - P_A = 0$ .

**Texto para as questões de 55 a 58**

Na teoria de escoamento potencial bi-dimensional,  $\mathbf{u}(x, y, t) = u(x, y, t)\vec{i} + v(x, y, t)\vec{j}$  representa o vetor velocidade,  $\vec{i}$  e  $\vec{j}$  são vetores unitários ortogonais, paralelos às direções dos eixos coordenados cartesianas  $Ox$  e  $Oy$ ,  $\phi$  é o potencial escalar de velocidade e  $\psi$  é a função de corrente do escoamento.

**QUESTÃO 55**

A partir de fundamentos e definições básicas da teoria de escoamento potencial, assinale a opção correta.

- A Se  $\nabla \times \mathbf{u} = \mathbf{0}$ , então  $\nabla^2 \phi = 0$ .
- B Se  $\nabla \times \mathbf{u} = \mathbf{0}$ , então  $u = \frac{\partial \psi}{\partial y}$  e  $v = -\frac{\partial \psi}{\partial x}$ .
- C Se  $\nabla \cdot \mathbf{u} = \mathbf{0}$ , então  $\nabla^2 \psi = 0$ .
- D Se  $\nabla \cdot \mathbf{u} = \mathbf{0}$ , então  $u = \frac{\partial \phi}{\partial x}$  e  $v = \frac{\partial \phi}{\partial y}$ .
- E Se  $\nabla \cdot \mathbf{u} = \mathbf{0}$  e  $\nabla \times \mathbf{u} = \mathbf{0}$ , simultaneamente, então  $\nabla^2 \phi = 0$ , e  $\nabla^2 \psi = 0$ , simultaneamente.

**QUESTÃO 56**

Considerando o escoamento descrito pelo campo de velocidade  $\mathbf{u} = (x^2 + y^2)\vec{i} + (3 + 2xy)\vec{j}$ , assinale a opção correta.

- A O escoamento é incompressível.
- B Um possível potencial de velocidade para o escoamento é  $\phi(x, y) = \frac{x^3}{3} + xy^2 + 3y + 1$ .
- C Um possível potencial de velocidade para o escoamento é  $\phi(x, y) = x^2 + y^2 + 2xy$ .
- D Um possível potencial de velocidade para o escoamento é  $\phi(x, y) = \frac{x^3}{3} + \frac{y^3}{3} + 3y + xy^2$ .
- E O escoamento não é potencial.

**Texto para as questões 57 e 58**

Considere os seguintes potenciais de velocidade:

$$\phi_1 = Ux,$$

$$\phi_2 = \frac{q}{4\pi} \ln[(x+1)^2 + y^2]$$

$$\phi_3 = \frac{-q}{4\pi} \ln[(x-1)^2 + y^2], \text{ em que } q > 0.$$

**QUESTÃO 57**

Acerca dos potenciais de escoamentos elementares, assinale a opção correta.

- A A função  $\phi_1$  é um potencial de velocidade de um escoamento uniforme, paralelo ao eixo  $y$ .
- B A função  $\phi_2$  é um potencial de velocidade de um vórtice potencial, cujo centro está no ponto de coordenadas  $(-1, 0)$ .
- C A função  $\phi_3$  é um potencial de velocidade de uma fonte, cujo centro está no ponto de coordenadas  $(1, 0)$ .
- D A função  $\phi = \phi_1 + \phi_2 + \phi_3$  não é, necessariamente, uma função potencial.
- E O escoamento formado por  $\phi = \phi_1 + \phi_2 + \phi_3$  é o potencial de um escoamento uniforme ao redor de um cilindro.

**QUESTÃO 58**

Se  $q = 3\pi U$ , então, nesse caso, o escoamento formado pela soma dos potenciais  $\phi_1$ ,  $\phi_2$ , e  $\phi_3$  tem dois pontos de estagnação localizados em

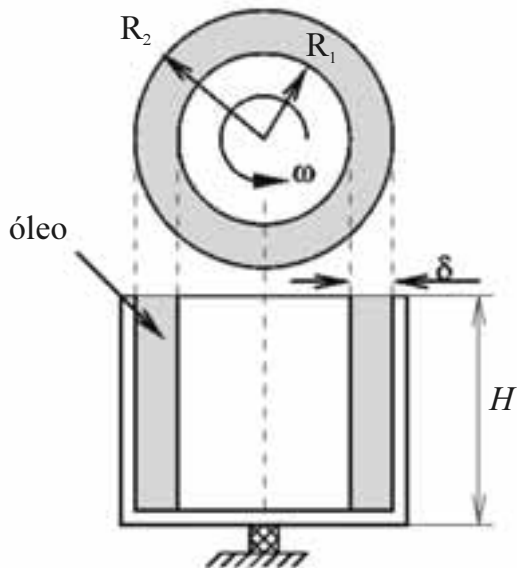
- A  $x = \pm 1$ .
- B  $x = \pm 2$ .
- C  $x = \pm 3$ .
- D  $x = \pm 4$ .
- E  $x = \pm 5$ .



## QUESTÃO 59

## RASCUNHO

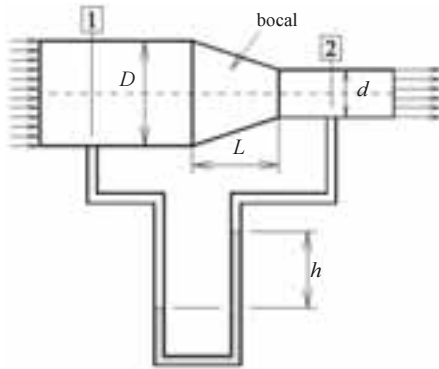
Um dispositivo muito utilizado para se medir a viscosidade de diversos fluidos emprega o escoamento entre dois cilindros concêntricos de diâmetros diferentes. Os cilindros, um de raio externo  $R_2$  e outro de raio interno  $R_1$ , ambos de altura  $H$ , são montados como mostrado na figura abaixo.



O espaço anular é preenchido com um óleo newtoniano, cuja viscosidade dinâmica,  $\mu$ , se deseja determinar. O cilindro interno é posto a girar com velocidade angular constante  $\omega$ , enquanto o cilindro externo é mantido fixo, de maneira que um escoamento se estabeleça no espaço anular. O torque  $T$ , necessário para manter o cilindro interno girando, é medido e, a partir de seu valor, a viscosidade dinâmica do óleo é determinada. Considerando-se que a diferença entre os raios,  $\delta = R_2 - R_1$ , seja pequena o suficiente para que o perfil de velocidade seja linear, admitindo-se que o escoamento seja laminar e esteja em regime permanente, e desconsiderando-se os efeitos da tensão de cisalhamento entre o fluido e o fundo do cilindro de maior raio, é correto afirmar que a relação entre viscosidade e torque é dada por

- A  $\mu = \frac{T\delta}{2\pi\omega R_1^2 R_2 H}$ .
- B  $\mu = \frac{T\delta}{2\pi\omega R_2^3 H}$ .
- C  $\mu = \frac{T\delta}{2\pi\omega R_1^3 H}$ .
- D  $\mu = \frac{T\delta}{2\pi\omega R_1^2 H^2}$ .
- E  $\mu = \frac{T\delta}{2\pi\omega R_2^2 R_1 H}$ .

