

# QUÍMICA

2019

obquimica.org



## PROGRAMA NACIONAL OLIMPIADAS DE QUÍMICA

**Olimpíada Brasileira de Química**

**XII Olimpíada Brasileira de Química Júnior**

**XXV Olimpíada Norte/Nordeste de Química**

**XXIV Olimpíada Ibero-americana de Química**

**51<sup>th</sup> International Chemistry Olympiad**

**II Olimpíada Brasileira do Ensino Superior de Química**





# A QUÍMICA TRANSFORMA O MUNDO. A EDUCAÇÃO TAMBÉM.

A partir da química, são gerados 18% dos conhecimentos do mundo. Por trás dessas inovações, está o Bemestar Humano, com o potencial de iniciar toda uma formação. Apoiando nesse elemento e investindo no poder da educação para impactar milhões de estudantes em todo o país, a seguir essa jornada.

**17 projetos em Educação no Brasil**

**162 novos times de robótica apoiados em todo o mundo (desde 2015)**

**Mais de 2.200 Embaixadoras STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) em todo o mundo**

**Mais de 600 mil estudantes impactados no Brasil**

Desenvolver soluções para o progresso da humanidade é a nossa missão. Inspirar jovens brasileiros a viverem a química é o nosso compromisso.



[www.linkedin.com/company/dow](http://www.linkedin.com/company/dow)

[www.dow.com/brasil/](http://www.dow.com/brasil/)

[pt-br.facebook.com/DowBrasil/](https://pt-br.facebook.com/DowBrasil/)

**DOW**



# PROGRAMA NACIONAL OLÍMPIADAS DE QUÍMICA

Olimpíada Brasileira de Química

XII Olimpíada Brasileira de Química Júnior

XXV Olimpíada Norte/Nordeste de Química

XXIV Olimpíada Ibero-americana de Química

51<sup>th</sup> International Chemistry Olympiad

II Olimpíada Brasileira do Ensino Superior de Química



Associação  
Brasileira  
de Química

**Prof. José Cândido Lustosa Bittencourt de Albuquerque**  
Reitor da Universidade Federal do Ceará

**Prof. José Arimatéia Dantas Lopes**  
Reitor da Universidade Federal do Piauí

**Profa. Elizabeth de Francesco Daher**  
Pró-Reitora de Extensão da UFC

**Profa. Cleânia de Sales Silva**  
Pró-Reitora de Extensão da UFPI

**Profa. Silvana Carvalho de Souza Calado**  
Presidenta da Associação Brasileira de Química

**Prof. Sérgio Maia Melo**  
Coordenador do Programa Nacional Olimpíadas de Química

**Prof. José Arimatéia Dantas Lopes**  
Vice-coordenador do Programa Nacional Olimpíadas de Química e  
Coordenador da equipe de medidas educacionais

**Prof. Lucas Carvalho Veloso Rodrigues**  
Coordenador da equipe de elaboração dos exames experimentais (vídeos)

**Prof. Paulo Chagas**  
Coordenador da equipe de elaboração dos exames teóricos

---

ISSN: 1809-2012

---

**Imprensa Universitária**  
Universidade Federal do Ceará

**Organização de originais:**  
Prof. Sérgio Melo

**Projeto Gráfico:**  
Maherle/Sérgio Melo

**2019 © Programa Nacional Olimpíadas de Química**  
Lançamento em 29.11.2019 por ocasião da solenidade de encerramento dos eventos: XXV Olimpíada Norte/Nordeste de Química, XII Olimpíada Brasileira de Química Júnior e Olimpíada Brasileira de Química - 2019

**Distribuição gratuita**



## Parte 1 OBQ 2019

1.1	Calendário .....	4	
1.2	Mensagem do Presidente do Conselho Federal de Química .....	5	
1.3	Opinião.....	7	
Capítulo 2 - XXIV Olimpíada Norte/Nordeste			
2.1	Exames.....	10	
2.2	Resultados .....	14	
Capítulo 3 - XII Olimpíada Brasileira de Química Júnior			
3.1	Exames Fase I .....	15	
3.2	Exames Fase II.....	22	
3.3	Resultados .....	33	
Capítulo 4 - OBQ 2019			
4.1	Fase III Modalidade A – Questões de múltipla escolha .....	35	
4.2	Fase III Modalidade A – Questões analítico-expositivas .....	41	
4.3	Fase III Modalidade B – Questões de múltipla escolha .....	47	
4.4	Fase III Modalidade B – Questões analítico-expositivas.....	53	
4.5	Resultados .....	59	
Capítulo 5 - OBESQ 2019			
5.1	Exames Fase única .....	65	
5.2	Resultados .....	78	
Parte 2	Processo seletivo.....	82	
Capítulo 6 - OBQ 2018 Fase IV .....			83
Capítulo 7 - OBQ 2018 Fase V.....			91
Capítulo 8 - OBQ 2018 Fase VI .....			92
Resultado da Fase VI.....			111
Capítulo 9 - 51 <sup>st</sup> International Chemistry Olympiad			
Exame Teórico.....			112
Exame Prático .....			152
Capítulo 10 - XXIII Olimpíada Ibero-americana de Química			
Exame Teórico.....			174
Exame Prático .....			191
Destaques Olímpicos .....			208
Mulheres na Química.....			209
Destaques Escolas Públicas .....			210
Depoimentos.....			211
Considerações Finais.....			214
Endereços dos Coordenadores .....			218

## 1.1 Calendário 2019

OLIMPIÁDA	DATA	HORA
<b>Olimpíada Brasileira de Química - OBQ 2018 - Fase IV.</b> Exame sobre as técnicas laboratoriais, com o objetivo de selecionar a equipe que representará o Brasil, em Paris e Porto.	25/01/2019	14:00 h
<b>Olimpíada Brasileira de Química - OBQ 2018 - Fase V.</b> Curso de Aprofundamento e Excelência. Ministrado pela UFMG.	11/03 a 22/03/2019	08:00-às 18:00h
<b>Exames da Olimpíada Brasileira de Química - 2018 - Fase VI.</b>	13/04/2019	8h - 13h
Divulgação dos nomes dos quatro estudantes que representarão o Brasil nas competições internacionais.	30/04/2019	23:59 h
Inscrições para XXV ONNeQ. Inscrições restritas aos coordenadores estaduais.	02/04 até 03/05/2019	23:59 h
Exames da XXV Olimpíada Norte/Nordeste de Química	25/05/2019	14:00 h
Divulgação de resultados da XXV Olimpíada Norte/Nordeste de Química - ONNeQ 2019.	após 28/06/2019	23:59 h
Inscrições para a XII Olimpíada Brasileira de Química Júnior - OBQJr 2019.	01/06 a 31/07/2019	On line
Exames da XII Olimpíada Brasileira de Química Júnior - OBQJr	08a10/08/2019	14:00 h
51ª Olimpíada Internacional de Química. Paris, França.	21/07 a 30/07/2019	não informado
Inscrições para XXIV Olimpíada Brasileira de Química - OBQ 2019. (Inscrições restritas aos coordenadores estaduais)	18/06 até 13/07/2019	23:59 h
Exames da XXIV Olimpíada Brasileira de Química - OBQ 2019 Fase III - Modalidades A e B.	24/08/2019	14:00 h
Exames da II Olimpíada Brasileira do Ensino Superior de Química - OBESQ 2019.	24/08/2019	14:00 h
24ª Olimpíada Ibero-americana de Química, em Porto, Portugal	07/09 a 15/09/2019	não informado
Exames da XII Olimpíada Brasileira de Química Júnior - OBQJr 2019 - Fase II.	14/09/2019	14:00 h
Semana Nacional de Ciência e Tecnologia	21 a 27/10/2019	Ver programação
Divulgação dos resultados prévios da XXIV OBQ-2019.	após 12/10/2019	23:59 h
Divulgação de resultados da XII Olimpíada Brasileira de Química Júnior - OBQJr 2019.	após 22/10/2019	23:59 h
Divulgação dos resultados finais da XXIV OBQ-2019.	após 30/10/2019	23:59 h
Reunião do Conselho de coordenadores, em São Paulo	27a29/11/2019	8:30às18h
Solenidade Nacional de Encerramento e Premiação das Olimpíadas de Química, em São Paulo	29/11/2019	19:30h



