



**XXIV Olimpíada Brasileira de
Química – OBQ 2019**
PARTE I - QUESTÕES DE MÚLTIPLA ESCOLHA

Leia o texto abaixo e responda as Questões 1 e 2:

Em janeiro de 2019 o mundo ficou consternado com a tragédia do rompimento da barragem de Brumadinho-MG. Além de centenas de mortes provocadas pelo avanço da lama (rejeitos de mineração), houve danos incalculáveis à saúde pública e ao meio ambiente. Uma das grandes preocupações ambientais relacionadas com esse desastre foi o alcance dos rejeitos à Barragem de Três Marias, que fica no Rio São Francisco. Vazaram da barragem cerca de 12 milhões de metros cúbicos de rejeitos, oriundos da extração e beneficiamento de ferro. Em sua maior parte, as impurezas do minério de ferro são silicatos como areia e argilas, mas contém também compostos de outros elementos como Al, Cd, Cu, Hg, Mn e Pb.

Considere também as seguintes informações complementares:

- Capacidade total da Barragem de Três Marias: 20 bilhões de metros cúbicos de água;
- O Volume de água da Barragem de Três Marias: 60 % da capacidade total;
- A concentração de chumbo na Barragem de Três Marias é equivalente à concentração limite característica de água doce, conforme a tabela abaixo:

Legislação	Padrão Referente	Limite (mg)
Resolução N ^o 357/2005 – CONAMA	Águas Doces	0,033
Resolução N ^o 430/2011 – CONAMA	Lançamentos de efluentes	0,50
Portaria N ^o 05/2017 – MS	Potabilidade	0,01

Questão 3 – O câncer de pele não-melanoma é o tipo mais comum da doença no Brasil, que corresponde a 30 % de todos os tumores malignos registrados. Segundo o Instituto Nacional do Câncer (INCA, www.inca.gov.br/tipos-de-cancer/), a estimativa para 2018 era de 165,5 mil novos

- I. ao meio ambiente e ao próprio homem quando ingeridos ou em contato com a pele.
- II. Concentrações significativas de alguns minérios que contêm mercúrio e chumbo, além dos seus respectivos íons solúveis, em fontes aquáticas utilizadas para o consumo humano, estão entre os principais problemas ambientais do desastre de Brumadinho.
- III. O minério de ferro pode ser separado da areia por flotação devido a sua maior densidade.
- IV. Uma água com concentração de chumbo de $1,6 \times 10^{-7} \text{ mol L}^{-1}$ é classificada como potável. Estão CORRETOS apenas os itens:
 - a) II e III;
 - b) II, III e IV;
 - c) I, II, III e IV;
 - d) III e IV;
 - e) II e IV

Questão 2 – Qual seria a concentração de chumbo na Barragem de Três Marias caso vinte por cento da lama da Barragem de Brumadinho fosse despejada na mesma. Considere uma adição instantânea da lama, com completa homogeneização.

- a) 0,035 g L⁻¹ ;
- b) 0,043 mg L⁻¹ ;
- c) 0,035 mgL⁻¹ ;
- d) 0,043 g L⁻¹ ;
- e) 2,000 mg L⁻¹

casos de câncer de pele não-melanoma e 6.260 casos de melanoma, o tipo mais agressivo. Os níveis de irradiância ultravioleta efetiva (IUV) indicam o risco de exposição ao Sol para pessoas de pele do Tipo II (pele de pigmentação clara). O tempo de exposição segura (TES) corresponde ao



tempo de exposição aos raios solares sem que ocorram queimaduras de pele. Na tabela abaixo, é mostrada a correlação entre riscos de exposição, IUV e TES.

Risco de exposição	IUV	TES (em minutos)
Baixo	0 a 2	Máximo 60
Médio	3 a 5	30 a 60
Alto	6 a 8	20 a 30
Extremo	Acima de 8	Máximo 20

Uma das maneiras de se proteger contra queimaduras provocadas pela radiação ultravioleta é o uso dos cremes protetores solares, cujo Fator de Proteção Solar (FPS) é calculado pela razão entre o tempo de exposição mínima para produção de vermelhidão na pele protegida (TPP) e o tempo de exposição mínima para produção de vermelhidão na pele desprotegida (TPD). Assim, o FPS mínimo que uma pessoa de pele Tipo II necessita para evitar queimaduras ao se expor ao Sol, considerando para o TPP o intervalo das 12:00 às 14:00 horas, num dia em que a irradiância efetiva é maior que 8, de acordo com os dados fornecidos, é:

- a) 6
- b) 4
- c) 8
- d) 10
- e) 20

Questão 4 – A Organização das Nações Unidas proclamou o ano de 2019 como o Ano Internacional da Tabela Periódica, por conta dos 150 anos da proposição desta tabela, pelo químico russo Dmitri Mendeleev. As características periódicas são essenciais para se predizer as propriedades de um determinado elemento ou substância. Uma dessas propriedades é a energia de ionização. Quais são os quatro fatores que afetam os valores obtidos da energia de ionização para um determinado elemento?