## Texto para as questões de 60 a 62



Um fluido incompressível e invíscido, de massa específica  $\rho$ , escoo no interior de uma tubulação horizontal de área de seção transversal variável, como ilustra a figura acima. Um tubo em U é ligado exatamente nas posições 1 e 2. O fluido no interior do tubo tem massa específica  $\rho_m$  e é imiscível com o fluido que escoo pela tubulação. Nas posições 1 e 2, indicadas na figura, as áreas das seções transversais e as velocidades do escoamento são iguais a  $A_1$ ,  $U_1$  e  $A_2$ ,  $U_2$ , respectivamente. A aceleração da gravidade local é  $g$ ; o regime do escoamento é permanente; o perfil de velocidade em cada seção do escoamento é uniforme e a vazão volumétrica através da tubulação é  $Q$ .

## QUESTÃO 60

Considerando-se a altura  $h$ , indicada no tubo em U, a vazão volumétrica  $Q$  através da tubulação é corretamente expressa por

- A  $Q = \sqrt{gh \frac{\rho_m}{\rho} \frac{A_1^2 A_2^2}{A_1^2 - A_2^2}}$ .
- B  $Q = \sqrt{gh \frac{\rho}{\rho_m} \frac{A_1^2 A_2^2}{2(A_1^2 - A_2^2)}}$ .
- C  $Q = \sqrt{gh \frac{\rho_m}{\rho} \frac{A_1^2 A_2^2}{2(A_1^2 - A_2^2)}}$ .
- D  $Q = \sqrt{2gh \frac{\rho}{\rho_m} \frac{A_1^2 A_2^2}{A_1^2 - A_2^2}}$ .
- E  $Q = \sqrt{2gh \frac{\rho_m}{\rho} \frac{A_1^2 A_2^2}{A_1^2 - A_2^2}}$ .

## QUESTÃO 61

Acerca do movimento realizado por uma partícula fluida que atravessa o bocal passando exatamente pela linha de centro da tubulação, assinale a opção correta.

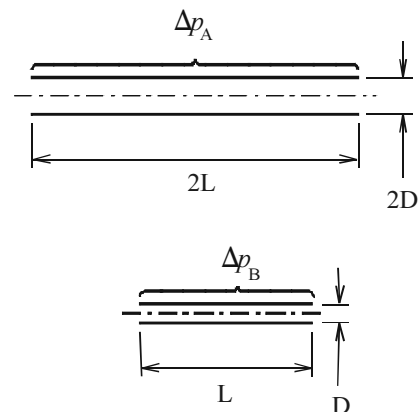
- A A velocidade da partícula é constante.
- B A velocidade da partícula na entrada do bocal é maior do que a velocidade da partícula na saída do bocal.
- C A aceleração da partícula na entrada do bocal é maior do que a aceleração da partícula na saída do bocal.
- D A aceleração da partícula na entrada do bocal é menor do que a aceleração da partícula na saída do bocal.
- E O gradiente de pressão é constante ao longo do bocal.

## QUESTÃO 62

Considere uma partícula escoando através do bocal, exatamente na linha de centro do escoamento. Nessa situação, se a variação da área do bocal é dada por  $A(x) = A_1 - \alpha x$ , em que  $\alpha = \frac{A_1 - A_2}{L}$ , então a aceleração,  $a$ , da partícula, exatamente na entrada do bocal, é expressa por

- A  $a = \frac{\alpha Q^2}{A_1^3}$ .
- B  $a = \frac{\alpha Q^2}{2A_1^3}$ .
- C  $a = \frac{\alpha Q^2}{4A_1^3}$ .
- D  $a = \frac{2\alpha Q^2}{A_1^3}$ .
- E  $a = \frac{4\alpha Q^2}{A_1^3}$ .

## QUESTÃO 63



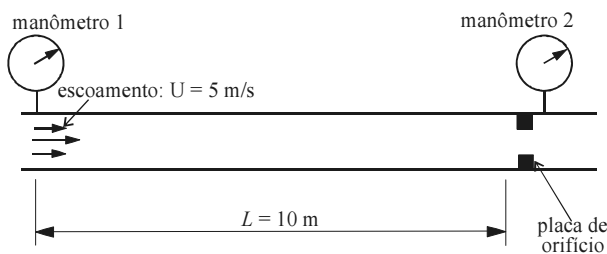
Nos trechos de tubos circulares retos A e B mostrados na figura acima, circula uma mesma vazão  $Q$ , de um mesmo fluido newtoniano, com massa específica  $\rho$  e viscosidade dinâmica  $\mu$ . O escoamento em ambos os casos é laminar e plenamente desenvolvido. A perda de carga  $\Delta p$ , nesse caso, é dada por  $\Delta p = f \frac{L}{D} \frac{\rho U^2}{2}$ , em que  $U$  é a velocidade média e  $f$  é o fator de atrito, que, no caso de escoamento laminar, é dado por  $f = \frac{64}{Re}$ , em que  $Re$  é o número de Reynolds embasado na velocidade média e no diâmetro do tubo. Nessa situação, a razão entre as perdas de cargas nas duas tubulações,  $\frac{\Delta p_A}{\Delta p_B}$ , é igual a

- A  $\frac{1}{8}$ .
- B  $\frac{1}{4}$ .
- C 1.
- D 4.
- E 8.

## QUESTÃO 64

## RASCUNHO

Um experimento é realizado para se determinar a perda de carga originada por uma placa de orifício instalada em determinada tubulação. Deseja-se determinar o coeficiente de perda localizada da placa,  $k$ , definido de forma que  $\frac{\Delta p}{\rho} = k \frac{U^2}{2}$ , em que  $\Delta p$  é a perda de carga gerada pela placa,  $\rho$  é a massa específica do fluido e  $U$  é a velocidade média do escoamento através da tubulação. A placa é instalada em uma tubulação reta, horizontal, de seção circular constante, através da qual a água escoou em regime laminar, permanente, como ilustra a figura abaixo. O escoamento no trecho reto já está plenamente desenvolvido no ponto onde está instalado o manômetro 1.



Ao longo do trecho reto de 10 m de comprimento, a perda de carga distribuída é de 0,2 m de coluna de água por metro de tubulação, isto é, 0,2 mca/m. A velocidade média do escoamento é de 5 m/s. Sabendo-se que a massa específica da água é de  $1.000 \text{ kg/m}^3$ , que a aceleração da gravidade local é de  $10 \text{ m/s}^2$  e que a diferença entre as pressões medidas pelos manômetros 1 e 2 é de  $2,625 \times 10^4 \text{ Pa}$ , é correto afirmar que o coeficiente de perda localizada da placa de orifício será igual a

- A  $\frac{1}{32}$ .
- B  $\frac{1}{16}$ .
- C  $\frac{1}{8}$ .
- D  $\frac{1}{4}$ .
- E  $\frac{1}{2}$ .

### Texto para as questões 65 e 66

Uma camada limite laminar desenvolve-se ao longo de uma placa plana, sem rugosidade, e na ausência de gradientes de pressão na direção  $x$ , conforme ilustrado na figura abaixo.



O perfil de velocidade do escoamento, antes de este atingir a placa, é uniforme com velocidade igual a  $U$ . O escoamento é incompressível. O perfil de velocidade do escoamento dentro da camada limite é dado por  $\frac{u(y)}{U} = a \frac{y}{\delta} + b \left(\frac{y}{\delta}\right)^2$ , em que  $a$  e  $b$  são constantes e  $\delta$  é a espessura da camada limite, definida de forma que  $u(\delta) = 0,99U$ .

