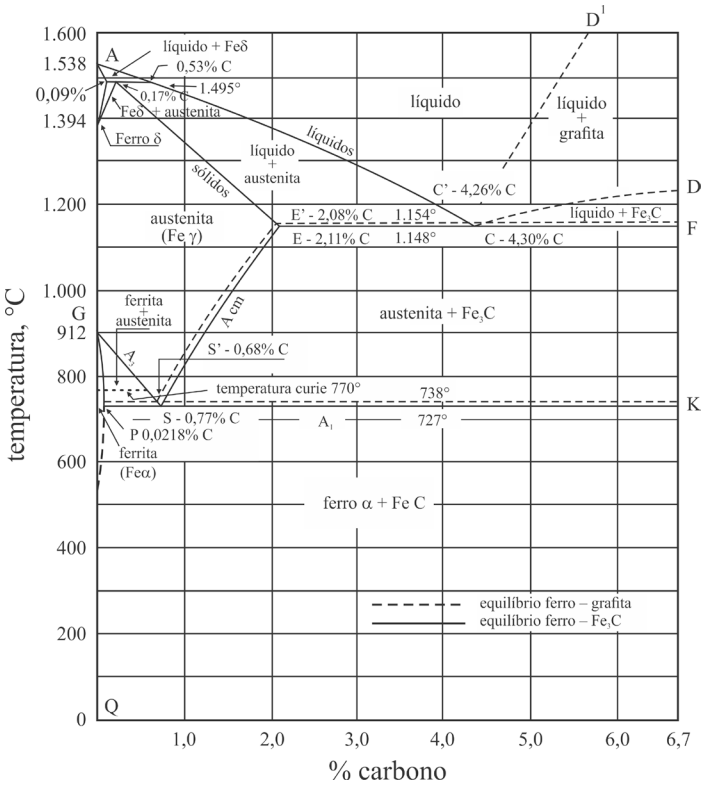
-- CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS --



V. Chiaverini. **Aços e ferros fundidos**. 6.ª ed. São Paulo: ABM,1988 (com adaptações).

As ligas de ferro (Fe) e carbono (C) são alguns dos principais materiais utilizados na fabricação de equipamentos. As características metalúrgicas e mecânicas dessas ligas dependem, não somente do teor de carbono presente, mas também do teor de outros elementos de liga e de elementos residuais, resultantes do seu processo de fabricação. A figura precedente mostra o diagrama de equilíbrio da liga binária Fe-C para teores de carbono de até 6,7%, cuja proporção corresponde ao composto carboneto de ferro (Fe_3C), também conhecido como cementita. O teor de 2,11% de carbono corresponde à máxima solubilidade deste elemento na solução sólida de Fe e C conhecida como austenita (fase γ) e define teoricamente o teor de carbono que separa os dois principais produtos siderúrgicos de utilidade na engenharia: aços e ferros fundidos. As microestruturas resultantes do resfriamento lento dos aços, a partir da fase austenítica, até a temperatura ambiente são geralmente compostas de ferrita ou de cementita pura e de uma estrutura denominada perlita (tipo de estrutura lamelar composta de ferrita e de cementita dispostas alternadamente).

Tendo como referência esse texto e a figura anterior, que representa o diagrama de equilíbrio Fe-C (observando-se as linhas cheias), julgue os itens a seguir.

51 A liga eutética corresponde a um teor de 4,3% de carbono no composto binário Fe-C.
JUSTIFICATIVA - CERTO. O ponto eutético é definido como a proporção de dois compostos ou de dois elementos químicos em uma mistura que apresenta a menor temperatura de fusão. No caso da liga Fe-C, corresponde ao ponto C na figura.

52 Aços hipoeutetoides apresentam teor de carbono superior a 0,77%.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. O ponto eutetoide é definido no diagrama como o ponto que corresponde ao teor de 0,77% de C, que apresenta a menor temperatura de transformação da solução sólida austenita (fase γ) para uma estrutura bifásica composta de ferrita (fase α) e de cementita (Fe_3C), considerando resfriamento lento. Hipoeutetoide refere-se a teores de carbono inferiores a 0,77%.

53 O carbono tem alta solubilidade no retículo cristalino do ferro, tanto na fase γ quanto na fase α.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. O carbono tem alta solubilidade relativa na fase γ, que apresenta estrutura cúbica de face centrada. Nesta fase, os aços apresentam-se na forma de um composto monofásico, em que o carbono está totalmente solubilizado no ferro γ, com teores de até 2,11%, conforme se observa na figura. Porém, a solubilidade do carbono na fase α é praticamente nula (muito pequena), devido à forma alotrópica com arranjo cúbico de corpo centrado que os átomos de ferro α assumem em temperaturas mais baixas. Conforme se pode observar no ponto P da figura, em que se verifica a máxima solubilidade do carbono em 0,0218% à temperatura de 727ºC.

54 Uma liga com teor de carbono abaixo de 0,77%, ao ser resfriada lentamente até a temperatura ambiente, a partir de uma temperatura em que somente a fase γ exista, forma uma estrutura composta de ferrita e de perlita.
JUSTIFICATIVA - CERTO. Um aço com teor de carbono abaixo de 0,77%, ao ser resfriado lentamente a partir da região austenítica, ao atingir a curva A_3 na figura forma ferrita diretamente a partir da austenita, compondo uma estrutura bifásica composta de ferrita e austenita. Ao atingir a temperatura de 727ºC, a austenita remanescente, com teor de 0,77% de C, transforma-se em uma estrutura bifásica, denominada perlita.

55 Após resfriamento lento desde a fase γ até a temperatura ambiente, as ligas Fe-C com teor de carbono entre 0,77% e 2,11% apresentam ferrita pura em sua microestrutura (fora da estrutura perlítica).
JUSTIFICATIVA - ERRADO. Aços com teores entre 0,77% e 2,11%, ao serem resfriados lentamente, iniciam a transformação da austenita (Fase γ) para cementita (Fe_3C) quando a temperatura atinge a curva A_{cm}. Reduzindo-se a temperatura até 727ºC, a cementita vai se formando nos contornos dos grãos da austenita. Abaixo dessa temperatura, a austenita remanescente, com teor de 0,77% de C, transforma-se em perlita. Portanto a estrutura resultante é formada de grãos de perlita cercados de cementita.