- a) Número de Elétrons, Raio Covalente, Grupo, Eletronegatividade;
- b) Período, Número Atômico, Raio Covalente, Número de níveis;
- c) Carga Nuclear, Número Atômico, Grupo, Afinidade eletrônica;

- d) Carga Eletrônica, Período, Subnível, Estado Físico;
- e) Carga Nuclear, Efeito de Blindagem, Raio Atômico, Subnível.

Questão 5 – A Vitamina C é considerada fundamental para a saúde do indivíduo. Uma de suas funções mais importantes no corpo humano é evitar que o ferro seja oxidado do estado +2 para o estado +3. O ferro é importante, pois a sua deficiência causa, entre outros problemas, a anemia. Assim, a ingestão de Vitamina C com alimentos que contenham ferro é importante para a manutenção da saúde de um indivíduo. Isso ocorre por que?

- a) O Fe^{2+} é menos reativo do que o Fe^{3+} ;
- b) Como o Fe^{3+} é mais reativo do que o Fe^{2+} , a Vitamina C oxida o mesmo, impedindo qualquer reação;
- c) O Fe^{3+} é um agente redutor, com um potencial de oxidação maior do que a Vitamina C;
- d) A Vitamina C é um agente redutor, com um potencial de oxidação maior do que o ferro;
- e) A Vitamina C forma um complexo octaédrico com o Fe^{3+} , impedindo-o de reagir com qualquer substância, no corpo humano.

Questão 6 – De acordo com uma recente reportagem, cientistas japoneses estão tentando sintetizar o elemento químico de número atômico 119. Suponha que alguns comportamentos químicos deste elemento sejam a reação com a água e a solubilidade de seu respectivo fosfato. Assim, assinale a opção CORRETA:

- a) A reação com água ocorreria e seria formada uma solução básica; o fosfato desse elemento seria insolúvel em água.
- b) A reação com a água ocorreria e seria formada uma solução ácida; o fosfato desse elemento seria pouco solúvel em água.
- c) A reação com a água ocorreria e seria formada uma solução básica; o fosfato desse elemento seria solúvel em água.
- d) A reação com água não ocorreria; o fosfato desse elemento seria solúvel somente em compostos orgânicos apolares.
- e) A reação com a água não ocorreria; o fosfato desse elemento seria insolúvel em água



Questão 7 – Uma das formas de obtenção de cobre metálico, essencial para uso em eletricidade, é passar gás amônia sobre óxido de cobre(II) aquecido. Nessa reação são obtidos cobre metálico, nitrogênio e vapor d'água. Considerando que 100 g do óxido de cobre(II) tem 95 % de pureza e que a reação tem um rendimento de 75 %, assinale a opção CORRETA.

Dados de Massa Molar (g mol^{-1}): Cu = 63,5; N = 14,0; H = 1,0; O = 16,0

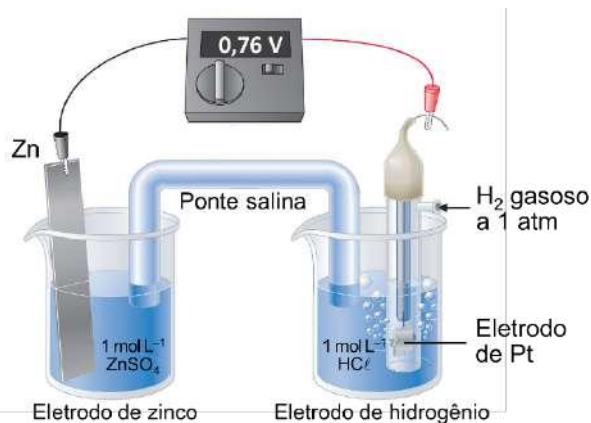
- $1,73 \times 10^{23}$ moléculas de água foram obtidas;
- 10,72 L de gás nitrogênio, nas CNTP, foram obtidos;
- 0,89 mol de cobre metálico foi obtido;
- $2,43 \times 10^{23}$ átomos de cobre metálico foram obtidos;
- 128,75 g de produtos foram obtidos.