#### QUESTÃO 65

Considerando-se a teoria de camada limite, é correto afirmar que a tensão de cisalhamento na placa

- A é nula.
- B é constante ao longo da coordenada  $x$ .
- C aumenta à medida que  $x$  aumenta.
- D diminui à medida que  $x$  aumenta.
- E não depende de  $\delta$ .

#### QUESTÃO 66

Uma técnica utilizada para se estudar o escoamento em camadas limites consiste em integrar as equações da camada limite ao longo da coordenada  $y$ . No caso de o escoamento fora da camada limite ser plenamente desenvolvido e livre de gradientes de pressão, a equação de conservação da quantidade de movimento pode ser escrita na forma integral como  $\frac{d}{dx} \int_0^{\delta} u(U-u)dy = \frac{\tau_w}{\rho}$ , em que  $\rho$  é a massa específica do fluido e  $\tau_w$  é a tensão de cisalhamento exercida pelo fluido sobre a placa. Considerando-se um perfil de velocidade linear, dentro da camada limite, de forma que  $a = 1$  e  $b = 0$ , a relação entre a espessura da camada limite,  $\delta$ , e o número de Reynolds baseado na coordenada  $x$ , definido por  $Re_x = \frac{\rho Ux}{\mu}$ , é dada por

- A  $\frac{\delta}{x} = \sqrt{12} Re_x^{-\frac{1}{2}}$ .
- B  $\frac{\delta}{x} = \sqrt{6} Re_x^{-\frac{1}{2}}$ .
- C  $\frac{\delta}{x} = \sqrt{12} Re_x^{-1}$ .
- D  $\frac{\delta}{x} = \sqrt{6} Re_x^{-1}$ .
- E  $\frac{\delta}{x} = \sqrt{12} Re_x^{\frac{1}{2}}$ .

#### QUESTÃO 67

A hipótese de Boussinesq da viscosidade turbulenta sustenta que o transporte de momento linear realizado pelas flutuações turbulentas pode ser modelado de forma similar ao transporte de momento linear por ação do movimento molecular das partículas fluidas, de forma que  $\tau = 2\mu_T \bar{\mathbf{D}} - \frac{2}{3}\rho k \mathbf{I}$ , em que  $\mu_T$  é uma viscosidade turbulenta,  $\bar{\mathbf{D}}$  é o tensor taxa de deformação médio,  $\rho$  é a massa específica,  $k$  é a energia cinética de turbulência por unidade de massa,  $\mathbf{I}$  é o tensor identidade e  $\tau$  é o tensor de tensões de Reynolds, definido como  $\tau = -\rho \overline{\mathbf{u}'\mathbf{u}'}$ , em que  $\mathbf{u}'$  é a flutuação do vetor velocidade em relação à medida temporal desse vetor.

Considerando essas informações e considerando ainda a classificação dos escoamentos turbulentos, assinale a opção correta.

- A A viscosidade turbulenta é uma propriedade do fluido e não depende das condições do escoamento.
- B Em um escoamento turbulento incompressível, o traço do tensor de tensões de Reynolds é sempre nulo.
- C Em um escoamento turbulento homogêneo e isotrópico, a viscosidade turbulenta é sempre constante.
- D Mesmo com a hipótese de Boussinesq, o sistema de equações formado pelas equações da continuidade e quantidade de movimento, médias, continua aberto, isto é, tem mais incógnitas do que equações, pois  $\mu_T$  é uma função do escoamento.
- E Turbulência estacionária é aquela em que as propriedades dinâmicas do escoamento, como a velocidade e a pressão, independem da posição.

#### QUESTÃO 68

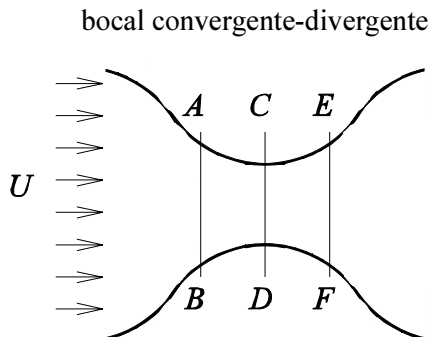
Dois dos mais importantes modelos de turbulência, empregados para a previsão de  $\mu_T$ , são os modelos  $\kappa$ - $\epsilon$  e  $\kappa$ - $\omega$ . Com relação às suas principais características e aplicações, assinale a opção correta.

- A O modelo  $\kappa$ - $\epsilon$  é muito preciso na previsão da transição do regime de escoamento laminar para o turbulento.
- B O modelo  $\kappa$ - $\epsilon$  padrão apresenta ótimos resultados na simulação de escoamentos turbulentos próximos a superfícies sólidas ou com intensos gradientes de pressão adversos ao escoamento.
- C O modelo  $\kappa$ - $\omega$  é mais adequado do que o modelo  $\kappa$ - $\epsilon$  para a simulação de escoamentos turbulentos próximos a paredes sólidas.
- D Em uma simulação de uma camada limite turbulenta, o modelo  $\kappa$ - $\omega$  não apresenta sensibilidade a variações nas condições de contorno no bordo da camada limite.
- E O modelo  $\kappa$ - $\omega$  padrão prevê com precisão descolamentos de camada limite em função da ação de gradientes de pressão adversos.

## QUESTÃO 69

## RASCUNHO

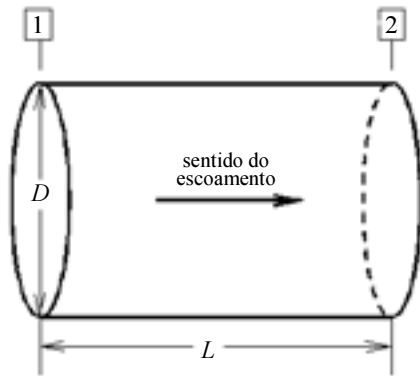
Considere um bocal convergente-divergente através do qual escoava determinado gás perfeito, como ilustrado na figura abaixo.



Para todos os efeitos, o escoamento pode ser considerado unidimensional e permanente. Considere que o fluido seja invíscido e que escoe de forma isentrópica através do bocal. Com base nessas informações e considerando a teoria de escoamento compressível unidimensional, assinale a opção correta.

- Ⓐ Se o número de Mach na seção  $CD$  do bocal for menor que a unidade, então a velocidade na seção  $EF$  será, com certeza, maior do que a velocidade na seção  $CD$ .
- Ⓑ Se o número de Mach na seção  $AB$  do bocal for maior que a unidade, então a velocidade na seção  $CD$  será, com certeza, maior do que a velocidade na seção  $AB$ .
- Ⓒ Suponha que o número de Mach na seção  $CD$  seja igual à unidade. Nesse caso, se a pressão na seção  $EF$  for mantida constante enquanto a pressão na seção  $AB$  aumenta, então a vazão mássica através do bocal se manterá constante.
- Ⓓ Suponha que o número de Mach na seção  $CD$  seja igual à unidade. Nesse caso, se a pressão na seção  $AB$  for mantida constante enquanto a pressão na seção  $EF$  diminui, então o choque normal na seção  $CD$  se moverá na direção da seção  $AB$ .
- Ⓔ Suponha que o número de Mach na seção  $CD$  seja igual à unidade. Nesse caso, se a pressão na seção  $AB$  for mantida constante enquanto a pressão na seção  $EF$  diminui, então a vazão mássica através do bocal se manterá constante.