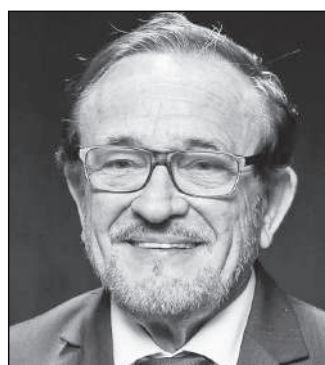
## 1.2 Mensagem

---

### **Mensagem do Presidente do Conselho Federal de Química aos participantes das Olimpíadas de Química.**

#### **Competidores hoje, profissionais amanhã**

A cada ano, o Programa Nacional Olimpíadas de Química consolida ainda mais a sua importância. Criada em 1995 pela Universidade do Ceará e outras 17 instituições de ensino, a iniciativa identifica e estimula o talento de jovens dotados de especial aptidão na ciência de Lavoisier. Mais do que promover a competição entre milhares de estudantes promissores de todo o Brasil, o programa impulsiona o surgimento de novos profissionais da Química. Em poucos anos, vários dos prodígios revelados nas Olimpíadas evoluem na vida acadêmica para se tornarem responsáveis por processos e produtos que atendem a toda a sociedade.



Os participantes das Olimpíadas podem se considerar vencedores antes mesmo de superarem as primeiras etapas da luta. Seu interesse na Química já representa uma vitória contra a visão de que a disciplina é complicada demais para cativar a atenção de alguém tão jovem. Essa perspectiva certamente exagera as dificuldades inerentes ao aprendizado. Pessoas que se recusam a ceder ao negativismo e progridem no estudo da Química acessam a oportunidade de se fascinarem com a ciência dedicada a explicar a constituição de tudo o que existe, bem como as transformações sofridas pela matéria na reconfiguração de átomos e moléculas.

A Química nesse 2019 está em festa, com a passagem dos 150 anos da criação da Tabela Periódica dos Elementos Químicos. A criação genial de Dmitri Mendeleev revolucionou a maneira de se entender a química e possibilitou a muitas gerações o domínio dessa ciência fascinante e que torna possível o modo de vida que adotamos na civilização atual.

Longe de ser algo distante da realidade dos indivíduos, a química está presente em nossos organismos e em todas as coisas ao nosso redor. A

vida depende de processos envolvendo o oxigênio, a água e os nutrientes oriundos da alimentação. Fórmulas químicas descrevem proteínas, lipídios, carboidratos e sais minerais indispensáveis à sobrevivência. Reações químicas explicam como transformamos em energia o que comemos. Toda matéria, visível ou invisível, é feita de elementos presentes na Tabela Periódica. Portanto, se há Química em nossos corpos e em tudo o que nos cerca, estamos tratando de uma ciência central em nossas existências.

Capaz de descrever os processos que nos mantêm vivos, a Química é também uma ciência a serviço da vida. Em um mundo cada vez mais consciente da necessidade de reduzir o impacto das atividades humanas sobre o planeta, os químicos respondem por inovações que reduzem a demanda por energia e matérias-primas, diminuem a geração de resíduos indesejáveis e reaproveitam materiais que seriam descartados. A intervenção de profissionais da Química tem sido preciosa na reversão de danos causados ao solo, ao ar e às águas, recuperando recursos naturais essenciais à humanidade.

Os estudantes de hoje crescem e amadurecem familiarizados com a defesa da sustentabilidade socioambiental. Nesse quadro, o sucesso do Programa Nacional Olimpíadas de Química e a sua capacidade de estimular a vocação de jovens químicos tornam-se também um impulso à formação de profissionais comprometidos com a busca de um planeta melhor. Talvez seja esse o legado mais duradouro da competição nacional.

Nós, do Conselho Federal de Química, órgão criado para zelar pela ética e pelas boas práticas na nossa área, reconhecemos a relevância do trabalho dos organizadores das Olimpíadas e saudamos todos os competidores. Ao mesmo tempo que perseguem os melhores resultados, muitos desses jovens começam a abraçar com determinação a ciência que amamos. A ciência engajada na promoção da vida.

**José de Ribamar Oliveira Filho**  
Presidente do Conselho Federal de Química.



## 1.3 Opinião

---

### **Conselhos em defesa de toda a sociedade**

O governo brasileiro promove uma agenda de reformas programadas para impulsionar um novo ciclo de crescimento econômico. É um foco de ação positivo, que agrada aos setores produtivos e traz com certeza um cenário benéfico para o País: era dada a hora para iniciativas que visam à simplificação da carga tributária, o equacionamento da Previdência e o fim de entraves burocráticos que dificultam a vida da sociedade como um todo.

Há, entretanto, que se refletir sobre as nuances do ensejo reformista: não é de bom tom passarmos de um Estado burocraticamente amarrado a outro igualmente indesejável, onde a população fica desprotegida contra empresas e profissionais antiéticos.

Somos sócios do esforço central em produzir crescimento econômico, de onde advirão novos empregos para nossos profissionais e recursos para que a sociedade cada vez mais consuma produtos de alto valor agregado, especialmente em Química. Porém, é para evitar prejuízos à sociedade que o Conselho Federal de Química (CFQ) e outras entidades posicionam-se contra a Proposta de Emenda à Constituição (PEC) 108/2019, em tramitação no Congresso Nacional. Trata-se de uma mobilização em defesa dos brasileiros.

Duas das medidas previstas na PEC 108/2019 são alarmantes. A primeira transforma os conselhos profissionais em entidades privadas. Nessa condição, não poderão mais exercer, no lugar do Estado, atribuições como a regulação da atividade profissional, a fiscalização contra más práticas e a imposição de penalidades a profissionais e empresas por exercício impróprio de suas atividades. A segunda medida, igualmente temerária, é desobrigar os indivíduos de se inscreverem no respectivo conselho profissional nos casos em que a ausência da regulação não caracterizar “risco de dano concreto à vida, à saúde, à segurança ou à ordem social”.

Combinadas, as duas medidas tendem a destruir o aparato de fiscalização construído ao longo de décadas pelos conselhos profissionais. O prejuízo à sociedade é evidente. Sem o crivo do registro profissional,

pessoas desprovidas da necessária qualificação poderão atuar no mercado. Ao mesmo tempo, os conselhos estarão fragilizados como órgãos de fiscalização, tanto no que diz respeito à perda de poder de intervenção quanto no tocante à queda das receitas por causa do declínio das anuidades pagas pelos profissionais e empresas. O resultado? O desemprego dos profissionais qualificados, uma vez que as empresas não mais serão obrigados a contratá-los.

Engana-se quem vê a PEC 108/2019 como problema restrito aos conselhos. Diferentemente dos sindicatos, cuja razão de ser é a defesa dos interesses dos respectivos trabalhadores filiados, os conselhos profissionais zelam pela segurança dos consumidores, garantindo a eles o acesso a produtos e serviços manipulados por profissionais legalmente habilitados. Portanto, a falta de registro e de fiscalização representa risco de dano concreto à vida e à saúde do brasileiro, podendo também comprometer o meio ambiente e a confiabilidade de diversos produtos.

É importante destacar também que, na hipótese de o Estado vir a substituir os conselhos profissionais nas atribuições fiscalizatórias — o que não está previsto até o momento —, a conta ficará para toda a população. O Estado terá de custear com o dinheiro dos impostos o aparato de regulação e fiscalização que os conselhos profissionais sustentam hoje empregando apenas a receita das anuidades. Ou a sociedade ficará sem a proteção garantida pela fiscalização, ou essa defesa passará a depender de recursos públicos, expandindo ainda mais o já inchado gasto governamental.