Questão 8 – Uma técnica clássica de quantificação é a titulação do excesso de ácido ou base em uma reação de neutralização. Para exemplificar, no laboratório um estudante de química reagiu 1,295 g de amostra de um carbonato metálico (MCO_3) com 500 mL de solução de HCl $0,100 \text{ mol L}^{-1}$. O ácido HCl excedente foi neutralizado por 32,80 mL de NaOH $0,588 \text{ mol L}^{-1}$. Com base nos dados identifique o metal M.

Dados de Massa Molar (g mol^{-1}): C = 12 e O = 16.

- Ba (137,3 u);
- Zn (65,4 u);
- Cu (63,5 u);
- Mg (24,3 u);
- Ca (40,1 u).

Questão 9 (NULA) – Na figura abaixo visualiza-se a célula galvânica para mensurar o potencial padrão de redução do zinco (E°), a 25°C . Em outra condição para a célula galvânica, o seu potencial (E) foi medido a 25°C , sendo obtido o valor de 0,54 V. Considere que $\text{Zn} = 1,0 \text{ mol L}^{-1}$ e que $p(\text{H}_2) = 1,0 \text{ atm}$. Calcule a concentração aproximada, em quantidade de matéria, de H_3O^+ .



Dados de constante dos gases, $R = 8,315 \text{ J K}^{-1}$

mol^{-1} e constante de Faraday, $F = 96500 \text{ C mol}^{-1}$.

- $2 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$;
- $4 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$;
- $2 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$;
- $4 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$;
- $2 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$.

Questão 10 – A química nuclear é o estudo das reações que envolvem alterações dos núcleos atômicos. Começou com a descoberta da radioatividade natural por Antoine Becquerel seguido das investigações subsequentes de Pierre e Marie Curie, entre muitos outros. Quanto às reações nucleares pode-se afirmar que:

- Os elementos (ou isótopos do mesmo elemento) são convertidos um no outro.
- Podem estar envolvidos os prótons, os nêutrons, os elétrons e outras partículas elementares.
- As reações são acompanhadas da absorção ou liberação de pequenas quantidades de energia.
- As velocidades das reações normalmente são afetadas pela temperatura, pela pressão ou pelos catalisadores. As afirmações acima são, respectivamente.

- V, F, F e V;
- V, V, F e F;
- V, F, V e F;
- F, V, V e F;
- F, F, V e V.



PARTE II - QUESTÕES ANALÍTICO-EXPOSITIVAS

Questão 11 – (ANULADA) Teste falha ao indicar que herbicida é cocaína, e homem fica 21 dias preso no Paraná. Um empresário no oeste do Paraná foi detido por policiais rodoviários federais depois que um teste preliminar indicou cocaína em pacotes supostamente contendo herbicida, encontrados no carro que ele dirigia. É um produto vendido sem restrição e que pode ser comprado por qualquer pessoa. Segundo o motorista, o produto foi comprado para matar ervas daninhas e mesmo assim os policiais rodoviários continuaram desconfiados e se convenceram de que era cocaína depois de fazerem o narcoteste. A justiça concedeu a liberdade após um laudo do Instituto de Criminalística do Paraná apontar que a substância não era droga ilícita. Em nota, a PRF informou que esta é a primeira vez no Paraná que se registra um “falso positivo” no narcoteste. O comunicado explica ainda que a identificação definitiva é feita por meio de perícia. (adaptado de <https://g1.globo.com/pr/oestesudoeste/noticia/teste-indica-que-herbicida-era-cocaina-e-homem-fica21-dias-presno-parana.ghtm>).

Acesso em 12/02/2019.) Com base na notícia acima, responda o que se pede:

- O que é narcoteste?
- Considerando o método de Scott, qual o nome científico do reagente químico utilizado para a realização do narcoteste?
- Considerando que a droga da notícia acima fosse cocaína ($C_{17}H_{21}NO_4$), equacione a reação química do ensaio do narcoteste.
- Considerando que o herbicida da notícia acima fosse o ácido 2-(4-isopropil-4-metil-5-oxo-2-imidazolin-2-il)nicotínico - nome comercial Imazapir ($C_{13}H_{15}N_3O_3$), equacione a reação química que ocorreu no ensaio do narcoteste.
- Com base nos conhecimentos químicos, quais os fatores que induziram os policiais ao “falso positivo” no narcoteste?