## QUESTÃO 70



Considere um tubo de seção circular constante através do qual escoar determinado gás perfeito, como ilustra a figura acima. O escoamento é permanente, uniforme, adiabático e não há choques. A tensão de cisalhamento do fluido sobre a tubulação é significativa. Sejam  $M_1$  e  $M_2$  os números de Mach nas seções 1 e 2, e  $p_1$  e  $p_2$  as pressões nas seções 1 e 2, respectivamente. A partir dessas informações, assinale a opção correta, em relação aos efeitos da fricção entre fluido e paredes da tubulação, e às propriedades do escoamento.

- A** Se  $M_1 > 1$ , então  $p_1 > p_2$ .
- B** Se  $M_1 > 1$ , então  $M_2 > M_1$ .
- C** Se  $M_1 < 1$ , então  $M_2 > M_1$ .
- D** Se  $M_1 < 1$ , então  $p_2 > p_1$ .
- E** Se  $M_1 > 1$ , então  $M_1 = M_2$ .

**Texto para as questões de 71 a 74**

Para prever o comportamento de protótipos, ao se realizar ensaios em modelos de escala reduzida, é necessário que haja semelhanças entre o protótipo e o modelo. O nível mais simples de semelhança é o geométrico, em que as dimensões lineares são proporcionais e constantes. A semelhança cinemática requer a semelhança geométrica e que se observe o mesmo formato das linhas de corrente. Ocorre a semelhança dinâmica quando em pontos geometricamente semelhantes há a semelhança das forças envolvidas, paralelismo entre elas e uma relação entre seus módulos por um valor constante para todos os pontos correspondentes.

## QUESTÃO 71

Considere um modelo geometricamente semelhante, com semelhança dinâmica completa, de um vertedouro a escoamento livre, em escala 1:9. Nesse caso, se a velocidade próxima à crista do vertedouro no modelo for de 0,3 m/s, então a velocidade correspondente no protótipo, em m/s, será igual a

- A** 0,03.
- B** 0,1.
- C** 0,9.
- D** 1.
- E** 2,7.

## QUESTÃO 72

Com relação à realização da análise dimensional e à aplicação do teorema de Buckingham, assinale a opção correta.

- A** Um grupo adimensional é constituído pelo produto entre as grandezas dimensionais intervenientes no problema físico, elevadas à potência unitária.
- B** Um grupo adimensional pode ser elevado a uma potência qualquer, afetando apenas a forma da função que relaciona os grupos adimensionais constituídos.
- C** A quantidade de grupos adimensionais independentes constituídos para determinado problema físico é igual ao número de dimensões envolvidas no mesmo.
- D** A dependência entre os grupos adimensionais constituídos a partir do teorema de Buckingham é identificada pela forma das funções obtidas experimentalmente.
- E** O número de grandezas dimensionais que influencia um problema físico é igual ao número de grupos adimensionais independentes constituídos a partir dessas grandezas.

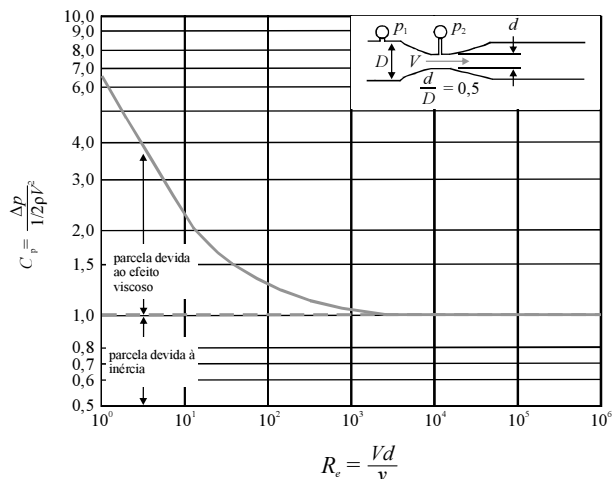
## RASCUNHO

## QUESTÃO 73

Relativamente aos estudos de semelhança em testes de desempenho de bombas centrífugas típicas para a adução de água, assinale a opção correta.

- A A semelhança completa só pode ser alcançada quando admitida a igualdade dos grupos dimensionais de Euler e Mach.
- B A semelhança completa só pode ser alcançada quando admitida a igualdade dos grupos dimensionais de Mach e Froude.
- C As forças relevantes são as de inércia e a de gravidade, ou seja, requer-se a igualdade dos grupos dimensionais de Euler, do protótipo com o do modelo.
- D As forças relevantes são as de inércia e de compressibilidade, ou seja, requer-se a igualdade dos grupos dimensionais de Reynolds, do protótipo com o do modelo.
- E Os efeitos viscosos são relativamente sem importância quando duas máquinas de fluxo geometricamente semelhantes operam sob condições de escoamento similares.

## QUESTÃO 74



J. A. Roberson e C. T. Crowe. *Engineering Fluid Mechanics*, 6th ed. John Wiley e Sons, NY, 1997 (com adaptações).

O gráfico da figura acima, que apresenta a relação entre o número de Reynolds ( $R_e$ ) e o coeficiente de pressão  $C_p$ , refere-se à instalação de um medidor Venturi posicionado em uma canalização. Nessa figura,  $\Delta p$  é a diferença de pressão entre  $p_1$  e  $p_2$ , e  $V$  é a velocidade na seção contraída. A partir das informações do gráfico, assinale a opção correta.

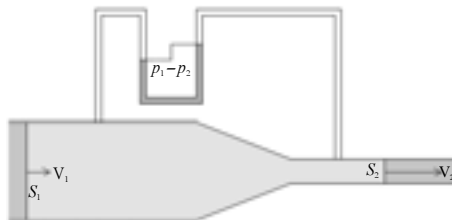
- A Para  $R_e > 10.000$ , a carga cinética do escoamento é nula.
- B Para  $R_e > 1.000$ , há predomínio do efeito viscoso, em relação ao das forças de inércia na variação da pressão.
- C Para  $R_e > 10.000$ , a participação do efeito viscoso na variação da pressão é equivalente ao das forças de inércia.
- D Para se conhecer o comportamento da variação da pressão em relação às forças predominantes, são suficientes testes em escoamentos com  $R_e > 10.000$ .
- E Para  $R_e < 10$ , a maior parte da variação da pressão provém do efeito viscoso, enquanto o restante dessa variação é devido à carga cinética.

## QUESTÃO 75

O tubo de Pitot foi criado em 1732 pelo físico francês Henri Pitot (1665-1743), com o objetivo de medir a velocidade do fluxo da água no Rio Sena, que atravessa Paris. A partir de então, o tubo de Pitot difundiu-se em diversas aplicações e evoluções decorrentes da primeira tentativa. Considerando-se que esse primeiro experimento tenha sido executado por Pitot, introduzindo o instrumento perfeitamente alinhado às linhas do escoamento e com a abertura direcionada contra a corrente do Rio Sena, a leitura do fluido feita no tubo foi da

- A velocidade.
- B pressão total.
- C pressão estática.
- D pressão dinâmica.
- E diferença entre a pressão dinâmica e a pressão estática.