Quando submetidos à ação de tensões, alguns materiais metálicos se deformam plasticamente, o que possibilita a aplicação de processos de conformação mecânica que alteram a geometria inicial desses materiais e os força a assumir a geometria desejada. Para que determinado processo de conformação possa ser planejado e executado, é necessário conhecer as propriedades do material que se deseja conformar. A caracterização mecânica dos materiais é realizada por meio de ensaios mecânicos, como o ensaio de tração simples, no qual os resultados permitem avaliar o comportamento do material tanto no regime elástico quanto no regime plástico.

A respeito do significado dos resultados obtidos nesses ensaios, julgue os itens que se seguem.

56 De acordo com a Lei de Hooke, no regime elástico e para tensões inferiores ao chamado limite de proporcionalidade, a curva tensão *versus* deformação apresenta comportamento linear.
JUSTIFICATIVA - CERTO. A Lei de Hooke, ($\sigma = E\varepsilon$, em que σ é a tensão, E, o módulo de elasticidade, e ε, a deformação) representa o comportamento linear do material no seu regime elástico. A validade dessa relação linear limita-se a tensões iguais ou inferiores ao limite de proporcionalidade, a partir do qual a relação deixa de ser linear.

57 Em um processo de recalque de um cilindro de aço, inicialmente no estado recozido, realizado à temperatura homóloga de 0,4, ocorre o fenômeno da recristalização, por meio do qual, o material, depois de deformado, apresenta

resistência igual à do material não deformado.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. Temperatura homóloga é definida como a razão entre a temperatura de trabalho e a temperatura de fusão do material. Define-se temperatura de recristalização como aquela em que o material sofre recristalização **quando mantido pelo período mínimo de 1 h**, e seu valor situa-se no intervalo entre $0{,}3T_f$ e $0{,}5T_f$, (T_f = temperatura de fusão do material). O forjamento realizado à **temperatura homóloga de 0,4 é considerado um trabalho mecânico realizado "a morno"**, e a microestrutura resultante no material resultará em grãos deformados com alívio de tensões resultantes de um processo de recuperação. O tempo durante o qual o processo ocorre é muito inferior a 1 h e o material, após o recalque, não é mantido à temperatura de trabalho para que possa haver a recristalização. **Em consequência, a resistência mecânica resultante será maior que a do material não deformado, mantendo ainda uma boa ductilidade.**

58 Para determinar a tenacidade de um material, calcula-se a área sob a curva tensão *versus* deformação até o nível de deformação correspondente a 50% do nível de deformação máxima.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. A tenacidade é a propriedade que representa a capacidade de um material de absorver energia de deformação plástica e é quantificada pela área total sob a curva tensão verdadeira × deformação verdadeira, calculada até a deformação máxima atingida na ruptura do material.

59 Pelo critério da máxima tensão de cisalhamento, a diferença entre a maior tensão principal e a menor tensão principal, resultante do estado de tensões crítico escolhido, deve ser inferior à metade do limite de proporcionalidade do material.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. O erro está no termo "inferior à metade do limite de proporcionalidade...". Pelo critério da máxima tensão de cisalhamento, também chamado de critério de Tresca, a diferença entre a tensão principal máxima (σ_1) e a tensão principal mínima (σ_3), cujos valores são calculados a partir do estado de tensões crítico escolhido**, deve ser igual ou inferior ao limite de proporcionalidade (Y_{prop}) e não à sua metade, uma vez que no ensaio de tração simples, tem-se um estado de tensões em que somente uma tensão principal (a tensão axial, σ_1) é diferente de zero**. Do círculo de Mohr, a máxima tensão de cisalhamento (τ_{max}) é igual ao raio do círculo, que no caso é $Y_{prop}/2$. Já no caso de um estado de tensões mais complexo, a tensão de cisalhamento **máxima é calculada como sendo a metade da diferença entre a tensão principal máxima e a mínima**. Comparando as duas situações, deduz-se que $Y_{prop} \geq \sigma_1 - \sigma_3$

60 Na relação entre tensão verdadeira (σ) e deformação verdadeira (ε) representativa do comportamento mecânico de um material elasto-plástico encruável, $\sigma = K\varepsilon^n$, obtida a partir dos resultados de um ensaio de tração simples, o coeficiente de resistência K corresponde à tensão verdadeira necessária para se produzir uma deformação verdadeira unitária.
JUSTIFICATIVA - CERTO. Aplicando-se logaritmo em ambos os lados da expressão $\sigma = K\varepsilon^n$, obtém-se $\log \sigma = \log K + n \log \varepsilon$. Para $\varepsilon = 1$, tem-se que $\log 1 = 0$, e, portanto, $\log \sigma = \log K$, ou seja $K = \sigma|_{\varepsilon=1}$.

Com relação aos processos de soldagem, julgue os itens subsecutivos.

61 Nos casos de reparos em grandes estruturas por processos de soldagem, um procedimento indicado para reduzir o nível das tensões residuais é o martelamento do metal depositado e de suas adjacências, durante ou após a soldagem, mas esse procedimento é inadequado para materiais de baixa ductilidade.térmicos (recozimento para alívio de tensões, recozimento a alta temperatura, alívio de tensões a baixas temperaturas) ou mecânicos (martelamento, encruamento, vibração). No caso de grandes estruturas, somente são aplicáveis o alívio de tensões a baixas temperaturas e o martelamento, sendo este limitado a materiais com boa ductilidade.

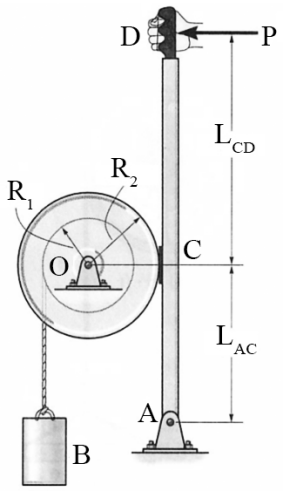
62 A grande aceitabilidade do processo de soldagem por eletrodo revestido MMA (*manual metal arc*) ou SMAW (*shielded metal arc welding*) pela indústria deve-se, entre outros motivos, à versatilidade do processo tanto em termos de variedade de consumíveis disponíveis quanto em termos de ligas e faixas de espessuras aplicáveis, além de simplicidade e baixo custo relativo.
JUSTIFICATIVA - CERTO. O processo SMAW tem grande aceitação na indústria devido ao baixo custo relativo do processo, simplicidade e portabilidade dos equipamentos e grande gama de consumíveis disponíveis no mercado. Entretanto, a qualidade das soldas é altamente dependente da habilidade do operador, tanto em termos de ajuste dos parâmetros do processo quanto de correta movimentação da tocha durante a soldagem.