O Conselho Federal de Química alerta que, sem fiscalização eficiente e com as atividades sendo realizadas por profissionais inabilitados, não haverá garantia da qualidade dos produtos fabricados, dos insumos utilizados, dos métodos empregados – nem mesmo do necessário cuidado no manuseio, armazenamento, transporte e distribuição. Empresários mal intencionados poderão lucrar mais com uma produção desprovida de acompanhamento profissional adequado, num cenário de decadência do respeito aos devidos padrões de segurança e qualidade. A dificuldade pode ser especialmente calamitosa em determinadas atividades, como aquelas relacionadas à fabricação e ao manuseio de produtos tóxicos, corrosivos, inflamáveis, explosivos e de outros artigos perigosos. Se forem conduzidas por profissionais inabilitados, deixarão toda a sociedade à mercê de ameaças potenciais.



É preciso evitar radicalismos. É preciso fazer as devidas ponderações. A condição para que o Brasil cresça não pode ser a de colocar nossa população sujeita a riscos. Temos certeza de que não é: os conselhos foram partícipes ativos de vários ciclos de bonança da economia brasileira e dessa vez não será diferente. Com esse pensamento, o Conselho Federal de Química solidariza-se com os demais conselhos profissionais do Brasil e apela aos congressistas para que considerem os argumentos contrários à PEC 108/19. O bom-senso recomenda que coloquemos acima de tudo a vida, garantindo saúde e segurança a nós, nossas famílias, todos os brasileiros, nossa fauna e flora e, também, o meio ambiente.

**Prof. Dr. José de Ribamar Oliveira Filho**  
Presidente do Conselho Federal de Química

Publicado pelo jornal **Gazeta do Povo**, em 26/10/2019



## XXV Olimpíada Norte/Nordeste de Química

### QUESTÕES ANALÍTICO-EXPOSITIVAS

#### 2.1 | EXAMES XXV ONNEQ

##### QUESTÃO 1 | PROVA ONNeQ 2019

O etilenoglicol (etano-1,2-diol) é uma substância muito solúvel em água, e muito utilizado como aditivo em radiadores de motores de automóveis. Porém, o seu armazenamento prolongado pode levar à formação de ácido oxálico (ácido etanodioico), acarretando a corrosão no sistema de arrefecimento do motor. A ação do etilenoglicol deve-se a efeitos coligativos com o solvente e sua estabilidade está relacionada com a reatividade de seus grupos funcionais. Considere que no frasco de determinada marca de aditivo para radiadores, o etilenoglicol encontra-se praticamente puro (despreze a contribuição dos aditivos e corantes) e o fabricante recomenda que seja preparada uma solução aquosa a 50 %V/V para uso no carro.

Dado Termodinâmico	Etilenoglicol	Água
Constante crioscópica, $K_c/^\circ\text{C kg mol}^{-1}$	-	1,853
Constante ebulioscópica, $K_c/^\circ\text{C kg mol}^{-1}$	-	0,525
Densidade, $d/\text{g cm}^{-3}$	1,1132	1,0000
Massa molar, $M/\text{g cm}^{-1}$	62	18
Temperatura de ebulição, $T_e/^\circ\text{C}$	197,3	100,0
Temperatura de fusão, $T_f/^\circ\text{C}$	-12,9	0,0

- A partir da recomendação dada pelo fabricante para o preparo da mistura (50% V/V), calcule a porcentagem em massa do aditivo, a partir da porcentagem em volume para uma mistura, que deve ser colocada no radiador do veículo.
- Calcule a menor temperatura que pode ser atingida com essa mistura.
- Calcule a maior temperatura que pode ser atingida com essa mistura.

- d) Porque o etilenoglicol é ideal para uso em radiadores e não o sal de cozinha?
- e) Escreva de forma simplificada a reação de oxidação entre o etilenoglicol e oxigênio. Considere o oxigênio dissolvido em água levemente ácida.

---

## QUESTÃO 2 | PROVA ONNeQ 2019

---

Alguns estudantes avaliaram o comportamento ácido/básico de diversas substâncias. Os resultados obtidos com os experimentos estão sumarizados no quadro abaixo:

Experimento	Sistema/Solução	Observação
1	$\text{NaNO}_2(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$	Formação de uma solução básica
2	$\text{Li}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$	Formação de uma solução básica e liberação de um gás
3	$\text{HCOOH}(\text{aq})$	$\text{pH}=2,40$
4	$\text{H}_3\text{CCOOH}(\text{aq})$	$\text{pH}=4,50$

Em relação a esses experimentos, os estudantes registraram as afirmações a seguir. Com base em conhecimentos químicos, julgue as afirmações como verdadeiras ou falsas, justificando sua resposta e fornecendo os nomes das substâncias utilizadas e formadas:

- a) No experimento 1 utilizou-se uma substância que pode ser classificada como uma base de Brønsted-Lowry.
- b) A diferença de pH observada nos experimentos 3 e 4 pode ser justificada pela força do ácido utilizado.
- c) Uma solução aquosa de ácido clorídrico, na mesma concentração da solução usada no experimento 3, apresenta um valor de pH maior do que 2,40.
- d) O  $\text{HCOOH}$  pode ser classificado como um ácido de Arrhenius.
- e) O gás liberado no experimento 2 corresponde ao oxigênio molecular.



---

### QUESTÃO 3 | PROVA ONNeQ 2019

---

Nos dias atuais é crescente o consumo de madeiras tratadas, a fim de torná-las mais resistentes à ação de agentes deteriorantes, principalmente se a madeira ficar em contato direto com a água ou com o solo. O tratamento comumente utilizado é o químico, no qual ocorre a fixação de um produto preservativo na madeira conhecido popularmente como CCA (Arseniato de Cobre Cromatado), que envolve a utilização de três óxidos estáveis.

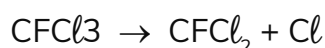
- Indique a fórmula química e nomenclatura destes três óxidos estáveis presentes no CCA.
- Indique a função de cada um destes óxidos no processo de tratamento da madeira.
- Indique as principais reações químicas de fixação dos princípios ativos do CCA, a partir dos compostos hemicelulósicos ( $\text{RCOOH}$ ) presentes na madeira.
- Indique o procedimento recomendado para destinação final dos resíduos do processo de tratamento da madeira.
- Os resíduos de madeira tratada com CCA podem ser reutilizados na fabricação de carvão ou briquetes. Com base nos conhecimentos químicos, julgue a afirmação como VERDADEIRA ou FALSA e justifique sua resposta.

---

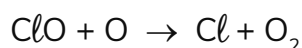
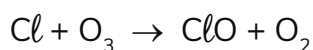
### QUESTÃO 4 | PROVA ONNeQ 2019

---

Nos últimos anos, tem sido observado uma diminuição significativa do ozônio na estratosfera causada pelos clorofluorcarbonos (CFC). Uma molécula de um CFC, por exemplo, o  $\text{CFCl}_3$ , é decomposta pela radiação UV de acordo com a seguinte reação:



Os átomos de cloro reativos formados reagem com ozônio como a seguir:



O átomo de oxigênio provém da decomposição fotoquímica de moléculas de  $\text{O}_2$ .

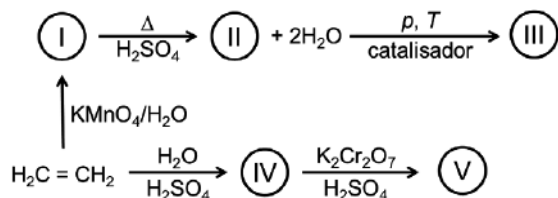
- Indique a reação global para as duas últimas etapas.
- Qual é a função do  $\text{Cl}$  e do  $\text{ClO}$  na reação?