## QUESTÃO 76



Internet: <www.sc.ehu.es> (com adaptações).

Considerando o esquema de um medidor Venturi apresentado na figura acima, suponha que o peso específico do fluido seja representado por  $\gamma$  e a aceleração da gravidade, por  $g$ . Nesse caso, se  $v_1$  e  $v_2$  são as velocidades médias do fluido nas seções  $S_1$  e  $S_2$ ; e se os diâmetros correspondentes às seções  $S_1$  e  $S_2$  são, respectivamente,  $D_1$  e  $D_2$ , então a expressão que representa corretamente a velocidade teórica na seção  $S_2$  do medidor Venturi é expressa por

- A  $\frac{2g \times \frac{P_1 - P_2}{\gamma}}{1 - \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2}$ .
- B  $\sqrt{\frac{2g \times \frac{P_1 - P_2}{\gamma}}{1 - \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2}}$ .
- C  $\sqrt{\frac{2g \times \frac{P_1 - P_2}{\gamma}}{1 - \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^4}}$ .
- D  $\sqrt{\frac{2g \times \frac{P_1 - P_2}{\gamma}}{1 - \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4}}$ .
- E  $\frac{2g \times \frac{P_1 - P_2}{\gamma}}{1 - \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2}$ .

## QUESTÃO 77

Acerca do emprego de placas de orifício para medição de vazão, assinale a opção correta.

- A A calibração do elemento primário de um sistema que utiliza placas de orifício não requer outro medidor padrão de vazão.
- B As placas de orifício são empregadas na medição de fluidos em geral, exceto vapores.
- C As placas de orifício apresentam excelente abrangência para a medição da vazão.
- D Em um sistema que utiliza placas de orifício, a relação entre a vazão e a pressão diferencial é linear.
- E Em um sistema que utiliza placas de orifício, a perda de carga permanente é desprezível.

## QUESTÃO 78

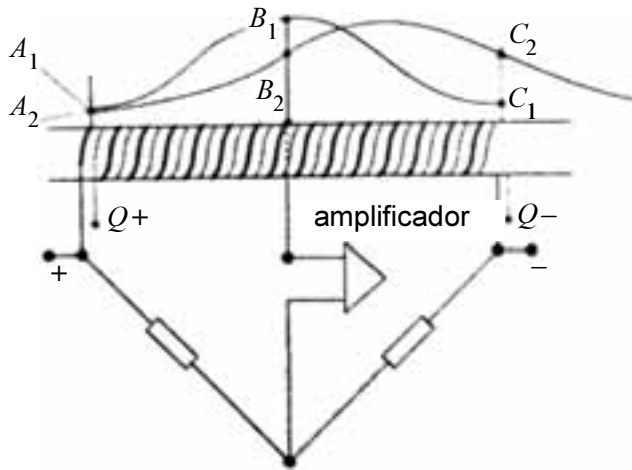
Os rotâmetros são instrumentos que empregam princípios físicos para o cálculo do fluxo que os atravessa. A esse respeito, é correto afirmar que os rotâmetros são medidores

- A indiretos de vazão, de área variável, constituídos por um tubo cilíndrico e uma boia interna de densidade inferior à do fluido.
- B indiretos de vazão, cuja medição baseia-se no diferencial de pressão, constituídos por um tubo tronco-cônico e uma boia de densidade inferior à do fluido.
- C indiretos de vazão, de área variável, constituídos por um tubo de diâmetro que aumenta da base para o topo, e uma boia que oscila de posição conforme a intensidade do fluxo.
- D diretos de vazão, cuja medição baseia-se no diferencial de pressão, constituídos por um tubo cônico, com o diâmetro menor do lado de baixo, e uma boia de densidade superior à do fluido.
- E diretos de vazão, de área variável, constituídos por um tubo tronco-cônico que deve ser instalado na posição horizontal, com eixo coincidente ao eixo da tubulação por onde circula o fluido.

RASCUNHO



## QUESTÃO 79



A figura acima ilustra o esquema de um medidor de vazão por princípio térmico, empregado para escoamento laminar, constituído por um tubo que recebe dois enrolamentos — o primeiro, entre  $Q+$  e  $Q-$ , é uma resistência de aquecimento; o outro é um sensor de temperatura. As curvas contendo os pontos  $A_i$ ,  $B_i$  e  $C_i$ , com  $i = 1$  e  $2$ , são perfis térmicos para duas situações distintas, que ilustram o princípio de funcionamento desse equipamento. No que tange à relação entre essas duas situações e a vazão escoada, é correto afirmar que a curva representada pelos pontos

- A  $A_1$ ,  $B_1$  e  $C_1$  traduz uma situação em que não há vazão, com a ponte de Wheatstone em equilíbrio.
- B  $A_1$ ,  $B_1$  e  $C_1$  traduz uma situação em que há vazão constante através do tubo, com a ponte de Wheatstone em desequilíbrio.
- C  $A_2$ ,  $B_2$  e  $C_2$  traduz uma situação em que não há vazão através do tubo, provocando um desequilíbrio na ponte de Wheatstone.
- D  $A_2$ ,  $B_2$  e  $C_2$  traduz uma situação em que as duas metades do sensor de temperatura têm a mesma resistência, não havendo, portanto, vazão no tubo.
- E  $A_2$ ,  $B_2$  e  $C_2$  traduz uma situação em que as duas metades do sensor de temperatura têm a mesma resistência; portanto, há vazão no tubo.

## QUESTÃO 80

Acerca de medidores de vazão por princípio magnético, assinale a opção correta.

- A Não podem ser instalados na posição inclinada.
- B Em sua instalação, é imprescindível a redução do diâmetro da linha no local da medição.
- C Quando instalados na posição vertical, o fluxo deve ter sentido ascendente.
- D Quando instalados em posição horizontal, os eletrodos devem estar no plano vertical.
- E Sua instalação exige um longo trecho reto a montante, da ordem de 20 diâmetros, para medição de líquidos.

## QUESTÃO 81

Os medidores de vazão por emissão de vórtices constituem boas alternativas técnico-econômicas para aplicações que incluem

- A fluidos criogênicos.
- B diâmetros superiores a 8 pol.
- C gases em geral, exceto os úmidos.
- D altas velocidades, de 25 m/s ou superior.
- E vapores saturados, exceto os superaquecidos.

## QUESTÃO 82

O medidor de vazão por efeito Coriolis consiste de um tubo em forma de U, percorrido por um fluido a vazão constante, e colocado em oscilação em torno de um eixo hipotético perpendicular aos ramos do U. Acerca dos princípios que permeiam os medidores de vazão por efeito Coriolis, assinale a opção correta.

- A Quanto maior for o diâmetro do tubo em U, maior será a perda de carga no escoamento pelo tubo.
- B A força de Coriolis em um ramo do tubo em U é diretamente proporcional à vazão mássica escoada.
- C A força de Coriolis em um ramo do tubo em U é inversamente proporcional à velocidade angular do tubo.
- D A vazão mássica que atravessa o tubo é inversamente proporcional à área da sua seção transversal.
- E Quanto menor for o comprimento de um ramo do tubo em U, maior será a força de Coriolis observada naquele ramo.