63 No processo de soldagem a arco TIG (*tungsten inert gas*), para fundir localmente as partes a serem soldadas, utiliza-se o calor produzido pelo arco aberto entre um eletrodo de tungstênio, não consumível, e o material de base. Nesse processo, o argônio, o hélio, o dióxido de carbono (CO_2) ou a mistura desses gases são utilizados como gás de proteção.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. A descrição está correta a menos da afirmação "**Geralmente utiliza, como gás de proteção, o argônio, o hélio e o dióxido de carbono (CO_2) ou misturas entre os anteriores".** O processo TIG, pelo próprio nome (*tungsten inert gas*), utiliza gases inertes como gás de proteção contra o oxigênio do ar. O arco elétrico é formado pelo plasma resultante da ionização do gás inerte. O CO_2, apesar de ser inerte à temperatura ambiente, quando submetido a temperaturas elevadas, dissocia-se em CO + O, sendo o átomo de oxigênio altamente reativo e oxidando tanto o metal de base quanto o eletrodo de tungstênio. Na soldagem TIG de ligas de alta condutividade, pode-se adicionar à mistura de Ar e He, pequenas proporções de H_2 ou de N_2 para aumentar o aporte térmico.

64 Eletrodos com revestimento básico produzem soldas de média penetração e são indicados para aplicações de alta segurança. Entretanto, devem ser armazenados em estufas ou secadores para evitar risco de fragilização da solda por hidrogênio.
JUSTIFICATIVA - CERTO. Os eletrodos com revestimento básico propiciam uma solda de média penetração e boa qualidade, porém uma característica importante nesse tipo de eletrodo é o fato de seu revestimento ser higroscópico, o que demanda armazenamento em estufa de modo a reduzir o risco de produzir fragilização por hidrogênio nas soldas.

65 Na soldagem de aços inoxidáveis pelo processo GMAW (*gas metal arc welding*), utilizam-se misturas de argônio e gás carbônico (CO_2) como gás de proteção, nas proporções em volume de 20% a 50% de CO_2.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. No caso dos aços inoxidáveis, quando soldados pelo processo GMAW, são indicadas misturas levemente oxidantes de Ar e O_2, com percentuais **de 1% a 2% ou de Ar e CO_2, com percentuais entre 2% e 4%.** O excesso de oxigênio em misturas mais oxidantes pode afetar a composição da liga, por oxidação de elementos de liga, assim como produzir ejeção excessiva de gotículas, reduzindo tanto a qualidade da solda, quanto a eficiência da deposição. Misturas mais oxidantes são indicadas para aços carbono.

Espaço livre



R.C. Hlbbeler. **Mecânica dinâmica**. 8.ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999 (com adaptações).

A figura anterior ilustra um sistema de frenagem manual de um tambor de raio $R_2 = 50$ cm. A frenagem ocorre devido ao atrito de Coulomb entre a superfície externa do tambor e a superfície de contato de uma sapata de freio fixada no ponto C de uma barra, que é livre para girar em torno do ponto A. O coeficiente de atrito dinâmico entre as superfícies é $\mu_d = 0{,}8$. A força de frenagem depende da carga P aplicada no ponto D da barra. No tambor, há um carretel de raio $R_1 = 20$ cm, em que uma corda enrolada sustenta a carga B de massa $M_B = 20$ kg. A distância de D a C é $L_{CD} = 80$ cm. A distância entre C e A é $L_{AC} = 40$ cm. A massa do tambor é igual a $M_T = 60$ kg e o raio de giração em torno de seu eixo de rotação O é $k_0 = 40$ cm. O raio de giração é aqui definido como a distância em relação ao eixo de rotação em que se pode concentrar a massa total do tambor, de modo que o momento polar de inércia calculado para a massa concentrada seja equivalente ao momento polar de inércia calculado para a massa total distribuída.

Com base nessas informações e na figura precedente, julgue os próximos itens.

66 Se, no momento de aplicação da carga P, a massa B estiver em movimento descendente com velocidade constante, então, a partir desse momento, a barra AD estará submetida a esforços de flexão, cortantes e de compressão, no trecho AC.

JUSTIFICATIVA - ERRADO. Como o tambor gira no sentido anti-horário, exerce uma força de atrito no ponto C da barra com sentido para cima, R_y, e uma força de reação horizontal, R_x (força de contato), com sentido para a direita. A magnitude de R_y, por sua vez, depende da força de contato entre as superfícies e do coeficiente de atrito dinâmico, $R_y = \mu_d R_x$. Considerando que a barra não tem movimento, a soma de todas as forças atuantes, incluindo as reações do apoio A, deve ser igual a zero. A força de reação no apoio A deve ser decomposta em suas componentes nas direções horizontal, A_x, e vertical, A_y. Para haver equilíbrio de forças na direção horizontal, a reação do apoio A nessa direção deve ter sentido igual ao da força P. **A ação conjunta dessas forças (horizontais) sobre a barra gera esforços de flexão e esforços cortantes**. Por outro lado, para haver equilíbrio de forças na direção vertical, a soma da força de atrito com a força de reação do apoio A na direção vertical **deve ser igual a zero**. Como a força de atrito atuante na barra tem direção vertical com sentido para cima, a reação do apoio A na direção vertical tem magnitude igual e sentido inverso ao da força de atrito, ou seja, o trecho AC da barra **estará submetido a esforços de tração, além dos esforços de flexão e cortantes**.

67 Caso a barra AD tenha sido fabricada a partir de uma barra de perfil retangular uniforme, em que a face onde está fixada a sapata meça 2 cm e a outra, 4 cm, e caso se aplique ao ponto D uma carga P = 100 N, a região da barra onde a tensão máxima a que o material estará submetido se encontrará na vizinhança do ponto C, no trecho AC, e o valor dessa tensão máxima será superior a 50 MPa.