- c) A espécie F no CFC não tem importância neste mecanismo. Por quê?
- d) Uma sugestão para reduzir a concentração de átomos de cloro é introduzir na estratosfera hidrocarbonetos como ( $C_2H_6$ ). Como funcionaria esta alternativa?
- e) Esboce os diagramas de energia potencial em função do progresso da reação para as reações não-catalisada e catalisada (pelo  $Cl$ ) de destruição de ozônio:  $O_3 + O \rightarrow 2O_2$ . Use os dados termodinâmicos abaixo para determinar se a reação é exotérmica ou endotérmica.

Substância	$\Delta_f H^\circ / \text{kJ mol}^{-1}$
O(g)	249,4
O <sub>2</sub> (g)	0
O <sub>3</sub> (g)	142,2

## QUESTÃO 5 | PROVA ONNeQ 2019

Na indústria petroquímica, além de se obter as diversas frações e respectivos combustíveis derivados do petróleo, são sintetizados vários subprodutos que são utilizados na produção de outras substâncias químicas, como o eteno na fabricação de termoplásticos. O esquema a seguir indica algumas reações do eteno:



- a) Escreva a fórmula estrutural e nome sistemático dos produtos de I a V;
- b) Na oxidação enérgica entre os produtos IV e V, equacione a reação de obtenção do [O];
- c) Faça a distribuição nos subníveis de energia do cromo metálico ( $Z = 24$ ) e justifique sua estabilidade;
- d) A reação entre os produtos IV e V é a mesma que ocorre no etilômetro (bafômetro). Considere o etilômetro e descreva quimicamente a mudança de coloração que ocorre.
- e) No eteno, indique a hibridação e a geometria de cada átomo de carbono.



## XXV Olimpíada Norte/Nordeste de Química

### 2.2 RESULTADOS DA XXV ONNeQ

O U R O				
NNO	Cidade	UF	Escola	Escore
Eliane de Sá Cavalcante Pacheco Neta	Fortaleza	CE	Farias Brito	<b>100,0</b>
José Nunes Brandão Júnior	Fortaleza	CE	Master - Bezerra	<b>94,53</b>
Jurandi Samuel Almeida Campelo	Fortaleza	CE	Farias Brito	<b>93,16</b>
Thiago Oliveira Sousa	Fortaleza	CE	Farias Brito	<b>90,42</b>
Pedro Luiz Moreira Santos Silva	Salvador	BA	Colegio Integral	<b>87,68</b>
Ygor de Santana Moura	Fortaleza	CE	Ari de Sá	<b>86,31</b>
P R A T A				
Eduardo Bezerra R. Dantas da Gama	Recife	PE	Colégio Militar	<b>86,31</b>
Pedro Arthur Sales Rebouças	Fortaleza	CE	Master - Bezerra	<b>84,94</b>
Pedro Felipe Silva Batista	Recife	PE	Colégio de Aplic.-UFPE	<b>84,94</b>
Rafael Cangussu Ferreira	Recife	PE	GGE	<b>83,57</b>
Ilo de Vasconcelos Ximenes JúNior	Recife	PE	3o. Milênio	<b>82,20</b>
Joaquim Miguel Moreira Santiago	Fortaleza	CE	Ari de Sá	<b>82,20</b>
Alexandre Lima Fernandes	Fortaleza	CE	Farias Brito	<b>80,83</b>
Gabriel Brasileiro de Sousa	Fortaleza	CE	Farias Brito	<b>80,83</b>
Antônio Cauã Farias Telles Melo	Fortaleza	CE	Farias Brito	<b>79,46</b>
Ana Beatriz Sena Ximenes Maia	Fortaleza	CE	Ari de Sá	<b>78,09</b>
B R O N Z E				
Felipe de deus Pompeu Magalhães	Fortaleza	CE	Farias Brito	<b>76,72</b>
Luiz Felipe Sousa Dias	Fortaleza	CE	Ari de Sá	<b>73,98</b>
Felipe Augusto Oliveira	Fortaleza	CE	Ari de Sá	<b>72,61</b>
João Victor da Silva Soares	Fortaleza	CE	Ari de Sá	<b>72,61</b>
Marcos Vinicius Pereira Veloso	Belém	PA	Ideal	<b>72,61</b>
Rodrigo do Nascimento Sampaio	Fortaleza	CE	Farias Brito	<b>72,61</b>
Júlia Alves de Sá	Fortaleza	CE	Teleyos	<b>71,24</b>
Raphael Fernandes de Oliveira	Fortaleza	CE	Master - Bezerra	<b>71,24</b>
Naim Shaikhzadeh Santos	Salvador	BA	Colegio Oficina	<b>71,24</b>
Emanuel Reinaldo Gomes Bezerra		PI	Cev	<b>69,87</b>
Rafael Silva de Oliveira	Fortaleza	CE	Master - Bezerra	<b>69,87</b>
Carlos Henrique Craveiro Aquino Veras	Fortaleza	CE	Ari de Sá	<b>68,50</b>
Esdras Cavalcante de Almeida		PE	Colégio Motivo	<b>68,50</b>
Guilherme Prado Carvalho	Aracaju	SE	Colégio Amadeus	<b>67,13</b>
Igor Campos Ibiapina	Fortaleza	CE	7 de Setembro - Ebs	<b>67,13</b>
João Victor Souza de Barros	Belém	PA	Ideal	<b>67,13</b>
Paulo César Rezende de Oliveira Filho		PE	Colégio Santa Emília	<b>67,13</b>
Yan Benevenuto Sabóia	Fortaleza	CE	Ari de Sá	<b>67,13</b>

**MENÇÃO HONROSA e DEMAIS CLASSIFICADOS ver em [www.obquimica.org](http://www.obquimica.org)**





## CAPÍTULO

# 3

## XII Olimpíada Brasileira de Química Junior

### 8ª e 9ª Séries do Ensino Fundamental

#### 3.1 | EXAMES FASE I

1. A prova consta de 20 (vinte) questões objetivas, cada uma contendo quatro alternativas, das quais você deve assinalar apenas uma.
2. A prova tem duração de 3 horas.
3. Você receberá o gabarito após 1 hora do início da prova, para registrar as suas opções de respostas.

Boa prova!

#### QUESTÃO 1 | PROVA OBQ JUNIOR

Em 1925, aos 25 anos, a astrônoma inglesa Cecilia Payne-Gaposchkin foi a primeira pessoa a dizer que as estrelas são compostas por uma mistura de dois gases. Reconhecida anos depois, essa conclusão foi contestada à época, por estar em conflito com a crença de que a composição química as estrelas fosse similar à da Terra.

<https://noticias.uol.com.br/ciencia/> (Adaptado)

A composição proposta pela astrônoma contém:

A)  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$ . B)  $\text{O}_2$  e  $\text{H}_2$ . C)  $\text{H}_2$  e He. D) CO e  $\text{CH}_4$ .

#### QUESTÃO 2 | PROVA OBQ JUNIOR

Um elemento químico, em particular, é muito importante para determinados aquários rochosos. Alguns organismos precisam dele para os seus crescimentos e formações, como os corais, os invertebrados e certas algas, responsáveis pelo crescimento e não erosão de rochas.

<http://www.aqualandia.com.br/> (Adaptado)

Qual é esse elemento químico?

A) Be B) Ca C) Mg D) Sr

---

### QUESTÃO 3 | PROVA OBQ JUNIOR

---

Alguns vídeos disponíveis na internet mostram interações entre um pequeno e potente ímã e um pedaço de um espesso tubo metálico, constituído por um material não magnético condutor de eletricidade. Ao se colocar o ímã dentro do tubo, ele cai muito lentamente, como se estivesse flutuando.