## Texto para as questões 83 e 84

Os medidores de deslocamento positivo destinam-se essencialmente à medição de volumes em vez de vazão. A vazão, nesse caso, pode ser calculada por meio de acessórios mecânicos ou eletrônicos, de forma contínua, derivando o volume com relação ao tempo.

## QUESTÃO 83

Assinale a opção correspondente a um exemplo de medidor de deslocamento positivo e o respectivo fluido no qual se emprega esse medidor.

- A diafragma – líquidos viscosos
- B pistão rotativo – gases poluídos
- C diafragma – gases limpos ou sujos
- D pistão rotativo – líquidos limpos viscosos
- E bocal sônico – fluidos de forma geral

**QUESTÃO 84**

A respeito das medições realizadas por medidores de deslocamento positivo, assinale a opção correta.

- A** Têm como princípio o registro de um diferencial de pressão.
- B** As suas fases de medição abrangem o registro da pressão, admissão a uma câmara de pressurização, isolamento da câmara e saída do fluido.
- C** No medidor por diafragma, válvulas reguladoras de pressão se deslocam para permitir que o fluido, à pressão constante, alimente câmaras sucessivas do medidor.
- D** No medidor por diafragma, a câmara que admite o fluido deforma-se e provoca um movimento de rotação no distribuidor, que, por sua vez, desloca as válvulas de distribuição para câmaras sucessivas.
- E** Devido às características de deformação e flexibilidade das câmaras de armazenamento do fluido, os medidores por diafragma possuem intervalo de aplicações (abrangência) restrito e inferior a 10:1.

**QUESTÃO 85**

Na anemometria a fio quente, o filamento aquecido do anemômetro fica exposto ao escoamento de um fluido. Esse filamento, por sua vez, é conectado a um circuito eletrônico que monitora a variação da resistência elétrica pela ação do escoamento.

A respeito do funcionamento do anemômetro a fio quente a temperatura constante, considere a situação em que a corrente elétrica já foi inicialmente aplicada pelo circuito de controle, e que se tenha a ponte de Wheatstone balanceada. A partir dessa situação inicial, um aumento na velocidade do fluido provoca, na sequência,

- A** aquecimento do sensor e diminuição de sua resistência, fazendo com que o circuito de controle aumente a corrente que alimenta a ponte.
- B** resfriamento do sensor e diminuição de sua resistência, fazendo com que o circuito de controle diminua a corrente que alimenta a ponte.
- C** aquecimento do sensor e aumento de sua resistência, fazendo com que o circuito de controle diminua a corrente que alimenta a ponte.
- D** resfriamento do sensor e aumento de sua resistência, fazendo com que o circuito de controle diminua a corrente que alimenta a ponte.
- E** resfriamento do sensor e diminuição de sua resistência, fazendo com que o circuito de controle aumente a corrente que alimenta a ponte.

**QUESTÃO 86**

A respeito da anemometria a *laser*-Doppler, é correto afirmar que

- A** requer calibração a cada nova medição e exige a presença de partículas traçadoras no fluido.
- B** possui alta resolução espacial e não exige a presença de partículas traçadoras no fluido.
- C** não requer calibração nem exige a presença de partículas traçadoras no fluido.
- D** não requer calibração, mas exige a presença de partículas traçadoras no fluido.
- E** possui alta resolução espacial e requer calibração a cada nova medição.

**QUESTÃO 87**

A turbulência é um fenômeno eminentemente rico em escalas. A sua completa caracterização exige que as menores escalas espaciais e temporais sejam resolvidas pelos instrumentos que se propõem a tal tarefa. Acerca dos instrumentos empregados para caracterização de escoamentos turbulentos, assinale a opção correta.

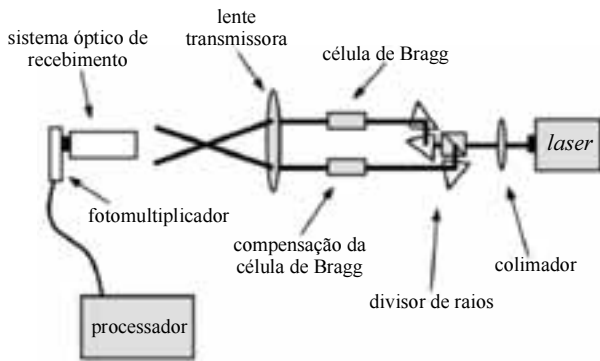
- A** A anemometria a fio quente a temperatura constante possui baixa discretização espacial se comparada à anemometria a *laser*-Doppler.
- B** A resolução temporal alcançada pelos anemômetros a fio quente a temperatura constante é de, no máximo, 1 kHz.
- C** A resolução espacial na anemometria a *laser*-Doppler é dada pelo tamanho do elipsoide formado pelo cruzamento dos raios.
- D** Dimensões típicas da anemometria a *laser*-Doppler são da ordem de 2  $\mu\text{m}$  a 5  $\mu\text{m}$  de diâmetro e 1 mm de comprimento.
- E** A resposta temporal da velocimetria por imagens de partículas é superior à da anemometria a *laser*-Doppler.

**QUESTÃO 88**

O princípio de funcionamento do anemômetro a *laser*-Doppler sustenta-se em propriedades particulares de coerência temporal e espacial dos raios *laser*. A respeito da luz coerente, assinale a opção correta.

- A** Apresenta uma distribuição gaussiana em uma única seção transversal do feixe.
- B** O fenômeno de interferência da luz pressupõe dependência temporal não constante.
- C** A localização das franjas de interferência varia de forma linear com o tempo.
- D** O diâmetro do raio do feixe de *laser* não varia com a distância da lente.
- E** A diferença de fase entre dois feixes de luz não varia com o tempo.

## QUESTÃO 89



A partir da figura acima, que representa de forma esquemática os componentes de um sistema *laser* unidimensional, assinale a opção correspondente à descrição correta da função de componente desse sistema.

- Ⓐ O ponto de medição do escoamento é definido pelo processador.
- Ⓑ A frequência Doppler é determinada por meio da lente transmissora.
- Ⓒ O colimador é empregado para capturar a frequência de fotodetecção.
- Ⓓ O fotomultiplicador é usado para ajustar as propriedades do raio no volume de controle.
- Ⓔ A célula de Bragg fornece o desvio de frequência empregado para sensibilidade direcional.

**Texto para as questões de 90 a 95**

A velocimetria por imagens de partículas (VIP) se baseia no registro, em instantes sucessivos, de imagens do deslocamento de partículas em suspensão no fluido.

Para a avaliação do campo de velocidades por VIP, um par de imagens sequenciais contendo partículas traçadoras é dividido em pequenas subáreas denominadas áreas de interrogação.

## QUESTÃO 90

Relativamente à VIP, é correto afirmar que

- Ⓐ a propriedade de coerência do *laser* é imprescindível para a captação de imagens no processo de medição pontual.
- Ⓑ o escoamento deve ser exposto a intensa iluminação por meio de uma fonte contínua, natural ou artificial, com espectro de luz visível.
- Ⓒ as imagens são obtidas com iluminação estabelecida por pulsos de frequência compatibilizada com a velocidade do obturador da câmera registradora.
- Ⓓ a partícula no fluxo representa adequadamente a velocidade local do escoamento quando seu tempo de relaxação é menor que a escala temporal do fluido.
- Ⓔ a restrição dimensional das partículas acompanhadas refere-se tão somente ao seu tamanho mínimo, pois devem ser pequenas o suficiente para representar adequadamente o fluxo.