JUSTIFICATIVA - CERTO. A tensão máxima será resultado da soma da tensão máxima de tração resultante do momento fletor máximo aplicado à barra (que ocorre no ponto C) e da tensão de tração no trecho AC decorrente da aplicação da força de atrito. O máximo momento fletor, $M_{max} = P \times L_{CD} = 100\ N \times 0{,}80\ m = 80\ Nm$

A tensão máxima devida à flexão é calculada pela expressão $\sigma_{max_flexão} = (M_{max}c)/I$, em que c é a distância da fibra mais distante em relação à linha neutra, que no caso é igual a a/2 = 2 cm, e I é o momento de área da seção em relação ao eixo perpendicular à figura, passando pela linha neutra, sendo $I = ba^3/12$, no caso. Substituindo os valores fornecidos, $\sigma_{max_flexão} = 60$ MPa em tração no lado direito da barra. A tensão resultante da aplicação da força de atrito no ponto C produz tensões uniformes de tração na seção transversal da barra, no segmento AC, com magnitude igual a $\mu_d R_x/ab = 240/(2 \times 4 \times 10^{-4}) = 0{,}3 \times 10^6\ N/m^2 = 0{,}3$ MPa (mega pascal). Portanto, admitindo que essa tensão de tração já se apresente de maneira **uniforme logo abaixo do ponto C**, pode-se aproximar a máxima tensão de tração como a soma dos efeitos decorrentes da flexão e da tração, resultando em um **valor de 60,3 MPa.**

68 Considerando-se que $g = 10\ m/s^2$ seja a aceleração gravitacional, se, no instante de aplicação de uma carga P = 100 N, a massa B estiver em movimento descendente com velocidade $v_B = 2$ m/s, então a massa atingirá o repouso quando estiver a 1 m abaixo da sua posição inicial, isto é, posição correspondente ao momento de aplicação da força P.

JUSTIFICATIVA - ERRADO. Para calcular a distância percorrida, deve-se utilizar o princípio da conservação da energia. A energia inicial, no momento da aplicação da carga P, é igual à soma das energias cinéticas tanto da massa M_B (translacional), $T_{B1} = M_B(v_{B1})^2/2$, quanto da massa M_T (rotacional), $T_{T1} = I_o(\omega_1)^2/2$, e da energia potencial gravitacional da massa M_B, calculada em relação ao nível passando pelo ponto O, $v_{B1} = -M_B g h_1$. O momento de inércia do tambor, I_o, calculado em relação ao eixo de rotação, é dado por $I_o = M_T(k_o)^2$ e a velocidade angular, por $\omega_1 = v_1/R_1$. O trabalho realizado pela força de atrito é negativo (energia foi retirada do sistema) e é calculado pelo produto da força de atrito pelo deslocamento relativo entre a sapata e a superfície do tambor, $W = -\mu_d R_x \Delta h(R_2/R_1)$, sendo $\Delta h = h_2 - h_1$.

A energia final é somente devida à energia potencial gravitacional de M_B em sua nova posição, $v_{B2} = -M_B g h_2$, lembrando que as massas agora estão paradas. Aplicando o princípio da conservação: $T_{B1} + T_{T1} + v_{B1} + W = v_{B2}$.

Substituindo as parcelas de energia e simplificando, chega-se à equação:

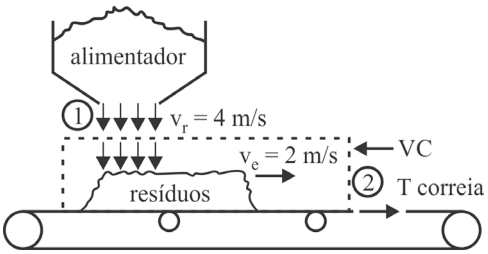
$\Delta h = ((v_{B1})^2/2) \times (1/(\mu_d R_x \Delta h(R_2/R_1) - M_B g) \times (M_B + M_T(k_o/R_1)^2)$.

Substituindo na equação acima os valores dos parâmetros mostrados no texto motivador, assim como o valor calculado para $R_x = 300$ N, com $v_{B1} = 2$ m/s, a **distância percorrida é de 1,3 m,** portanto superior ao valor incluído no item (1 m). Dessa forma, a afirmação está incorreta.

69 Para uma carga P = 100 N, a intensidade da reação horizontal no apoio A será de 300 N.

JUSTIFICATIVA - ERRADO. Para se calcular a reação no apoio A, há necessidade de se estabelecerem as equações de equilíbrio de forças atuando sobre a barra estática e de equilíbrio de momentos em relação ao ponto A. A partir da relação de equilíbrio de momentos, obtém-se que a força de reação horizontal exercida pelo tambor sobre a barra é dada pela equação $N = P \times (L_{AC} + L_{CD})/L_{AC} = 300$ N (sentido para a direita).

A reação horizontal (A_x) no apoio A é obtida a partir do equilíbrio de forças horizontais atuando sobre a barra, **resultando em $A_x = 200$ N** (sentido para a esquerda). Portanto, a afirmação está incorreta.



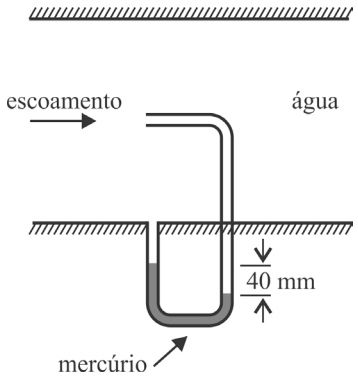
R.W. Fox e A. T. McDonald. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 2.ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981 (com adaptações).

Em uma usina de tratamento de lixo, uma esteira transportadora horizontal, ilustrada na figura precedente, leva resíduos sólidos leves, previamente triturados, para um incinerador. A esteira movimenta-se com velocidade constante $v_e = 2$ m/s. A partir de um alimentador, são despejados verticalmente resíduos à velocidade $v_r = 4$ m/s e vazão mássica de 250 kg/s.

Com base nessas informações, julgue o item a seguir, considerando que a massa específica do lixo triturado seja $\rho = 400$ kg/m^3.

70 Considerando que inicialmente a esteira esteja vazia e que o atrito no sistema de acionamento e nos rolos da esteira seja desprezível, a força de tração requerida à movimentação da correia durante o carregamento será igual a 500 N.