Questão 12 – Em um recipiente de 1,0 L foram colocados 4,0 mol de H_2 e 4,0 mol de Cl_2 , ambos gasosos. Em seguida, o recipiente foi aquecido a uma temperatura T , e logo se estabeleceu o equilíbrio químico $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2 HCl(g)$, com uma constante de equilíbrio de 0,25. A partir destas informações, responda o que se pede:

- Determine as concentrações de todas as espécies químicas no equilíbrio;
- Calcule o valor de K_c da equação inversa;
- Calcule o valor de K_p da equação direta;
- Mantendo a temperatura constante, descreva o que se observa no valor de K_1 , com o aumento da concentração de $Cl_2(g)$;
- Após o equilíbrio ser alcançado, foram inseridos 0,75 mol de gás hidrogênio no sistema. De acordo com o Princípio de Le Chatelier, o que deve ocorrer com o sistema?

Questão 13 – O elemento bismuto (Bi, número atômico 83) é o mais pesado do grupo 15. O subsalicilato de bismuto é o ingrediente ativo do Pepto-Bismol®, um medicamento de venda livre indicado para desconforto gástrico.

- Os raios atômicos de ligação de tálio (Tl) e chumbo (Pb) são 1,48 Å e 1,47 Å, respectivamente. Usando esses valores e aqueles na figura abaixo, preveja o raio atômico de ligação do elemento bismuto (Bi). Justifique sua resposta.
- O que explica o aumento geral do raio atômico dos elementos no grupo 15?
- Outro uso importante do bismuto tem sido um ingrediente em ligas metálicas de baixo ponto de fusão, tais como aquelas usadas em sistemas de sprinklers contra incêndios e na composição tipográfica. O elemento em si é um sólido cristalino branco quebradiço. Como essas características se encaixam no fato de que o bismuto está no mesmo grupo periódico com elementos não metálicos como nitrogênio e fósforo?



- d) Bi_2O_3 é um óxido básico. Escreva uma equação química balanceada para sua reação com ácido nítrico diluído. Se 6,77 g de Bi_2O_3 são dissolvidos em solução ácida diluída para fazer 0,500 L de solução, qual é a concentração molar da solução de íon Bi^{3+} ?
- e) ^{209}Bi é o isótopo estável mais pesado de qualquer elemento. Quantos prótons e nêutrons estão presentes neste núcleo? Qual a sua distribuição eletrônica esperada?
- f) A densidade de Bi a 25 °C é $9,808 \text{ g cm}^{-3}$. Quantos átomos de Bi estão presentes em um cubo do elemento que é de 5,00 cm em cada borda? Quantos moles do elemento estão presentes?
Dado de Massa Molar (g mol^{-1}): Bi=209,0.

Questão 14 – A trinitroglicerina, $\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$ (geralmente referida simplesmente como nitroglicerina), tem sido amplamente utilizada como explosivo e Alfred Nobel a utilizou para fazer dinamite em 1866. Surpreendentemente, também é usada como medicamento, para aliviar a angina (dores no peito resultantes de artérias parcialmente bloqueadas no coração) dilatando os vasos sanguíneos. A 1 atm de pressão, a entalpia de decomposição da trinitroglicerina para formar gás nitrogênio, gás dióxido de carbono, água líquida e oxigênio gasoso é $-1541,4 \text{ kJ mol}^{-1}$.

- a) Escreva uma equação química balanceada para a decomposição da trinitroglicerina.
- b) Calcule o calor padrão de formação da trinitroglicerina. Use os dados da tabela abaixo:

Substância	$\Delta_f H^\circ / \text{kJ mol}^{-1}$
$\text{H}_2\text{O}(\ell)$	-258,8
$\text{HNO}_3(aq)$	-173,2
$\text{NO}_2(g)$	+33,9
$\text{NO}(g)$	+90,4

- c) Uma dose padrão de trinitroglicerina para alívio da angina é de 0,60 mg. Se a amostra for eventualmente oxidada no corpo (não explosivamente!) a gás nitrogênio, gás dióxido de carbono e água líquida, que número de calorias é liberada?
Dados: Massa Molar (g mol^{-1}): C = 12; H = 1; N = 14 e O = 16. 1 cal = 4,184 J.
- d) Uma forma comum de trinitroglicerina funde-se aproximadamente a 3 °C. A partir dessas informações e da fórmula da substância, você esperaria que ela fosse um composto molecular ou iônico? Justifique sua resposta.
- e) Descreva as várias conversões de formas de energia quando a trinitroglicerina é usada como um explosivo para quebrar os rochedos na construção de rodovias.