## QUESTÃO 91

Quanto à aquisição de imagens para determinação da VIP, assinale a opção correta.

- Ⓐ Para determinada câmera, a frequência de obtenção de imagens é diretamente proporcional à resolução (quantidade de células) da imagem.
- Ⓑ O par de imagens sequenciais armazenado é subdividido em células (pixels); as células sensíveis à luz armazenam a posição das partículas.
- Ⓒ Para que seja possível a captura frequente de imagens, sua digitalização deve ser efetuada com um *bit* de resolução (imagens partícula-não partícula).
- Ⓓ A velocidade do fluxo possível de ser determinada por meio da VIP deve estar no intervalo entre 1 cm/s e 100 m/s.
- Ⓔ As câmeras com sensor CCD (dispositivo de carga acoplada) capturam a luz para as células de armazenamento por meio da oscilação de espelhos internos.

## QUESTÃO 92

A respeito da VIP, no que concerne à geometria da obtenção de imagens para utilização no domínio de duas dimensões, assinale a opção correta.

- Ⓐ Para determinada abertura focal, considera-se que as lentes circulares utilizadas para captura das imagens são isentas de deformação.
- Ⓑ A intensidade da iluminação da seção de escoamento possui uma profundidade finita, na qual se admite haver uma iluminação uniforme.
- Ⓒ A profundidade de campo da câmera de captura das imagens para a abertura focal selecionada deve ser menor que a espessura iluminada.
- Ⓓ De modo a evitar a influência da espessura de iluminação ( $z$ ), a quantidade de partículas identificada em cada uma das imagens de trabalho é normalizada pelo valor  $z$ .
- Ⓔ Para alta densidade de partículas traçadoras, com a ocorrência de superposição de partículas na espessura de iluminação, as imagens assemelham-se às geradas por funções de espalhamento pontual.

**QUESTÃO 93**

Na VIP, o vetor deslocamento local será determinado para cada área de interrogação por meio de métodos estatísticos. Quanto à obtenção do campo de velocidades por meio dessa técnica, assinale a opção correta.

- A** Para se criar as áreas de interrogação, faz-se necessário que as imagens sejam subdivididas em, pelo menos,  $16 \times 16$  subáreas.
- B** São empregados métodos de correlação cruzada ou autocorrelação para identificar o vetor deslocamento das partículas.
- C** A análise estatística das áreas de interrogação em duas dimensões só permite que se identifique a ocorrência de deslocamentos em translação.
- D** Em uma área de interrogação, para efeito de aplicação da VIP, considera-se que as partículas se movimentam de forma heterogênea.
- E** A incerteza na determinação do campo de velocidades independe do tamanho da área de interrogação e da quantidade de subáreas em que a imagem foi subdividida.

**QUESTÃO 94**

Os procedimentos de pós-processamento das imagens podem levar à geração de vetores de velocidade espúrios, em decorrência da não homogeneidade das partículas traçadoras na imagem, efeitos de turbulência, variações na intensidade da iluminação, entre outros motivos. Vetores discrepantes *outliers* em escoamento turbulento isotrópico e homogêneo podem ser identificados por meio de análises estatísticas. Acerca da detecção desses vetores *outliers*, assinale a opção correta.

- A** O método de redes neurais celulares tem sua *performance* estabelecida em função do número de ciclos realizados.
- B** O método que se baseia na triangulação de Delaunay requer a quantificação da vazão que escoar em cada lado do triângulo.
- C** No pós-processamento, para encontrar os vetores *outliers* é necessário e suficiente a realização de uma etapa de verificação dos desvios dos vetores velocidade.
- D** A média dos oito valores do vetor velocidade do entorno de determinada subárea identifica de forma menos precisa os vetores *outliers* do que os estimados pela média de todos os valores.
- E** São considerados *outliers* os vetores velocidade de cada subárea da imagem que se apresentem com valor igual ao do vetor calculado pela média de todos os valores da imagem, mais ou menos um valor predeterminado.

**QUESTÃO 95**

Na VIP, a presença de traçadores é imprescindível para que se possam realizar as medições de velocidade do fluxo. A respeito dos parâmetros influenciadores do movimento dessas partículas, e de como ocorre essa influência, assinale a opção correta.

- A** O tamanho das partículas afeta primordialmente o arrasto exercido pelo fluido.
- B** A densidade relativa entre a partícula e o fluido é percebida pelo arrasto exercido pelo fluido.
- C** A forma dos traçadores afeta primordialmente sua resposta a variações de velocidade no escoamento.
- D** As concentrações e forças de corpo (por exemplo, a gravidade) são desprezadas em escoamentos a velocidades muito baixas.
- E** O tamanho e a densidade relativa entre a partícula e o fluido influenciam sua resposta a variações de velocidade no escoamento.

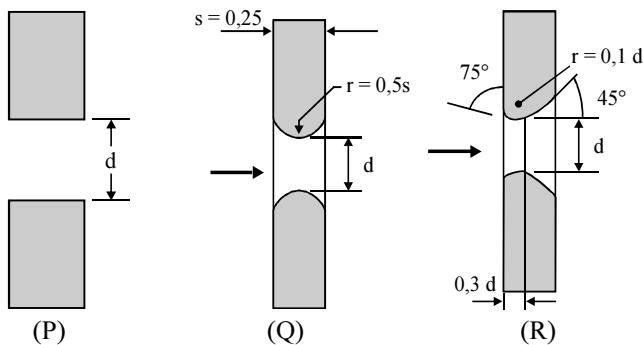
**QUESTÃO 96**

Acerca dos métodos experimentais de calibração e padronização das vazões, assinale a opção correta.

- A** A calibração de medidores de vazão deve ser efetuada periodicamente, a partir de comparação direta com padrões primários de calibração.
- B** A periodicidade de calibração comparativa dos medidores de vazão é função única e exclusiva do tipo de fluido que se deseja medir, se líquido ou gás.
- C** Para uma calibração absoluta de um medidor volumétrico de líquidos é suficiente efetuar-se a medição do tempo que leva determinada massa para passar pelo medidor que se está calibrando.
- D** Os provadores de vazão de líquidos devem ser calibrados periodicamente por meio de vasos de calibração, quando recebem selos invioláveis que permitem sua utilização como padrões secundários de calibração.
- E** Uma calibração comparativa, efetuada por calibrador intrusivo, requer a passagem do fluido por instalação em que o medidor a calibrar e o de referência estejam em linha, o de referência imediatamente a montante do que se deseja calibrar.

**QUESTÃO 97**

Considere os seguintes perfis transversais de placas de orifícios empregadas na medição de vazão.



Internet: <www.senai-mg.org.br>

Entre esses perfis, aquele que apresenta a maior perda de carga e aquele mais indicado à medição de fluxos para valores mais baixos de número de Reynolds (inferior a 100) estão representados, respectivamente, pelas letras

- A P e Q.
- B P e R.
- C Q e P.
- D Q e R.
- E R e P.

**QUESTÃO 98**

O medidor de vazão tipo turbina fornece um sinal de saída igual a um trem de pulsos, com frequência proporcional à vazão do fluido. O fluido passa no interior da turbina, fazendo girar um rotor com velocidade angular proporcional à velocidade do fluido e, portanto, proporcional à vazão do fluido. A respeito dos medidores de vazão do tipo turbina, assinale a opção correta.

