

XXIV Olimpíada Brasileira de Química - Modalidade A (2018)

Guilherme L. De Biase

22 de agosto de 2018

CIÊNCIA PARA A REDUÇÃO DAS DESIGUALDADES

Em um país com tanta desigualdade social como o Brasil, investir em ciência e tecnologia é indispensável para garantir a qualidade de vida da população. Assim, este foi o tema escolhido para a 15^a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia - SNCT 2018, inspirado nos objetivos de desenvolvimento sustentável, estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU).

A desigualdade social é caracterizada por dimensões que não são produzidas pelas cidades, como a própria renda e o mercado de trabalho, ou por dimensões claramente associadas às cidades, como a desigualdade de acesso, falta de mobilidade e ausência de estruturas urbanas. A falta de saneamento básico, por exemplo, é um elemento que compõe um quadro de desigualdade social, na medida em que expõe parte da população a um ambiente que facilita a transmissão de doenças, contaminação do solo, deslizamentos e inundações.

Diante disso, surge o questionamento: a Química pode ajudar a minimizar desigualdades sociais? A resposta para esta pergunta tem uma dimensão imensurável. Ao aperfeiçoar, desenvolver e inovar técnicas que possam prevenir e combater doenças, aumentar a produção agrícola, tratar água e efluentes, elaborar novos materiais biodegradáveis (tecidos, embalagens, tintas etc.), preservar o meio ambiente, a ciência Química pode promover a qualidade de vida às pessoas, desde que usada de forma responsável e sustentável.

Contudo, a capacidade de uma sociedade de incorporar a ciência e a

tecnologia como fatores dinâmicos para seu progresso, depende também de condições políticas, econômicas e sociais.

PARTE A - QUESTÕES MÚLTIPLA ESCOLHA

Questão 1:

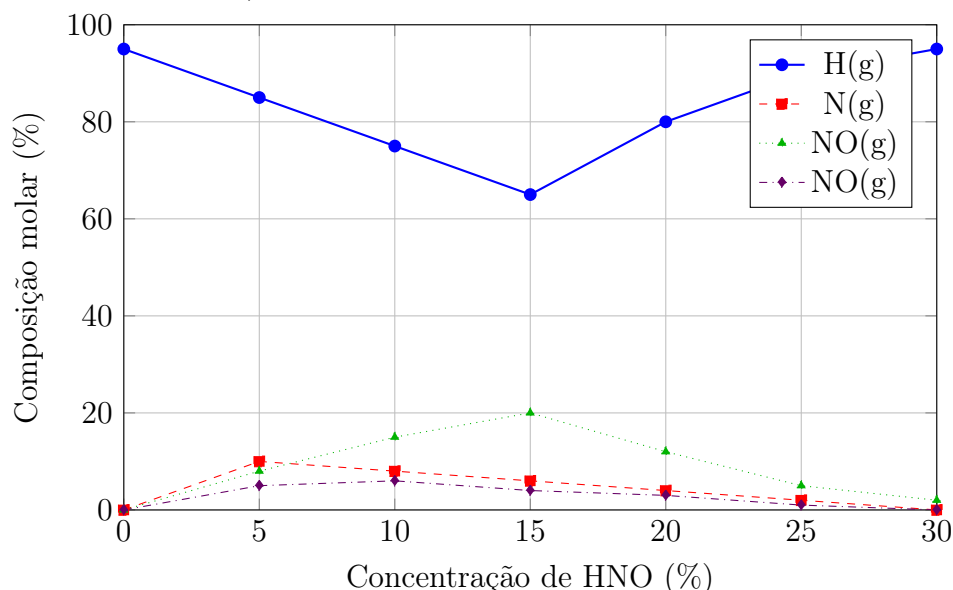
O escritor italiano Primo Levi, em seu livro de contos Sistema Periódico (O Sistema Periódico, Ed. Leya), narra fatos de sua vida e os associa a elementos químicos. Em um dos trechos, ele narra: "(este metal) é mole como a cera. Reage com a água onde flutua (um metal que flutua!), dançando freneticamente e produzindo hidrogênio.". Sobre esse metal, assinale a alternativa que está correta:

- (a) É um metal de transição, caracterizado por sua baixa densidade. A reação química com a água é devida ao baixo potencial de oxidação desse metal, frente ao potencial de oxidação do hidrogênio.
- (b) É um metal que possui uma grande variação de número de oxidação (Nox), indo de +1 até +6. Esta grande variação de números de oxidação Nox confere ao elemento baixa densidade e alta reatividade, uma vez que a perda significativa de elétrons altera suas propriedades físicas.
- (c) É um metal radioativo. A instabilidade nuclear, observada pela razão entre número de prótons e número de nêutrons, faz com que o elemento tenha uma massa atômica elevada e um volume atômico grande, originando uma densidade menor do que $1,0 \text{ g cm}^{-3}$ nas condições ambientes.
- (d) É um metal que apresenta propriedades diamagnéticas, por isso sofre a repulsão elétrica dos polos das moléculas de água, que o fazem flutuar. A reação que ocorre é de oxirredução, uma vez que os polos elétricos da água reagem com os polos elétricos do metal.
- (e) É um metal representativo, que reage com a água formando um hidróxido correspondente, com a liberação de gás hidrogênio. O referido metal possui potencial padrão de redução negativo

Questão 2:

Um dos principais contaminantes da água para o consumo humano são os

cátions alcalino-terrosos, que lhe conferem a dureza, sendo assim é indispensável à remoção desses para o atendimento aos padrões de potabilidade. Quando o magnésio reage com uma solução de HNO_3 é formada uma mistura gasosa constituída por hidrogênio, nitrogênio, monóxido de nitrogênio e óxido de dinitrogênio, cuja composição é dependente da concentração de ácido nítrico utilizada. O gráfico abaixo mostra como essa composição (em porcentagens molares) varia com a concentração da solução de ácido:



Sobre as reações citadas e o gráfico mostrado, analise as afirmativas abaixo e assinale a correta:

- (a) Apenas a reação de produção de $H_2(g)$ e $N_2(g)$ correspondem a reações de oxirredução.
- (b) Utilizando concentrações de ácido nítrico entre 2% e 18%, a reação que envolve a redução do nitrogênio de um número de oxidação +5 para +1 é aquela com formação de menor % de produto.
- (c) Na reação, ao utilizar a concentração de 10% de ácido nítrico, pode se afirmar que a diferença de potencial padrão da reação de produção de gás hidrogênio é igual àquela da reação de produção de monóxido de nitrogênio, uma vez que as concentrações destes gases são iguais na composição da mistura gasosa produzida.

- (d) Os dados apresentados no gráfico possibilitam concluir que utilizando concentração acima de 16% de ácido nítrico a reação com a produção de NO é aquela termodinamicamente mais favorável.
- (e) Através apenas do cálculo das diferenças de potenciais padrão das reações de produção dos gases (hidrogênio, nitrogênio, monóxido de nitrogênio e óxido de dinitrogênio) pode-se prever qual ou quais os produtos termodinamicamente mais favoráveis.

Questão 3:

Há muitos sais que são solúveis em água como, por exemplo, o cloreto de sódio e o cloreto de magnésio que se encontram presentes na água do mar. Uma amostra de 0,930 g de uma mistura de NaCl e MgCl_2 foi dissolvida em água. A adição de excesso de $\text{AgNO}_3(\text{aq})$ fez com que todos os íons cloreto precipitassem como $\text{AgCl}(\text{s})$. A massa do precipitado seco foi 2,676 g. A partir desses dados, qual foi a porcentagem em massa de NaCl na mistura original?

- (a) 45,7%
- (b) 16,9%
- (c) 29,2%
- (d) 23,8%
- (e) 39,8%

Questão 4:

A formação de um sólido a partir de líquidos e/ou de gases é uma das evidências de que ocorreu uma reação química. Para demonstrar tal evidência, um recipiente de 2,5 L que contém amônia gasosa a 0,78 atm e 18,5 °C foi conectado em outro recipiente de 1,4 L com cloreto de hidrogênio gasoso a 0,93 atm e 18,5 °C, respectivamente. Sabe-se que a combinação desses gases leva a formação de cloreto de amônio sólido, logo, qual a quantidade aproximada de massa formada desse composto, o gás que sobrou nos recipientes conectados e a sua pressão?