O tubo é formado por

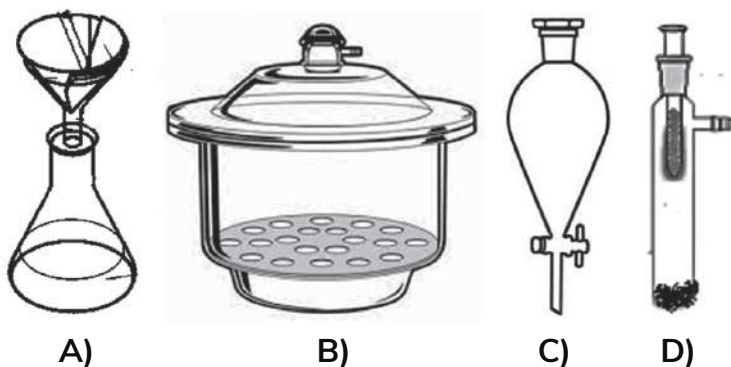
- A) Br.      B) Cu.      C) Fe.      D) Ne.

---

### QUESTÃO 4 | PROVA OBQ JUNIOR

---

Qual das vidrarias abaixo é adequada para realizar a purificação da cafeína por sublimação?



---

### QUESTÃO 5 | PROVA OBQ JUNIOR

---

Utilizando pulsos de luz de uma lâmpada de xenônio (configuração eletrônica:  $[\text{Kr}] 4d^{10}5s^25p^6$ ), uma nova forma “desimprimir” um papel impresso mostrou-se capaz de apagar totalmente os toners pretos, azuis, vermelhos e verdes do papel usado nas impressoras domésticas e de escritório. Esta proposta utiliza um

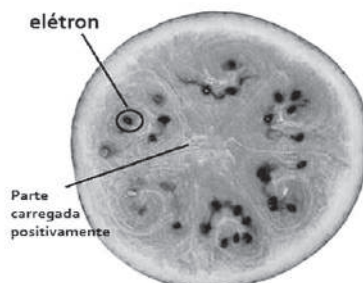
- A) elemento radioativo      B) gás nobre  
C) halogênio      D) metal alcalino

---

### QUESTÃO 6 | PROVA OBQ JUNIOR

---

Um pedaço de melancia foi usado em uma aula.



[www.engquimicasantosp.com.br/2017/03](http://www.engquimicasantosp.com.br/2017/03) (Adaptado)

A qual modelo atômico a imagem está associada?

- A) Bohr                      B) Dalton                      C) Rutherford                      D) Thomsom

**O texto abaixo será utilizado nas questões 7 e 8.**

Diante das metas internacionais de redução de gases do efeito estufa, várias empresas buscam tecnologias capazes de reduzir a concentração de dada substância no ar. Em um dos processos, o ar concentrado entra em contato com uma solução química de hidróxido. Há reação e se forma uma solução de carbonato. Essa mistura é tratada com hidróxido de cálcio para assumir uma forma sólida.

<https://noticias.uol.com.br/ciencia/> / (Adaptado)

---

### QUESTÃO 7 | PROVA OBQ JUNIOR

---

Qual a substância a ter sua emissão reduzida?

- A) Dióxido de carbono                      B) Etanol  
C) Metano                      D) Ozônio

---

### QUESTÃO 8 | PROVA OBQ JUNIOR

---

Qual o composto sólido formado no processo?

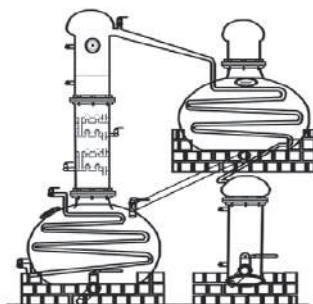
- A) C                      B)  $H_2Ca$                       C)  $CaCO_3$                       D)  $CO_2$

---

### QUESTÃO 9 | PROVA OBQ JUNIOR

---

Analise a figura abaixo.



<http://tellura.com.br/pt/producao/>

Ela ilustra um tipo de

- |                           |                       |
|---------------------------|-----------------------|
| A) destilação fracionada. | B) filtração a vácuo. |
| C) centrifugação.         | D) decantação.        |

---

### QUESTÃO 10 | PROVA OBQ JUNIOR

---

Uma mistura de compostos iônicos é comumente encontrada em

- |                                  |                    |
|----------------------------------|--------------------|
| A) líquidos de termômetros       | B) fios elétricos. |
| C) fertilizantes agrícolas (NPK) | D) gasolina.       |

**O texto abaixo será usado nas questões 11 e 12.**

O metano é um dos gases causadores naturais do efeito estufa, junto com o vapor d'água, o gás carbônico, o óxido nitroso e o ozônio concentrado na camada troposférica. Ele tem origem natural, mas a atividade agropecuária tem sido a principal responsável pelo aumento das suas emissões na atmosfera.

<https://www.pensamentoverde.com.br/> (Adaptado)

---

### QUESTÃO 11 | PROVA OBQ JUNIOR

---

Qual é a substância destacada no texto?

- A)  $\text{CH}_4$       B)  $\text{CO}_2$       C)  $\text{N}_2\text{O}$       D)  $\text{O}_3$

---

### QUESTÃO 12 | PROVA OBQ JUNIOR

---

São fatores associados ao aumento da emissão de metano na atividade humana citada no texto, exceto a(o)

- A) queima dos resíduos de plantações.  
B) cultivo do arroz irrigado por inundação.  
C) gases e esterco produzidos pelos rebanhos.  
D) exploração do gás natural na camada de pré-sal.

---

### QUESTÃO 13 | PROVA OBQ JUNIOR

---

Um lojista teve um susto ao checar o estoque de éter etílico. Mesmo tampadas, as garrafas desse produto estavam preenchidas apenas com metade do volume do líquido. O restante havia

- A) decantado.    B) destilado.    C) evaporado.    D) fundido.

---

### QUESTÃO 14 | PROVA OBQ JUNIOR

---

Astrônomos fizeram a primeira detecção confiável de uma molécula radioativa no espaço interestelar. A componente radioativa da molécula é uma versão instável do alumínio ( $Z=13$ ; massa atômica= 26,981539 u), chamado alumínio-26.

A espécie química destacada no texto é um tipo de

- A) alótropo.    B) íon.    C) isótopo.    D) mineral.



---

### QUESTÃO 15 | PROVA OBQ JUNIOR

---

Caso uma pessoa receba uma solicitação para comprar uma solução eletrolítica diluída, entre as opções abaixo, ela deve adquirir um litro de:

- A) soro fisiológico.                      B) óleo de soja.  
C) leite integral.                          D) vinagre.

---

### QUESTÃO 16 | PROVA OBQ JUNIOR

---

Um processo indicado para a separação de gases do ar, por meio do resfriamento desses componentes com o emprego de baixíssimas temperaturas e/ou elevadas pressões, é a

- A) evaporação.                          B) liquefação fracionada.  
C) filtração a vácuo.                      D) centrifugação fracionada.

---

### QUESTÃO 17 | PROVA OBQ JUNIOR

---

A lama liberada no rompimento da barragem de uma mina em Brumadinho (MG) causou perdas de vidas, e destruições materiais e ambientais, como as decorrentes da contaminação de corpos d'água com metais pesados, como:

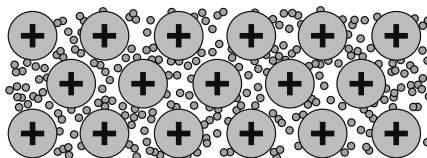
- A) Na e Mg.      B) Pb e Cd.      C) Hg e Cl.      D) F e K.

---

### QUESTÃO 18 | PROVA OBQ JUNIOR

---

Analisar o modelo de ligação química abaixo.



Esse modelo é adequado para se explicar a condutividade elétrica em um(a)

- A) barra de parafina.                      B) colher de madeira.  
C) cubo de gelo.                              D) fio de cobre.