JUSTIFICATIVA - CERTO. Considerando o princípio da conservação da quantidade de movimento aplicado a um volume de controle inercial, tem-se que a soma de todas as forças que atuam no volume de controle é igual à soma da taxa de variação do momentum dentro do volume de controle com a taxa de efluxo de momentum resultante através da superfície do volume de controle. No caso da esteira, posiciona-se um volume de controle ao longo da esteira, abrangendo desde o ponto abaixo da saída do alimentador (1) até um ponto em que o resíduo ainda não chegou (2) (situação correspondente ao instante inicial em que somente há entrada de resíduos a partir do alimentador e ainda não há saída de material do volume de controle). Considerando que o momentum é um vetor e que nos interessa somente a direção longitudinal da esteira, pode-se aplicar a equação de conservação considerando somente as componentes de velocidade e momentum na direção paralela à esteira. Desta forma, a taxa de efluxo resultante nessa direção é nula, uma vez que o influxo de material ocorre verticalmente (componente de velocidade na direção analisada é nula) e ainda não se tem material deixando o volume de controle. Consequentemente, a equação de conservação reduz-se à igualdade entre a força de tracionamento da esteira, $T_{correia}$, e a derivada temporal da quantidade de movimento da massa de resíduos submetida à velocidade constante da esteira, que resulta no produto na velocidade da esteira pela vazão mássica de resíduos: $\mathbf{T_{correia} = V_{correia} \times dm/dt = 2\ m/s \times 250\ kg/s = 500\ kg\ m/s^2}$



R.W. Fox e A. T. McDonald. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 2.ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981 (com adaptações).

Para medir a vazão volumétrica de água que escoa no interior de uma tubulação, instalou-se um medidor, semelhante a um tubo de Pitot, com tomada para pressão de estagnação posicionada de forma alinhada à direção do escoamento, exatamente no centro do tubo de seção circular. A tomada da pressão estática foi posicionada na parede do tubo, na mesma seção transversal em que se posicionou a tomada de pressão de estagnação. A figura precedente mostra o esquema da montagem, em que se utilizou um manômetro de mercúrio para a medição da diferença entre a pressão de estagnação e a pressão estática.

Considerando que a densidade da água seja $\rho_{H_2O} = 1.000$ kg/m^3, do mercúrio, $\rho_{Hg} = 13.600$ kg/m^3, que a viscosidade cinemática da água seja $\nu_{H_2O} = 1 \times 10^{-6}$ m^2/s e que a aceleração gravitacional seja igual a 10 m/s^2, julgue os itens que se seguem, a respeito da situação apresentada e de outros aspectos ligados a escoamento de fluidos.

71 Para calcular a velocidade de escoamento de um fluido no centro de um tubo utilizando-se a equação de Bernoulli, deve-se considerar que o escoamento ao longo de uma linha de fluxo seja permanente, que o fluido seja incompressível e que, na desaceleração do escoamento ao longo da linha de fluxo de estagnação, o atrito viscoso seja desprezível.

JUSTIFICATIVA - CERTO. A afirmação do item está correta, segundo as condições de validade da equação de Bernoulli.

72 Na situação apresentada, considerando-se que o escoamento seja permanente, em regime turbulento e com perfil de velocidades totalmente desenvolvido, a velocidade máxima de escoamento será inferior a 3 m/s.

JUSTIFICATIVA - ERRADO. Admitidas as hipóteses que garantem a validade da equação de Bernoulli, e escolhendo uma linha de fluxo alinhada com o eixo longitudinal onde está a tomada da pressão de estagnação, tem-se que a variação de altura, $\Delta z = 0$ ao longo da linha de fluxo de estagnação. Aplicando a equação de Bernoulli ($p/\rho + V^2/2 + gz$ = constante) em dois pontos da linha, sendo um deles o ponto de estagnação com pressão p_0 e velocidade nula e o outro com pressão p e velocidade V, tem-se:

$p_0/\rho = p/\rho + V^2/2$. Rearranjando os termos, pode-se escrever a expressão da velocidade como função da diferença entre a pressão de estagnação e a pressão estática, p:

$V = (2(p_0 - p)/\rho)^{1/2}$. A diferença de pressão, por sua vez, é calculada diretamente do manômetro de tubo, via a diferença de altura entre os meniscos:

$p_0 - p = \rho_{Hg}gh - \rho_{H2O}gh = \rho_{H2O}gh(\rho_{Hg}/\rho_{H2O} - 1)$.

Substituindo na equação da velocidade:

$V = (2\ (\rho_{H2O}gh(\rho_{Hg}/\rho_{H2O} - 1)/\rho_{H2O})^{1/2}$

$V = (2\ (gh(\rho_{Hg}/\rho_{H2O} - 1))^{1/2}$

Substituindo os valores:

$V = (2 \times (10\ m/s^2) \times (0{,}040\ m) \times (13.6 - 1))^{1/2}$

$V = (0{,}8 \times 12{,}6)^{1/2} = (10{,}08)^{1/2} = 3{,}17\ m/s > 3{,}0\ m/s$

Com escoamento turbulento ou laminar, a velocidade máxima localiza-se no centro do tubo, portanto o item está incorreto, uma vez que afirma que a **velocidade do escoamento é menor que 3 m/s.**

73 Admitindo-se que, na situação apresentada, a velocidade de escoamento da água dentro do tubo cilíndrico, medida por meio de um tubo de Pitot localizado no centro do tubo, seja de 2 m/s, então, se o tubo tiver 1 m de diâmetro, o escoamento será considerado laminar.

JUSTIFICATIVA - ERRADO. O número de Reynolds para um tubo pode ser calculado pela expressão:

$Re = \rho V_{med} D/\mu = V_{med} D/\nu$,

em que ρ é a massa específica do fluido, V_{med} é a velocidade média do escoamento, D é o diâmetro interno do tubo (comprimento característico), μ é a viscosidade absoluta e ν, a viscosidade cinemática. Substituindo os valores constantes no texto motivador e no texto do item, tem-se:

$Re = (2\ m/s) \times (1\ m)/(10^{-6}\ m^2/s) = 2 \times 10^6$

Como $Re = 2 \times 10^6 > 2.300$.

74 O número de Reynolds pode ser interpretado como a razão entre as forças inerciais e as forças viscosas atuantes em um escoamento, e seu valor pode ser usado para caracterizar se o escoamento está em regime laminar ou turbulento.
JUSTIFICATIVA - CERTO. O número de Reynolds é um número adimensional por meio do qual se caracteriza o tipo de escoamento vigente (laminar ou turbulento). É interpretado como a razão entre as forças inerciais atuantes em um fluido em movimento e as forças viscosas atuantes no seu escoamento.

Julgue os próximos itens, relativos a metodologias de projeto, dimensionamento de componentes e propriedades de materiais.

75 A confiabilidade de um componente mecânico corresponde à medida da probabilidade de esse componente não falhar durante o uso a que se destina.
JUSTIFICATIVA - CERTO. Confiabilidade pode ser definida como o complemento da probabilidade de falha.