Questão 15 – Uma das formas de se obter o ácido nítrico é a partir da amônia pelo Processo Ostwald. Numa primeira etapa, a amônia é colocada para reagir com gás oxigênio, a 1000 °C, com catalisador. Dessa forma, se obtém o monóxido de nitrogênio e a água. Numa segunda etapa, o monóxido de nitrogênio reage com gás oxigênio, formando o dióxido de nitrogênio. Esse, por sua vez, é colocado para reagir com água, formando ácido nítrico e monóxido de nitrogênio.



- a) Escreva uma equação química balanceada, com os menores coeficientes inteiros, que represente cada uma das etapas descritas no enunciado da questão.
- b) Para a segunda e a terceira reações, calcule os respectivos valores de $\Delta_f H^\circ$, considerando a utilização de 250 g de monóxido de nitrogênio e 350 g de dióxido de nitrogênio, respectivamente. Na tabela abaixo constam os dados de variação de entalpia padrão de formação das diversas substâncias envolvidas na produção do ácido nítrico.

Substância	$\Delta_f H^\circ / \text{kJ mol}^{-1}$
$\text{H}_2\text{O}(\ell)$	-258,8
$\text{HNO}_3(\text{aq})$	-173,2
$\text{NO}_2(\text{g})$	+33,9
$\text{NO}(\text{g})$	+90,4

Dados de Massa Molar (g mol^{-1}): N = 14 e O = 16.

- c) Quais condições (temperatura, volume, concentração, pressão) que podem favorecer a produção de ácido nítrico, de acordo com a terceira reação?
- d) Qual a energia (gasta ou absorvida) utilizada para se obter 1 L de uma solução 70 % em massa de ácido nítrico (essa solução é conhecida como ácido nítrico fumegante e tem densidade igual a $1,42 \text{ g cm}^{-3}$).
- e) Determine o pH de uma solução aquosa de HNO_3 $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, com $pK_a = -1,4$ e $\alpha = 93\%$

Questão 16 - Em 2006, um ex-agente da KGB foi assassinado em Londres. As investigações demonstraram que a causa da morte foi o envenenamento com o isótopo radioativo ^{210}Po , colocado na sua comida/bebida.

A figura abaixo é o recorte da tabela periódica em que se destacam os elementos polônio e adjacentes:

ouro 79 Au 197,0	mercúrio 80 Hg 200,6	tálio 81 Tl 204,4	chumbo 82 Pb 207,2	bismuto 83 Bi 209,0	polônio 84 Po (209)	astato 85 At (210)	radônio 86 Rn (222)
----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------

- a) O $^{210}_{84}\text{Po}$ é preparado pelo bombardeamento de $^{209}_{83}\text{Bi}$ com nêutrons. Escreva uma equação para a reação.
- b) Quem descobriu o elemento polônio? E qual a contribuição desse elemento no experimento de Rutherford?
- c) O tempo de meia-vida do $^{210}_{84}\text{Po}$ é de 138 d e ele decai com a emissão de uma partícula α . Escreva uma equação para o processo de decaimento. Considere que uma amostra de $^{210}_{84}\text{Po}$ de altíssima pureza foi preparada, guardada e isolada por 276 dias. Após esse período, quais elementos químicos estarão presentes na amostra e em que proporção, em número de átomos?
- d) Calcule a energia de uma partícula α emitida. Pressuponha que o núcleo pai e o núcleo filho têm energia cinética igual a zero. Dados de massas atômicas (u): $^{210}_{84}\text{Po} = 209,98285$; $^{206}_{82}\text{Pb} = 205,97444$; $\alpha = 4,00150$; unidade atômica, $1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-24} \text{ kg}$; constante da velocidade da luz, $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.
- e) A ingestão de $1 \mu\text{g}$ de $^{210}_{84}\text{Po}$ pode ser fatal. Qual é a energia total liberada por esta quantidade $^{210}_{84}\text{Po}$?