---

### QUESTÃO 19 | PROVA OBQ JUNIOR

---

Nascida na Polônia, Marie Curie foi uma pioneira na ciência, por sua coragem, determinação e descobertas, incluindo dois elementos químicos. Ela foi a primeira mulher a ganhar um Prêmio Nobel em Ciências e primeira pessoa a recebê-lo por duas vezes. Marie também coordenou a implementação de um sistema de exames móvel, na Primeira Guerra Mundial, que ajudou no tratamento de milhões de soldados. Também contribuiu para a ciência ao aprisionar o gás que emanava do elemento rádio e enviar os tubos para o tratamento do câncer em hospitais do mundo inteiro.

<http://www.invivo.fiocruz.br> (Adaptado)

Este texto destaca as ações de Marie Curie com a

- A) densidade.                      B) eletronegatividade.  
C) radioatividade.                D) viscosidade.

---

### QUESTÃO 20 | PROVA OBQ JUNIOR

---

Que vidraria é adequada para separar uma amostra da mistura das duas fases menos densas do sistema ao lado?

- A) Balão volumétrico.  
B) Densímetro  
C) Erlenmeyer  
D) Funil de separação



## GABARITO

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C	B	B	D	B	D	A	C	A	C
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	D	C	C	A ou D	B	B	D	C	D



## CAPÍTULO

# 3

## XII Olimpíada Brasileira de Química Junior

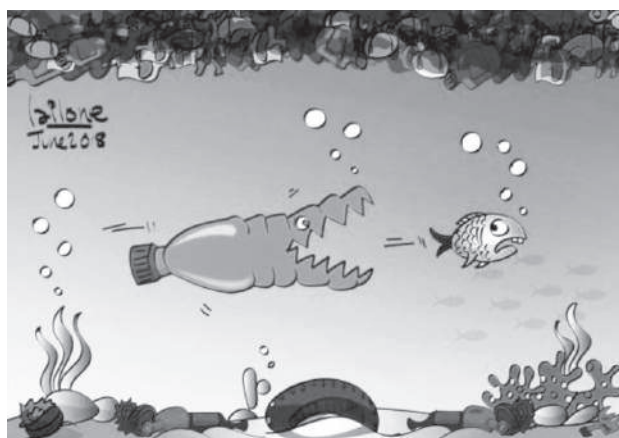
### 3.2 | EXAMES FASE II

1. A prova consta de treze (13) questões, dez (10) questões do tipo múltipla escolha (máximo 40 pontos) e três (3) questões analítico-expositivas (máximo 60 pontos).
2. Para responder às questões de múltipla escolha, identifique **APENAS UMA ÚNICA** alternativa correta e marque a letra correspondente no gabarito existente na Folha de Respostas.
3. Para responder às questões analítico-expositivas, utilize **APENAS** o espaço destinado para cada uma das três questões na Folha de Respostas.
4. A prova tem duração de três (3) horas.
5. Após uma (1) hora do início da prova, você receberá a Folha de Respostas para registrar as suas opções.

Boa prova!

### QUESTÃO 1 | QUESTÕES MÚLTIPLA ESCOLHA

Analise a charge abaixo.



<https://www.cartoonmovement.com/cartoon/49597>

Os objetos enfatizados na charge são constituídos prioritariamente por ligações químicas do tipo

- A) covalente.                      B) iônica.  
C) metálica.                      D) Van der Waals.

---

## QUESTÃO 2 | QUESTÕES MÚLTIPLA ESCOLHA

---

O quadro abaixo traz a informação nutricional indicada no rótulo de determinado produto, para a quantidade diária equivalente a um copo de 200 mL.

Quantidade por porção		% VD (*)
Valor Energético	68 kcal = 286 kJ	3
Carboidratos	10g	3
Proteínas	7,1 g	9
Gorduras Totais	0 g	0
Gorduras Saturadas	0 g	0
Gorduras Trans	0 g	**
Fibra Alimentar	0 g	0
Sódio	151 mg	6
Cálcio	225 gm	23

Os resíduos de tiro são produzidos em todo crime em que tenha ocorrido um disparo de arma de fogo. Eles representam um conjunto de elementos químicos oriundos do cano (Fe), do estojo (Cu, Zn, Ni), do projétil (Pb, Sb) e do iniciador (Pb, Ba, Sb).

<https://www.portaleducacao.com.br> (Adaptado)

Dados:

Fe (Z=26): [Ar] 3d<sup>6</sup> 4s<sup>2</sup> Ni (Z=28): [Ar] 3d<sup>8</sup> 4s<sup>2</sup>

Cu (Z=29): [Ar] 3d<sup>10</sup> 4s<sup>1</sup> Zn (Z=30): [Ar] 3d<sup>10</sup> 4s<sup>2</sup>

Sb (Z=51): [Kr] 4d<sup>10</sup> 5s<sup>2</sup> 5p<sup>3</sup> Ba (Z=56): [Xe] 6s<sup>2</sup>

Pb (Z=82): [Xe] 4f<sup>14</sup> 5d<sup>10</sup> 6s<sup>2</sup> 6p<sup>2</sup>

---

### QUESTÃO 3 | QUESTÕES MÚLTIPLA ESCOLHA

---

Na Química Forense, quanto aos resíduos de tiro, é importante investigar da presença de certos

- A) gases.            B) metais.            C) não metais.    D) semimetais.

---

### QUESTÃO 4 | QUESTÕES MÚLTIPLA ESCOLHA

---

Na tabela periódica, os elementos dos possíveis resíduos do estojo se encontram distribuídos.

- A) abaixo do bário.                      B) após o chumbo.  
C) no mesmo período.                D) no mesmo grupo.

---

### QUESTÃO 5 | QUESTÕES MÚLTIPLA ESCOLHA

---

A detecção de metal alcalino-terroso numa arma sugere a presença de resíduos oriundos do

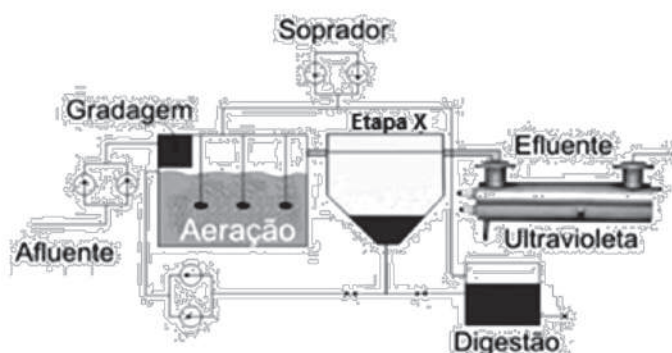
- A) cano.            B) estojo.            C) projétil.            D) iniciador.

---

### QUESTÃO 6 | QUESTÕES MÚLTIPLA ESCOLHA

---

O esquema abaixo mostra etapas de um processo de tratamento de esgoto.



<http://www.snatural.com.br/estacao-tratamento-efluentes/>



A **Etapa X** corresponde a uma

- A) desinfecção.    B) destilação.    C) filtração.    D) sedimentação.

---

### QUESTÃO 7 | QUESTÕES MÚLTIPLA ESCOLHA

---

A charge ao lado se associa a um fenômeno natural em uma manhã ensolarada.

Analisar-a. Dentro da intenção trazida no contexto charginho, I, II, III e IV correspondem respectivamente a:

- A) I -  $\text{CH}_4$ ; II -  $\text{CO}_2$ ; III - carboidratos; IV -  $\text{H}_2\text{O}_2$ .  
B) I -  $\text{CO}_2$ ; II -  $\text{O}_2$ ; III - glicose; IV -  $\text{H}_2\text{O}$ .  
C) I -  $\text{O}_2$ ; II - CO; III - carboidratos; IV -  $\text{H}_2\text{O}$ .  
D) I -  $\text{O}_2$ ; II -  $\text{CO}_2$ ; III - glicose; IV -  $\text{H}_2\text{O}_2$ .