76 Do ponto de vista funcional e econômico, as tolerâncias dimensionais de projeto de uma peça influenciam a produtibilidade do produto final.
JUSTIFICATIVA - CERTO. Quanto menores forem as tolerâncias dimensionais de uma peça, maiores serão o custo de fabricação do produto e o risco de falhas na sua fabricação, assim como melhor será sua durabilidade e seu desempenho.

77 As tensões nominais ou de engenharia observadas em ensaios de tração levam em consideração à diminuição da área do corpo de prova à medida que o material se deforma plasticamente.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. As tensões nominais ou de engenharia observadas em ensaios de tração não levam em consideração a diminuição da área do corpo de prova enquanto o material se deforma plasticamente.

78 Em um projeto de máquinas, a exata composição química do material e o efeito da variação de suas propriedades, além da intensidade e da distribuição do carregamento, são fatores considerados imprevisíveis.
JUSTIFICATIVA - CERTO. A composição química do material e suas propriedades sempre serão um ponto de incerteza em um projeto de máquinas e peças. Também a distribuição do carregamento pode ocorrer de forma imprevisível.

79 No fator de segurança a ser adotado na fabricação de uma peça ou um componente mecânico, devem-se considerar a probabilidade de falha, as normas vigentes e os custos econômicos associados à fabricação.
JUSTIFICATIVA - CERTO. O fator de segurança a ser adotado deve abranger a probabilidade de falha, pois quanto maior essa probabilidade, maior deverá ser o fator de segurança. Além disso, deve-se atentar para as normas vigentes e para os custos econômicos de fabricação, senão o fator de segurança poderá inviabilizar a fabricação do componente.

Com relação a elementos de máquinas, julgue os itens que se seguem.

80 A pré-carga é a força de cisalhamento produzida pelo aperto de um parafuso para que duas ou mais partes se mantenham unidas.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. A pré-carga é a força de tração produzida pelo aperto de um parafuso para manter duas ou mais partes unidas.

81 Considera-se ideal o comprimento de um parafuso de porca que permita que três ou mais fios de roscas projetem-se da porca depois de o parafuso ser apertado.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. O comprimento ideal de um parafuso de porca é aquele em que um ou dois fios de roscas se projetam da porca depois que o parafuso é apertado.

82 A tensão devido à curvatura de molas helicoidais é mais relevante durante carregamentos estáticos que em carregamentos cíclicos.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. A tensão devido à curvatura de molas helicoidais é relevante principalmente durante carregamentos cíclicos, sendo irrelevante durante carregamentos estáticos.

83 Engrenagens cilíndricas de dentes retos são utilizadas para transmitir movimento entre dois eixos paralelos e recomendadas a aplicações que exigem pouco ruído.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. Engrenagens cilíndricas de dentes retos são utilizadas para transmitir movimento entre dois eixos paralelos e são recomendadas em aplicações que permitem grandes ruídos.

84 Mancais de deslizamento são especialmente adequados para aplicações em maior velocidade, com menor atrito e em baixas cargas.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. Mancais de deslizamento são mais adequados para aplicações em menor velocidade, com maior atrito e altas cargas.

85 Comparados a rolamentos de esferas, rolamentos de rolos suportam maiores cargas e devem ser utilizados em velocidades menores.
JUSTIFICATIVA - CERTO. Em comparação a rolamento de esferas, rolamentos de rolos suportam cargas maiores e devem ser utilizados em velocidades menores.

Julgue os itens subsecutivos, relativos aos processos de soldagem.

86 Uma desvantagem do processo de soldagem TIG (*tungsten intert gas*) é o controle independente entre a fonte de calor e a adição do metal de enchimento, pois isso dificulta o controle da energia transferida para a peça.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. Uma vantagem do processo de soldagem TIG (*tungsten intert gas*) é o controle independente entre a fonte de calor e a adição do metal de enchimento, o que proporciona excelente controle da energia transferida para a peça.

87 O arco elétrico é uma fonte de calor muito utilizada na soldagem por fusão de materiais metálicos, porque apresenta, entre outras vantagens, uma concentração adequada de energia para a fusão do metal de base.
JUSTIFICATIVA - CERTO. O arco elétrico é a fonte de calor mais utilizada na soldagem por fusão de materiais metálicos, pois apresenta, além de outras vantagens, uma concentração adequada de energia para a fusão do metal de base.

88 Os riscos envolvidos nos processos de soldagem incluem queimaduras, choque elétrico e inalação de gases.
JUSTIFICATIVA - CERTO. Os riscos de queimaduras, choque elétrico e inalação de gases estão presentes nos processos de soldagem, principalmente em soldas com arco elétrico.

89 A principal finalidade do martelamento durante o processo de soldagem é dar acabamento superficial ao material depositado.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. O martelamento durante ou após o processo de soldagem tem por função principal o alívio das tensões residuais mediante o refino dos grãos.

A respeito dos ciclos termodinâmicos, julgue os itens a seguir.

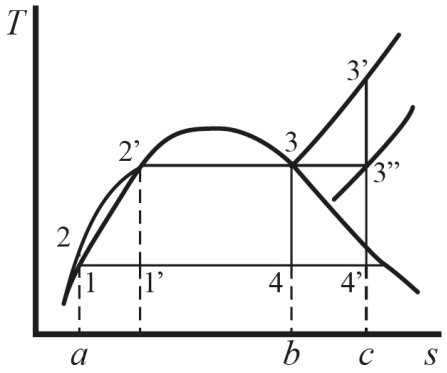
90 Em um ciclo de compressão de vapor, o evaporador retira calor do fluido refrigerante após sua expansão.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. O evaporador é responsável por absorver calor do fluido refrigerante após sua expansão em ciclos de compressão de vapor.

91 Em um ciclo-padrão a ar Brayton, o fluido de trabalho não apresenta mudança de fase.
JUSTIFICATIVA - CERTO. Em ciclo Brayton, o fluido de trabalho não apresenta mudança de fase, pois está sempre na fase de vapor.

92 Um sistema de expansão indireta dispõe de torres de resfriamento a água ou ar para condensação do gás refrigerante e produz água fria para trocadores de calor.
JUSTIFICATIVA - CERTO. Sistemas de expansão indireta são sistemas de refrigeração em que há a transferência de calor

em mais de um meio antes de se transferir o calor contido no meio que se deseja resfriar, no caso o ar do ambiente.

93 A seguinte figura ilustra um ciclo de Rankine com trabalho representado pela área 1-2-2'-3-4-1.



JUSTIFICATIVA - CERTO. O ciclo representado pela figura é um ciclo de Rankine, sendo o calor transferido ao fluido de trabalho representado pela área *a*-2-2'3-*b*-*a*, e o calor transferido ao fluido de trabalho, pela área *a*-1-4-*b*-*a*. O trabalho é representado pela diferença entre essas duas áreas, logo: 1-2-2'-3-4-1.