- (a) 1,44 g; amônia; 0,166 atm
- (b) 3,19 g; cloreto de hidrogênio; 0,332 atm

(c) 1,44 g; cloreto de hidrogênio; 0,332 atm

(d) 1,44 g; amônia; 0,332 atm

(e) 2,91 g; amônia; 0,166 atm

Questão 5:

As dimensões de átomos, íons e comprimentos de ligação situam-se na faixa de 10^{-10} m, que equivale 1 Å (ângstrom) ou 100 pm (picômetro). Por exemplo, o raio covalente do hidrogênio é de 74 pm. Suponha que os átomos de hidrogênio possam ser dispostos lado a lado em uma única linha. Qual é a massa de uma linha de átomos de hidrogênio com exatamente 10 cm de comprimento?

(a) 7.4×10^{-11} g

(b) 7.4×10^{-10} g

(c) 2.3×10^{-15} g

(d) 1.1×10^{-21} g

(e) 1.1×10^{-15} g

Questão 6:

O conhecimento e o estudo da velocidade das reações são de grande interesse industrial, pois permitem reduzir custos e aumentar a produtividade dos processos fabris. Sabe-se que as reações químicas ocorrem com velocidades diferentes e estas podem ser alteradas. Para exemplificar, considere a reação abaixo representada:



$$\text{Velocidade} = k[A]^4[B]^8$$

Assim sendo, para esse caso, qual afirmação está correta?

(a) A ordem geral é 12

(b) Dobrando a concentração de A e reduzindo a metade da concentração de B a velocidade de reação não se altera

- (c) A unidade da constante de velocidade, k , é $\text{mol dm}^{-3} \text{s}^{-1}$
- (d) Uma alteração na concentração de C ou não afeta a velocidade de reação
- (e) Dobrando a concentração de B e reduzindo a metade da concentração de A a velocidade de reação não se altera

Questão 7:

O Fleróvio (Fl) é um elemento químico artificial, de número atômico 114, criado em laboratório e na Tabela Periódica está situado imediatamente abaixo do chumbo. Até o momento, cientistas nucleares conseguiram sintetizar apenas alguns átomos do elemento 114 e, portanto, a aparência física de uma amostra maior ainda não é conhecida. Com base na sua posição na Tabela Periódica, o elemento 114 é mais provável que seja um:

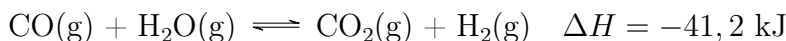
- (a) Metal cinza-prateado
- (b) Líquido volátil avermelhado
- (c) Gás verde amarelo pálido
- (d) Cristal incolor
- (e) Sólido em pó preto

Questão 8:

Visto que o petróleo é um combustível não renovável e que contribui para a poluição do meio ambiente, várias indústrias e centros de pesquisas têm se mobilizado na busca por novas fontes de energia combustível. É nesse contexto que surge o hidrogênio combustível, considerado como o combustível do futuro, por ser renovável, inesgotável e principalmente por não liberar gases tóxicos para a atmosfera. Abaixo têm-se algumas vantagens do combustível hidrogênio:

- Utilização de motores elétricos no lugar de motores a combustão, minimizando a poluição do meio ambiente
- Seu processo de geração de energia é descentralizado, não sendo necessária a construção de hidrelétricas
- A geração de energia por meio de pilhas à combustível é mais eficiente do que a obtida pelos processos tradicionais

A reação abaixo representada indica a possibilidade de obtenção de hidrogênio a partir do monóxido de carbono:



Analisando os dados da reação acima, afirma-se:

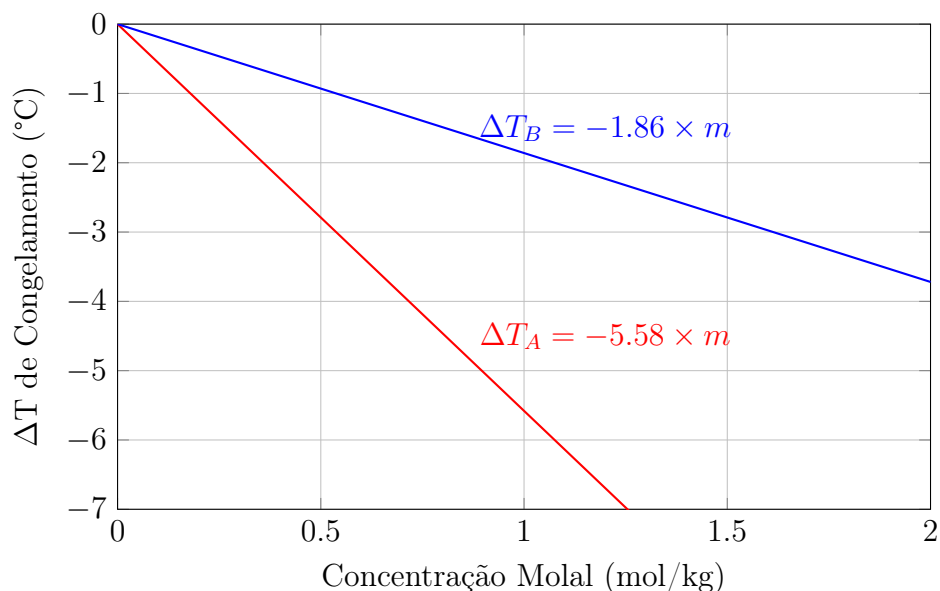
- (I) Um aumento da pressão total sobre o sistema não altera o estado de equilíbrio
- (II) Uma diminuição da temperatura favorece o aumento na produção de gás hidrogênio
- (III) O valor de $K = 1$ nas condições dadas
- (IV) A concentração final de cada componente do sistema, em equilíbrio, quando se misturam um mol de cada um dos reagentes com dois mols de cada um dos produtos, na temperatura da experiência, considerando um balão volumétrico de 1 L é: $[\text{CO}] = 0,25 \text{ mol/L}$, $[\text{H}_2\text{O}] = 0,25 \text{ mol/L}$, $[\text{CO}_2] = 0,75 \text{ mol/L}$, $[\text{H}_2] = 0,75 \text{ mol/L}$

Estão corretas as afirmações:

- (a) I, II e IV apenas
- (b) II e IV apenas
- (c) I e II apenas
- (d) III e IV apenas
- (e) I e III apenas

Questão 9:

Os efeitos dos solutos nas propriedades físicas da água podem ser vistos em algumas situações comuns e de fácil compreensão, como por exemplo, ao evitar o congelamento da água nos radiadores de carros em lugares muito frios. Os gráficos abaixo foram construídos após a avaliação da variação na temperatura de congelamento de duas soluções aquosas: uma constituída pelo soluto A e outra constituída pelo soluto B.



Considerando as informações contidas nos gráficos pode-se afirmar que os solutos A e B eram respectivamente:

- (a) Brometo de cálcio e cloreto de férrico
- (b) Cloreto de potássio e sulfato de sódio
- (c) Glicose e cloreto de sódio
- (d) Sacarose e glicose
- (e) Iodeto de potássio e sacarose

Questão 10:

Segundo o cientista da NASA, James Hansen, a temperatura da Terra alcançou, nas últimas décadas, uma rápida ascensão de cerca de $0,2^{\circ}\text{C}$, fenômeno esse que não havia ocorrido desde a última era glacial, há 12.000 anos. Tal aquecimento se explica, conforme o cientista, pelo aumento da emissão de gases estufa. Com base nestes estudos, pode-se afirmar corretamente que são consequências do fenômeno de aquecimento global:

- (I) Devastação das florestas e savanas
- (II) Redução do volume das geleiras alpinas e das calotas glaciais

- (III) Maior possibilidade de formações de tempestades e ciclones tanto no Atlântico Norte quanto no Atlântico Sul
- (IV) Redução da acidez das chuvas
- (V) Transgressão marinha sobre partes das faixas costeiras
- (VI) Rebaixamento do nível dos oceanos e consequente expansão das áreas litorâneas
- (VII) Aumento do risco de degradação dos ecossistemas coralíneos

A alternativa que apresenta apenas as consequências desse fenômeno é:

- (a) II, III, V e VII, apenas
- (b) I, II, III, IV, VI e VII
- (c) I, III, IV e VI, apenas
- (d) II, IV, V e VII, apenas
- (e) II, III e VI, apenas

PARTE B - QUESTÕES ANALÍTICO-EXPOSITIVAS

Questão 11:

As histórias em quadrinhos (HQs) e os filmes de série daí derivados cativam milhões de fãs pelo mundo. Muitas vezes, existem erros científicos grosseiros, que fogem da realidade. Por outras vezes, as HQs criam uma ponte entre o conhecimento científico e o dia a dia das pessoas. A franquia Marvel Comics® tem lançado filmes que se tornam grandes eventos para os aficionados. Dois metais fictícios foram utilizados em seus enredos: o adamantium (usado principalmente no esqueleto e nas garras do Wolverine e nas espadas de Deadpool), e o vibranium, utilizado na armadura do Pantera Negra e no escudo do Capitão América, além de outros usos.