<https://br.pinterest.com/> (Adaptado)

---

### QUESTÃO 8 | QUESTÕES MÚLTIPLA ESCOLHA

---

Para tratar a acidez estomacal, é comum a utilização de um produto alcalino, como a dispersão aquosa de

- A)  $\text{CaO}$ .    B)  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .    C)  $\text{NaCl}$ .    D)  $\text{HCl}$ .

---

### QUESTÃO 9 | QUESTÕES MÚLTIPLA ESCOLHA

---

Considere os seguintes dados: Mg ( $Z=12$ ; configuração eletrônica:  $[\text{Ne}] 3s^2$ ); e

Valores da Energia de Ionização (EI) em $\text{kJ mol}^{-1}$			
Elemento	$\text{EI}_1$	$\text{EI}_2$	$\text{EI}_3$
Mg	738	1450	7730

É correto afirmar que o magnésio é encontrado na natureza com a carga

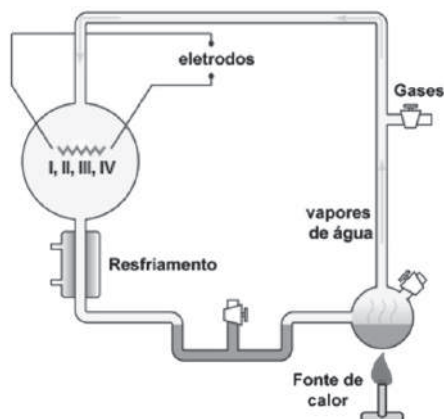
- A) -6.    B) -2.    C) +2.    D) +6.

---

## QUESTÃO 10 | QUESTÕES MÚLTIPLA ESCOLHA

---

Em um experimento similar ao esquematizado abaixo, foi possível produzir artificialmente moléculas de aminoácidos a partir de um ambiente com uma atmosfera primitiva, cheio de gases despreendidos das erupções vulcânicas, e submetido a descargas elétricas e elevadas temperaturas.



[https://www2.ibb.unesp.br/Museu\\_Escola/](https://www2.ibb.unesp.br/Museu_Escola/) (Adaptado).

Quais os gases que constituíam essa atmosfera?

- |  |   |
|--|---|
| A) $\text{CF}_4$ , $\text{O}_3$ , $\text{H}_2\text{O}_2$ , $\text{N}_2$ , $\text{NO}$ .  | B) $\text{CH}_4$ , $\text{O}_2$ , $\text{O}_3$ , $\text{H}_2\text{SO}_4$ , $\text{N}_2$ . |
| C) $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{CH}_4$ , $\text{CO}_2$ , $\text{H}_2$ , $\text{NH}_3$ . | D) $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{O}_2$ , $\text{O}_3$ , $\text{H}_2$ .                    |

## QUESTÕES ANALÍTICO-EXPOSITIVAS

---

## QUESTÃO 11 | QUESTÕES MÚLTIPLA ESCOLHA

---

Imagens disponibilizadas na internet mostram um “gelo que pega fogo” e exibe uma chama bem forte. Na verdade, trata-se de um hidrato de metano, um composto formado por moléculas do metano contidas numa espécie de “gaiola” de água congelada. Os depósitos desse material se concentram principalmente ao longo dos oceanos do hemisfério norte. Quando o metano é produzido no fundo do oceano e liberado no ambiente marinho, parte dele é encapsulada por cristais de gelo. Na temperatura próxima ao congelamento da água, o hidrato de metano permanece estável, mas quando se reduz a pressão ou se eleva a temperatura, decompõe-se rapidamente e um dos produtos resultantes, o gás, pode ser inflamado. O hidrato de metano é tido por muitos como uma tendência do abastecimento de energia. Estudos estão sendo feitos para descobrir como esse composto pode ser usado na geração de energia no futuro.

Adaptado de: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/o-gelo-que-pega-fogo.htm>

- A) Cite os estados físicos da matéria presentes nas diferentes atividades em torno do material discutido acima, indicando os respectivos fragmentos do texto que os exemplificam e/ou sugerem as suas ocorrências.
- B) Discuta sobre os impactos negativos que podem ser causados ao clima da Terra, caso essa alternativa energética seja utilizada em escala industrial.

---

### QUESTÃO 12 | QUESTÕES MÚLTIPLA ESCOLHA

---

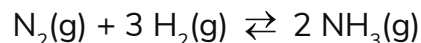
Descreva as características e discuta as potencialidades e limitações do modelo atômico de Dalton.

---

### QUESTÃO 13 | QUESTÕES MÚLTIPLA ESCOLHA

---

A amônia é uma das principais substâncias produzidas no mundo. Um marco histórico foi o desenvolvimento de um processo para a sua obtenção, baseado na reação química representada por:



- A) Explique o porquê da importância dessa reação na história da química e da humanidade.
- B) Considerando que 7,00 g de nitrogênio reagem totalmente com 1,50 g de hidrogênio para produzir gás amônia, calcule qual massa de amônia é produzida quando 2,10 g de nitrogênio reagem totalmente com uma determinada quantidade de hidrogênio. Dadas as massas molares em g/mol: H = 1; N = 14



## QUESTÕES de múltipla escolha

### GABARITO

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	C	B	C	D	D	B	B	C	C

### QUESTÕES ANALÍTICO-EXPOSITIVAS

### EXPECTATIVAS DE RESPOSTAS

---

#### QUESTÃO 11

---

As imagens mostram um “gelo que pega fogo” e exibe uma chama bem forte. Esse material se trata de um hidrato de metano, um composto formado por moléculas do metano contidas numa espécie de “gaiola” de **água congelada**. Os depósitos desse material se concentram principalmente ao longo **dos oceanos** do hemisfério Norte. Quando **o metano é produzido no fundo do oceano** e liberado no ambiente marinho, parte dele é encapsulada por **cristais de gelo**. Na temperatura próxima ao congelamento da água, o hidrato de metano permanece estável, mas quando se reduz a pressão ou se eleva a temperatura, decompõe-se rapidamente e um dos produtos resultantes, **o gás**, pode ser inflamado.

- a) Cite os estados físicos da matéria presentes nas diferentes atividades em torno do material discutido acima, indicando os respectivos fragmentos do texto que os exemplificam e/ou sugerem as suas ocorrências.

Estado sólido: “água congelada”, “cristais de gelo”.

Estado líquido: “oceanos”.

Estado gasoso: “o metano é produzido no fundo do oceano”, “o gás”(o metano), “pode ser inflamado”.

Obs.: O fogo, a chama exibida não se encaixa em nenhum estado físico, nem no plasma. O fogo (luz e calor) é resultado da combustão.

(5 pontos)

- b) Discuta sobre os impactos negativos que podem ser causados ao clima da Terra caso essa alternativa energética seja utilizada em escala industrial.

Apesar de ser tido por muitos como uma tendência do abastecimento de energia, o hidrato de metano, pode causar impactos ambientais negativos, caso seja usado futuramente na geração de energia em escala industrial.

A extração em larga escala poderia causar possíveis danos ambientais aos ecossistemas dos oceanos de onde seria obtido esse produto.

O metano é um gás causador de efeito estufa. Há riscos que falhas nos processos de extração do hidrato de metano e de beneficiamento do gás possa liberar ainda mais metano para a atmosfera e aumentar o desequilíbrio ambiental já vivenciado em nosso planeta.

A utilização em larga escala do hidrato de metano também contribuiria para estimular a manutenção e o incentivo de processos baseados em combustíveis de origem fóssil, de fontes não-renováveis. A energia produzida no seu uso envolveria a reação de combustão, com a consequente geração de mais dióxido de carbono, outro gás responsável pelo efeito estufa.