Com relação a características de sistemas de automação hidráulicos e pneumáticos, julgue os próximos itens.

94 O resfriamento de sistemas pneumáticos é apropriadamente feito utilizando-se a própria umidade do ar.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. A combinação de ar comprimido com umidade em excesso ocasiona mau funcionamento do sistema, rápido desgaste das vedações, além de corrosão e travamento de componentes.

95 O símbolo a seguir representa uma válvula direcional de três posições e quatro vias, com acionamento manual.

JUSTIFICATIVA - CERTO. O símbolo representa uma válvula de quatro vias e três posições, com centro fechado e de acionamento manual.

96 Em sistemas que requerem velocidade constante, sistemas pneumáticos possuem maior precisão de movimento que sistemas hidráulicos.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. Devido à compressibilidade do ar, sistemas pneumáticos não possuem controle preciso e constante de velocidade dos atuadores.

97 O nível de pressão de trabalho em sistemas pneumáticos é menor que em sistemas hidráulicos.
JUSTIFICATIVA - CERTO. Nas aplicações industriais, o nível de pressão de sistemas hidráulicos pode chegar a 210 bar, enquanto em sistemas pneumáticos raramente ultrapassa 120 bar.

A respeito de terotecnologia, julgue os itens a seguir.

98 A terotecnologia cuida efetivamente do ciclo completo de vida de cada equipamento de um sistema produtivo: desde a concepção do projeto do equipamento, ela prevê a presença de profissionais capacitados nas áreas de produção e manutenção, buscando melhor adequar a função que eles desempenharão e a padronização com outros equipamentos do sistema produtivo.
JUSTIFICATIVA - CERTO. A terotecnologia cuida efetivamente do ciclo completo de vida de cada equipamento de um sistema produtivo, prevendo, desde a concepção do seu projeto, a presença de profissionais capacitados da produção e da manutenção, buscando a melhor adequação com a função que será desempenhada e padronização com outros equipamentos do sistema produtivo.

99 A fase de consolidação da terotecnologia é identificada por meio dos índices de disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade dos equipamentos.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. É na fase de implantação que se devem usar os índices de disponibilidade, confiabilidade e manutenibilidade. Na fase de consolidação, espera-se a obtenção de resultados que demonstrem o alcance e a manutenção da terotecnologia.

Com relação à manutenção e sua gestão estratégica, julgue os itens seguintes.

100 O sistema *just in time* foi viabilizado após a implementação da gestão de manutenção produtiva total (MPT), que tinha como objetivo principal melhorar a confiabilidade dos equipamentos e aumentar a qualidade dos processos.
JUSTIFICATIVA - CERTO. O sistema *just in time* só foi viabilizado após a gestão e a manutenção produtiva total ter sido implementada, no início dos anos 60 do século passado.

101 A manutenção corretiva que não é iniciada imediatamente após a detecção da pane, mas é retardada de acordo com certas regras de manutenção, é denominada manutenção não programada.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. A manutenção corretiva descrita no item é denominada manutenção deferida. A manutenção não programada é a manutenção que não é feita de acordo com um programa preestabelecido, e sim depois da recepção de uma informação relacionada ao estado de um item.

102 O programa de confiabilidade e manutenibilidade destina-se a implementar a estrutura da organização, as responsabilidades, os procedimentos, as atividades, as capacidades e os recursos que, em conjunto, visam garantir o atendimento de um item aos requisitos de confiabilidade e manutenibilidade exigidos por um projeto ou contrato.
JUSTIFICATIVA - CERTO. Denomina-se programa de confiabilidade e manutenibilidade o conjunto documentado de atividades, recursos e eventos planejados segundo um cronograma e destinados a implementar a estrutura da organização, as responsabilidades, os procedimentos, as atividades, as capacidades e os recursos que, em conjunto, visam garantir que um item atenda aos requisitos de confiabilidade e manutenibilidade exigidos por um projeto ou contrato.

103 Quando viável, a manutenção preventiva, que pode ser feita mediante uso de sensoriamento remoto, análise de vibrações, termografia, entre outras técnicas, permite que reparos e substituições de peças sejam feitos exatamente quando necessários.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. A manutenção que permite que reparos e substituições de peças sejam feitos exatamente quando necessários consiste na manutenção preditiva. A manutenção preventiva estabelece reparos e substituições em intervalos regulares.

104 A manutenção preventiva é feita aplicando-se sistematicamente técnicas de análise e utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem para diminuir a necessidade de manutenção corretiva e garantir a qualidade desejada de serviço.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. O item discorre sobre manutenção controlada/manutenção preditiva, e não sobre manutenção preventiva. A manutenção preventiva prevê que a manutenção seja efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, e destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.

Com relação à manutenção centrada na confiabilidade (MCC) e à manutenção produtiva total (MPT), julgue os próximos itens.

105 A MPT é um programa que enfatiza planejamento e ação preditiva e que altera a cultura reativa para uma atitude proativa de atuar antes da falha.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. A ação correta é a preventiva, e não a preditiva.

106 Assim como a MPT, a MCC é uma metodologia que identifica as práticas mais indicadas para se realizar

determinada operação preservando-se as funções existentes na organização.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. A MPT é um processo de gestão mais voltado para o resultado. Antes de uma política de manutenção, é uma filosofia de trabalho, com forte dependência de envolvimento dos mais diferentes níveis da organização.

107 No âmbito da MCC, as consequências de uma falha são os aspectos-chave que orientam as ações preventivas e definem a prioridade e a intensidade dessas ações.

Com relação à análise das causas raízes de falha (RCFA) e à análise de modos de efeitos de falhas (FMEA), julgue os itens a seguir.

108 Para superar deficiências do projeto, a FMEA de projeto não enfatiza o controle dos processos implantados.
JUSTIFICATIVA - CERTO. A FMEA de projeto deve enfatizar a melhoria contínua do projeto, considerando os limites tecnológicos dos processos implantados, que podem envolver limitações referentes ao acabamento superficial, à dureza e resistência dos materiais, dimensões das ferramentas de usinagem e capabilidade dos processos de manufatura.