- A São imunes ao efeito da sinuosidade da tubulação.
- B Em relação ao material que constitui a turbina, não há restrições quanto aos fluidos a serem medidos.
- C Um transdutor de pressão converte a rotação do rotor em um sinal usável, ou em um trem de pulsos escalonados.
- D No medidor de vazão tipo turbina, a velocidade do fluido é proporcional ao quadrado do número de rotações do rotor.
- E Nos medidores de vazão tipo turbina, mancais esféricos são usados para fluidos lubrificantes e limpos, e mancais tipo luva, para os demais fluidos.

**QUESTÃO 99**

Um fluido condutor movendo-se dentro de um campo magnético gera um campo elétrico proporcional à velocidade do fluido. Na medição de vazão empregando-se medidores magnéticos,

- A o tubo medidor serve para gerar um sinal elétrico proporcional ao quadrado da velocidade do fluido.
- B a perda de carga do tubo medidor de vazão é exatamente igual à perda de uma tubulação de igual tamanho.
- C para a obtenção da vazão volumétrica é requerida a medição de viscosidade, densidade, temperatura e pressão do fluido.
- D as peças móveis do medidor magnético suportam uma velocidade limite de 6,0 m/s, sem que ocorra desgaste significativo.
- E o medidor magnético de vazão é um tubo de aço inoxidável ferromagnético, revestido internamente por um condutor elétrico.

**QUESTÃO 100**

A respeito do princípio de funcionamento dos medidores de vazão por formação de vórtices, assinale a opção correta.

- A A velocidade do fluxo é proporcional à frequência de formação de vórtices.
- B A vazão do fluxo é inversamente proporcional à frequência de formação de vórtices.
- C A vazão do fluxo é obtida por uma relação entre o tamanho do anteparo do instrumento e o tamanho do vórtice formado.
- D A vazão do fluxo é inversamente proporcional ao volume do maior vórtice formado em determinado intervalo de tempo.
- E A velocidade do fluxo é diretamente proporcional ao volume do maior vórtice formado em determinado intervalo de tempo.

## PROVA DISCURSIVA

- Nesta prova, faça o que se pede, usando os espaços para rascunho indicados no presente caderno. Em seguida, transcreva os textos para o **CADERNO DE TEXTOS DEFINITIVOS DA PROVA DISCURSIVA**, nos locais apropriados, pois **não serão avaliados fragmentos de texto escritos em locais indevidos**.
- Em cada questão, qualquer fragmento de texto além da extensão máxima de **trinta** linhas será desconsiderado. Será também desconsiderado o texto que não for escrito na **folha de texto definitivo** correspondente.
- No **caderno de textos definitivos**, identifique-se apenas no cabeçalho da primeira página, pois **não será avaliado** texto que tenha qualquer assinatura ou marca identificadora fora do local apropriado.

### QUESTÃO 1

A maioria dos medidores de vazão que usam uma redução da seção, para escoamentos internos, baseiam-se no princípio da aceleração de uma corrente fluida através de alguma forma de bocal, conforme mostrado na figura I abaixo. A separação do escoamento na borda viva da garganta do bocal provoca a formação de uma zona de recirculação, como mostrado pelas linhas tracejadas a jusante do bocal. O escoamento da corrente principal continua a acelerar-se, após a garganta, formando uma *vena contracta* na seção 2 e, em seguida, desacelera-se, a fim de preencher o duto.

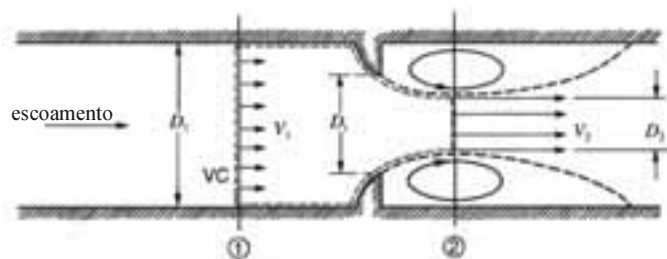


Figura I

Robert W. Fox e Alan T. McDonald. **Introdução à mecânica dos fluidos**. Rio de Janeiro: LTC, 1992, 4.ª ed., p. 191 e 301 (com adaptações).

Frequentemente se combinam duas sondas, como na configuração mostrada na figura II abaixo, usando-se um tubo de Pitot e um de pressão estática. O tubo interno é usado para medir a pressão de estagnação no ponto B, enquanto a pressão estática em C é medida pelos pequenos orifícios no tubo externo. Em campos de escoamento em que a variação de pressão estática no sentido do fluxo é pequena, a combinação mostrada pode ser empregada para avaliar a velocidade no ponto B do escoamento.

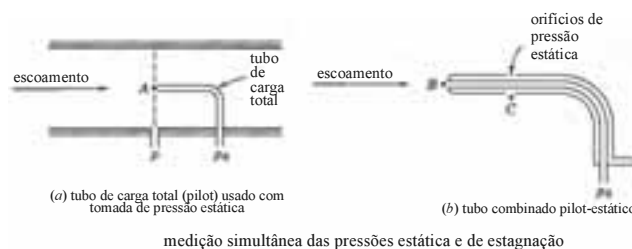


Figura II

*Idem, ibidem*, p. 191.

Considerando que os fragmentos de texto e as figuras acima têm caráter unicamente motivador, redija um texto dissertativo acerca do seguinte tema.

### PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO DE MEDIDORES DE VAZÃO E VELOCIDADE EM ESCOAMENTOS INCOMPRESSÍVEIS

Ao elaborar seu texto, aborde, necessariamente, os seguintes aspectos:

- ▶ definições de pressão estática, dinâmica e de estagnação;
- ▶ princípio de funcionamento das placas de orifício e tubos de Venturi e suas diferenças no que tange à perda de carga imposta ao escoamento;
- ▶ princípio de funcionamento dos tubos de Pitot e fatores que influenciam na precisão desse tipo de instrumento.

**RASCUNHO – QUESTÃO 1**

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

**QUESTÃO 2**

O sistema de propulsão dos navios precisa vencer uma força resistiva total representada pela soma da resistência por formação de ondas com a resistência pelo atrito com o casco de sua estrutura (devido às forças viscosas). A resistência total de navios em tamanho real pode ser determinada a partir de resultados de testes com modelo reduzido.

Nesses testes, a resistência devido às forças viscosas no modelo e protótipo é determinada de forma analítica.

Tendo o texto acima como referência inicial, redija um texto dissertativo acerca da determinação das forças resistivas em navios a partir de testes com modelos reduzidos. Ao elaborar seu texto, aborde, necessariamente, os seguintes aspectos:

- ▶ grupos adimensionais de interesse na execução do experimento (modelagem) e forças envolvidas para cada grupo adimensional;
- ▶ possibilidade de satisfação de todos os grupos adimensionais envolvidos, considerando que o fluido empregado é a mesma água para modelo e protótipo;
- ▶ modelagem do fenômeno de difícil predição analítica;
- ▶ determinação das forças resistivas totais no protótipo, a partir de modelos, e cálculos necessários.



**RASCUNHO – QUESTÃO 2**

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