Considere esses metais fictícios e responda os itens abaixo:

- (a) Levando-se em conta a atual Tabela Periódica, justifique o fato não ser possível a inserção de uma nova família (ou grupo) na mesma, como, por exemplo, a família 19, situada logo após a família dos gases nobres.

- (b) Explique como a temperatura influi na condutividade elétrica de um condutor metálico e de um semicondutor.
- (c) Quais as propriedades físicas comumente apresentadas pelos metais? Quais são as características estruturais responsáveis por essas propriedades?
- (d) O vibranium apresenta alta resistência mecânica, baixa densidade e é um isolante elétrico. Isso por si só é uma contradição. Explique essa contradição.
- (e) O adamantium apresenta uma alta densidade e uma alta resistência mecânica. Conforme a HQ, sabe-se que ele uma vez resfriado, não pode ser mais fundido ou moldado. Justifique a esse fato.

Questão 12:

Henry G. J. Moseley (1887-1915), físico inglês, foi declarado por Rutherford como seu aluno mais talentoso. Ele estabeleceu o conceito de número atômico ao estudar os raios X emitidos pelos elementos químicos. Os raios X emitidos por alguns elementos têm os seguintes comprimentos de onda:

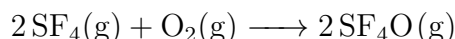
Elemento	Comprimento de onda (Å)
Ne	14,610
Ca	3,358
Zn	1,435
Zr	0,786
Sn	0,491

- (a) Calcule a frequência, ν , dos raios X emitidos por cada um dos elementos, em Hz. (Dados: Constante da velocidade da luz, $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$)
- (b) Desenhe e analise o gráfico da raiz quadrada de ν versus número atômico do elemento.
- (c) Explique como a curva do item (b) permitiu a Moseley prever a existência de elementos ainda não descobertos.
- (d) Use o resultado do item (b) para prever o comprimento de onda dos raios X emitidos pelo elemento ferro.

- (e) Se um determinado elemento emite raios X com um comprimento de onda de 0,980 Å, qual seria esse elemento?

Questão 13:

O tetrafluoreto de enxofre (SF_4) reage vagarosamente com oxigênio (O_2) para formar monóxido de tetrafluoreto de enxofre (SF_4O), de acordo com a reação representada a seguir:



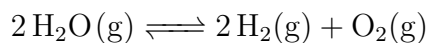
- (a) Escreva a estrutura de Lewis para SF_4O , na qual as cargas formais de todos os átomos sejam iguais a zero.
- (b) Determine o arranjo estrutural de SF_4O e defina qual é a geometria molecular mais provável baseada nesse arranjo.
- (c) Use as entalpias médias de ligação fornecidas na tabela abaixo para calcular a entalpia de reação e indique se a reação é endotérmica ou exotérmica.

Ligação	Entalpia (kJ/mol)
S=O	523
O=O	495
S-F	327
O-F	190
F-F	155
O-O	146

- (d) A reação do enxofre e flúor forma vários compostos diferentes, inclusive o tetrafluoreto de enxofre e o hexafluoreto de enxofre que podem ser precursores para o monóxido de tetrafluoreto de enxofre. A decomposição de uma amostra de tetrafluoreto de enxofre produz 4,43 g de flúor e 1,87 g de enxofre, enquanto que a decomposição de uma amostra de hexafluoreto de enxofre produz 4,45 g de flúor e 1,25 g de enxofre. Mostre que os dados são consistentes com a lei de proporções múltiplas.
- (e) O decafluoreto de dissulfeto é intermediário em reatividade entre SF_4 e SF_6 . Ele se decompõe a 150 °C resultando nestes fluoretos monossulfurados. Escreva a reação balanceada e determine o número de oxidação do enxofre em cada composto.