109 RCFA é o método qualitativo de análise de confiabilidade que envolve o estudo dos modos de falha, especialmente em equipamentos industriais, que podem ocorrer em cada item, o que determina os efeitos de cada modo de falha sobre outros itens e sobre a função específica do conjunto.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. O conceito apresentado não corresponde ao de RCFA, mas ao de FMEA. RCFA é uma metodologia que demonstra ser imprescindível para qualquer organização, especialmente para a manutenção industrial que necessita eliminar a reincidência de falhas para sair do modo reativo.

A respeito do programa 5S, julgue o item subsecutivo.

110 Conceito defendido pelo programa 5S, a autodisciplina pressupõe melhoramento contínuo a partir de novas atitudes do trabalhador no seu ambiente de trabalho, atitudes essas convergentes com aquelas necessárias para a realização de serviços de qualidade superior.
JUSTIFICATIVA - CERTO. O programa 5S preza pelo melhoramento contínuo ao qual o trabalhador deverá se adequar de maneira harmônica, melhorando o ambiente quanto a arrumação, ordenação, limpeza, asseio e autodisciplina.

Com relação à organização dos serviços de manutenção nas empresas, julgue o item a seguir.

111 Os custos indiretos correspondem aos custos com manutenção preventiva, preditiva e detectiva, inspeção, reparos ou revisões e manutenção corretiva em geral.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. Os custos indiretos são aqueles relacionados com a estrutura gerencial e de apoio administrativo, custos com análises, estudos e melhoria, engenharia de manutenção, supervisão, entre outros.

Com relação ao disposto na norma ABNT NBR 13463:1995 acerca de resíduos hospitalares, julgue o próximo item.

112 O acondicionamento de resíduos sólidos de serviços de saúde deve ser feito exclusivamente em recipientes rígidos ou em contêineres metálicos coletores hospitalares.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. A NBR 13463:1995 prevê o acondicionamento dos resíduos de serviços de saúde em saco plástico descartável e contêiner coletor hospitalar, não listando recipiente rígido para esse caso.

Com relação ao disposto na norma ABNT NBR 11228-3 a respeito da classificação de riscos, de ergonomia e de movimentação manual de cargas, julgue os itens subsecutivos.

113 Na movimentação manual de cargas, boa empunhadura e respeito à carga máxima a ser movimentada são condições essenciais para minimizar riscos de acidentes. A coleta de resíduos urbanos deve ser feita com precauções extras, devido à natureza dinâmica do desenho dos objetos manipulados.
JUSTIFICATIVA - CERTO. O desenho de um objeto, segundo a NBR 11228-1, tem relação com o formato, com o centro de gravidade e com a rigidez do objeto. A coleta de resíduos é feita com a movimentação de sacos/sacolas, baldes, contêineres, entre outros recipientes. Os resíduos não são objetos únicos, sendo compostos de particulados, líquidos e objetos de forma e consistência variáveis. Assim, os resíduos possuem desenho de natureza dinâmica, o que exige maiores cuidados em sua movimentação.

114 Quanto à movimentação manual de cargas, independentemente da metodologia utilizada, a classificação dos riscos é apresentada nos seguintes níveis: nenhum risco, risco baixo, risco médio, risco alto e risco proibitivo.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. A NBR 11228-3 estabelece apenas três classificações de risco: (a) nenhum risco; (b) risco bem baixo; e (c) risco.

Com relação aos sistemas CAD (*computer-aided design*) e com base nas normas brasileiras de desenho técnico, julgue os itens a seguir.

115 De maneira geral, os sistemas CAD são *softwares* que oferecem recursos computacionais para auxiliar na modelagem e na representação gráfica de sistemas de engenharia.
JUSTIFICATIVA - CERTO. O sistema CAD é uma ferramenta ou *software* criado para auxiliar no desenvolvimento de projetos e na modelagem aplicados a diversas áreas.

116 O AutoCAD é um *software* que permite simular sistemas mecânicos por meio de malhas de elementos finitos. Essas malhas possibilitam a análise numérica da resistência mecânica de sistemas a esforços estáticos ou dinâmicos.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. O AutoCAD é um *software* desenvolvido para a representação gráfica de projetos de engenharia, podendo gerar uma representação tridimensional de objetos. Essa representação pode ser utilizada por outros *softwares*, e não pelo AutoCAD, para análises como as descritas no item.

117 As normas brasileiras para a representação de desenhos técnicos mecânicos preveem como padrão a utilização obrigatória da representação tridimensional de sólidos para a documentação de projetos de sistemas mecânicos.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. A documentação de projetos de sistemas mecânicos deve ser feita utilizando-se projeções bidimensionais de perspectivas, conforme as normas técnicas brasileiras. A representação tridimensional é apenas uma referência de visualização meramente opcional.

118 Ferramentas de gestão de processos e de gestão de projetos, como o MS Project, estão em níveis de abstração diferentes quando comparadas com sistemas CAx (*computer-aided x*): enquanto sistemas CAx operam no nível das variáveis físicas, aquelas ferramentas operam em um nível mais sistêmico. A integração desses diferentes níveis tem sido um grande desafio da indústria moderna, sendo os sistemas de BI (*business intelligence*) um exemplo dessa integração.
JUSTIFICATIVA - CERTO. Sistemas de BI implementam correlações entre variáveis de baixo nível e outras de nível mais alto, permitindo a visualização e a análise de causas e efeitos dentro de um sistema industrial.

119 No AutoCAD, geradores automáticos de elementos mecânicos podem ser criados por meio de rotinas escritas em linguagem de programação AutoLISP. Essas rotinas, apesar de muito úteis quando se utilizam bibliotecas de elementos — como parafusos e porcas, por exemplo —, não se aplicam para automatizar tarefas nem para parametrizar projetos prontos.
JUSTIFICATIVA - ERRADO. As rotinas em AutoLISP são muito utilizadas em projetos paramétricos, permitindo uma grande flexibilidade de projeto e automatizando tarefas repetitivas na criação de bibliotecas de qualquer tipo de objeto.

Com relação a ferramentas e métodos de gestão de projeto, julgue o item seguinte.

120 Gráficos Gantt, PERT/CPM e redes de Petri são diagramas comuns para a visualização de tarefas e seus requisitos. O *software* MS Project permite que o gestor explore esses diagramas e analise gargalos, riscos e criticidade de tarefas.

JUSTIFICATIVA - ERRADO. Redes de Petri são autômatos utilizados para representação de sistemas a eventos discretos. Não são diagramas utilizados para gestão de projetos. Gantt e PERT/CPM, por sua vez, são amplamente utilizados com esse fim.

Espaço livre