Questão 14:

O grau de dissociação, α , é definido como a fração de reagente que se decompõe. Para a decomposição da água:

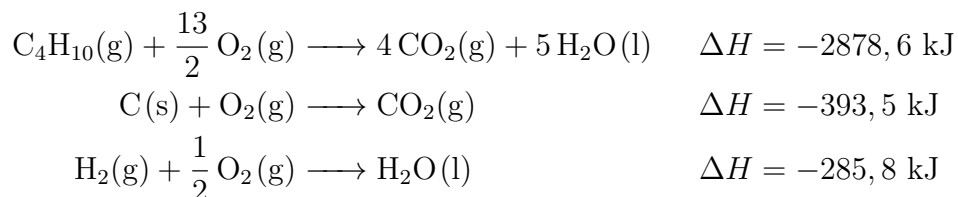


quando a quantidade inicial de H_2O é n_0 , a quantidade em equilíbrio é $n_0(1 - \alpha)$. A energia de Gibbs padrão de reação para a decomposição é $\Delta G^\circ = +118,08 \text{ kJ mol}^{-1}$ a 2300 K.

- Calcule a constante de equilíbrio a partir da energia de Gibbs padrão de reação no equilíbrio pela equação $\Delta G^\circ = -RT \ln K$. (Dado: $R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$)
- Mostre que $K = \frac{\alpha^3 P}{2(1 - \alpha)^2}$ para o sistema em equilíbrio, onde P é a pressão total do sistema.
- Calcule o grau de dissociação de H_2O a 2300 K e 1,00 bar.
- Calcule as frações molares das substâncias no equilíbrio.
- O grau de dissociação aumentará ou diminuirá, se o valor da pressão for duplicado na mesma temperatura? Além do cálculo, qual o efeito que justifica que mantém o equilíbrio?

Questão 15:

Com base em medidas experimentais e cálculos de mudanças de entalpia, o químico suíço G. H. Hess sugeriu em 1840, que em uma dada reação, a variação de entalpia é sempre a mesma, esteja essa reação ocorrendo em uma ou em várias etapas (Lei de Hess). Para exemplificar, em um experimento para estimar a entalpia molar padrão de formação de butano (a partir de seus elementos), os seguintes valores foram determinados por calorimetria:



Considerando os dados acima:

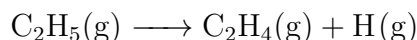
- (a) Qual é a variação de entalpia molar padrão de formação do butano?
- (b) A partir dos dados das reações de combustão e de formação faça um diagrama de entalpia representando a formação do butano.
- (c) A partir dos dados de entalpias de ligação e mudança de estado físico estime a entalpia de formação para 1 mol de butano?

Tipo de Ligação	Energia (kJ/mol)
C-C	346,8
C-H	413,4
H-H	436,0
Mudança de estado	ΔH (kJ/mol)
C(grafita, s) $\longrightarrow$ C(g)	716,7

- (d) Qual o erro percentual observado para a entalpia de formação de 1 mol de $C_4H_{10}(g)$ estimada no item (a) e (c), respectivamente, considerando o valor tabelado de -126,5 kJ/mol? A que você atribuiria tal erro?
- (e) O butano é o principal componente do GLP (gás liquefeito de petróleo), conhecido como gás de cozinha. Atualmente, o valor comercial médio de um botijão de gás de 13 kg é de R\$ 70,00, e ocupa o volume de 31 litros. Considere que uma doméstica comprou um botijão de gás para seu consumo em um fogão a gás, após certo período não se conseguia produzir chama no fogão a 25°C. Com base nas informações acima, calcule a massa de GLP retido no botijão e qual a perda financeira na substituição do mesmo (considere que esse GLP seja composto apenas de butano).

Questão 16:

O todostano é um líquido incolor usado como precursor em reações orgânicas de alquilação na indústria farmacêutica e na produção de defensivos agrícolas. A decomposição do todostano é representada pela equação abaixo:



Considere o conjunto de dados apresentado abaixo, obtidos durante o estudo da reação citada:

$k \text{ (s}^{-1}\text{)}$	$7,20 \times 10^{-4}$	$2,20 \times 10^{-3}$	$1,70 \times 10^{-2}$	0,110
$T \text{ (K)}$	660,0	680,0	720,0	760,0

- Determine a energia de ativação de Arrhenius para a reação citada e o valor do fator pré-exponencial A .
- Determine o valor da constante de velocidade da reação à temperatura de 400 °C.
- Escreva a equação de Arrhenius para esta reação.
- Calcule a meia-vida da reação a 700 K.
- Determine a ordem da reação de decomposição do todostano.