(20 pontos)

## **QUESTÕES ANALÍTICO-EXPOSITIVAS EXPECTATIVAS DE RESPOSTAS**

---

### **QUESTÃO 12**

---

Descreva as características e discuta as potencialidades e limitações do modelo atômico de Dalton.

#### **Características**

Denominado de modelo atômico de bola de bilhar, no modelo de Dalton os átomos dos elementos conhecidos eram representados por meio de símbolos esféricos. Apesar de ter realizado vários experimentos, a sua teoria está mais baseada em postulados do que comprovações, tais como: i) os átomos são maciços e apresentam forma esférica; ii) os átomos são indivisíveis; iii) os átomos são indestrutíveis; iv) um elemento químico é

um conjunto de átomos com mesmo tamanho, massa e propriedades; iv) os átomos de diferentes elementos químicos apresentam propriedades diferentes; v) o peso relativo de dois átomos pode ser utilizado para diferenciá-los; vi) substância química composta é formada pela mesma combinação de diferentes tipos de átomos e substâncias químicas diferentes são formadas pela combinação de átomos diferentes; vii) Nas reações químicas não há destruição de átomos, e sim rearranjo dos mesmos, formando novas substâncias.

### **Potencialidades**

Proporcionou um caráter científico, baseado em experimentos, às investigações sobre a constituição da matéria, servindo de base para que outros cientistas conhecessem o átomo e suas características.

Auxiliou na compreensão fenômenos discutidos à época, que implicavam, por exemplo, na lei de proporção das massas, de Proust, e na lei da conservação das massas, proposta por Lavoisier.

Permitiu a compreensão da composição das substâncias simples e compostas, e das misturas.

Introduziu o conceito de massa atômica e formulou a lei de pressões parciais dos gases.

### **Limitações**

A visão moderna de um átomo é muito diferente de uma partícula sólida, maciça e indivisível.

Não previa a existência de subdivisões atômicas (prótons e elétrons, por exemplo).

Não contemplava a natureza elétrica da matéria.

Levava a proposição de algumas fórmulas moleculares diferentes das aceitas atualmente.

Não conseguiu explicar fenômenos como a condução elétrica de metais e de soluções salinas ou a eletrólise.

Não verificou que átomos do mesmo elemento podem ter massas diferentes, pois o número de nêutrons pode variar em diferentes isótopos do mesmo elemento.

**(20 pontos)**



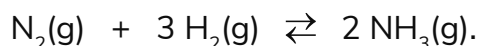
## QUESTÕES ANALÍTICO-EXPOSITIVAS EXPECTATIVAS DE RESPOSTAS

---

### QUESTÃO 13

---

A amônia é uma das principais substâncias produzidas no mundo. Um marco histórico foi o desenvolvimento de um processo para a sua obtenção, baseado na reação química esquematizada por:



- A) Explique o porquê da importância dessa reação na história da química e da humanidade.

A aplicação do processo denominado Haber-Bosch para a síntese da amônia, a partir do nitrogênio e do hidrogênio presentes na atmosfera, tornou possível aumentar a produtividade da agricultura e fabricar diferentes produtos. Por esse feito, ele é de grande importância para a humanidade.

A amônia é uma das substâncias mais produzidas no mundo. Ela serve de matéria-prima para um número elevado de aplicações. Por exemplo: fabricação de fertilizantes agrícolas, fibras, plásticos, produtos de limpeza (detergentes, desinfetantes e amaciantes), tinturas de cabelo e explosivos.

Anteriormente a esta síntese, cientistas haviam comprovado a importância do nitrogênio para as plantas, e também que esses seres vivos não absorvem o nitrogênio atmosférico ( $\text{N}_2$  gasoso). Utilizavam-se fontes de nitrogênio provenientes do próprio local, tais como: restos de colheita, excrementos diretos ou modificados (compostagem). O crescimento da população mundial passou a demandar mais alimentos e as fontes naturais de nitrogênio foram ficando escassas. Junto a isso, a grande disponibilidade de nitrogênio na atmosfera desafiava os cientistas a encontrarem uma maneira de fixá-lo. A baixa reatividade do nitrogênio dificultava as propostas para essa finalidade, cujos rendimentos obtidos eram baixos.

As muitas tentativas de se sintetizar a amônia finalmente resultaram em um processo adequado, conhecido do processo Haber-Bosch. O método economicamente viável para a síntese da amônia a partir do nitrogênio e do hidrogênio presentes na atmosfera foi desenvolvido por Fritz Haber, que recebeu um Prêmio Nobel em Química. Carl Bosch

transformou esse método em um processo em larga escala, utilizando um catalisador e métodos de alta pressão, e, por esse feito também ganhou um Prêmio Nobel em Química.

**(15 pontos)**

- B) Considerando que 7,00g de nitrogênio reagem totalmente com 1,50g de hidrogênio para produzir gás amônia, calcule qual é a massa de amônia é produzido quando 2,10g de nitrogênio reagem totalmente com uma determinada quantidade de hidrogênio.

**Dadas as massas molares em g/mol: H = 1; N = 14.**

**Item anulado**



## CAPÍTULO

## 3

**Programa Nacional Olimpíadas de Química**  
**XII Olimpíada Brasileira de Química Júnior**  
**Resultado da OBQjr 2019 Fase II**

Nome do Aluno	Escola	UF	Cidade	Série	Escore
<b>O U R O</b>					
Artur Neves Maia	Colégio Madre de Deus	PE	Recife	9º	100,0
Jana Almeida Pacheco dos Santos	Colégio Militar	BA	Salvador	9º	99,22
Maria Julia Fontenele de Melo	Nsa. Senhora das Graças	PI	Parnaíba	9º	96,87
Rafael Moreno Ribeiro	Colégio Militar	BA	Salvador	9º	96,48
Vinicius Conrado Farias	Colegio Master Sul	CE	Fortaleza	9º	94,83
Artur Pinto Lorenzo	Colégio Militar	BA	Salvador	9º	93,34
Maria Luiza Oliveira Costa	Colégio Militar	PE	Recife	9º	92,16
Davi Jucá Pinheiro	7 de Setembro	CE	Fortaleza	8º	92,06
<b>P R A T A</b>					
João Victor Correia Bastos Brianti	Colégio Militar	BA	Salvador	9º	91,77
Evelyn Vitória de Castro Lopes	E.M. Mário Fautino	PI	Teresina	9º	90,99
Pedro Andre Menezes de Moraes Amora	Colégio Antares	CE	Fortaleza	9º	89,42
Diogo Alves Braulio	E.E. Prof. Antilhon R. Soares	PI	Teresina	9º	89,42
Reyslla Vitória Alves Leal	Sagr. Coração de Jesus	PI	Parnaíba	9º	88,63
Ana Beatriz de Sousa Lira	EM João Porfírio Lima Cordão	PI	Teresina	8º	88,25
Vinicius Carrilho Dávila Saltos	Colégio Eximius	PE	Recife	9º	87,07
Marcelo de Souza Barbosa Filho	Colégio Militar	RJ	Rio de Janeiro	9º	87,07
Felipe Mandalozzo Tebcherani	Colégio Positivo Master	PR	Ponta Grossa	8º	87,07
Lorena Maria Barbosa Teixeira	Colégio Objetivo/Lavoisier	PI	Teresina	9º	86,28
Ana Leticia Matos da Silva Batista	Escolas IDAAM	AM	Manaus	9º	85,89
Vinicius Guandalini Cilla	Sartre Coc	BA	Salvador	9º	85,89
Lara Dantas de Oliveira Moises	Colégio 7 de Setembro	CE	Fortaleza	8º	85,23
Sofia Valverde Villas Boas	Colegio Sao Paulo	BA	Salvador	9º	85,10
Lucas Henrique Vitorino de Carvalho	Centro Educacional Logos	RJ	Nova Iguaçu	9º	85,10
Lucas Duarte MA	Colégio Eximius	PE	Recife	9º	84,72
Ana Erica Damasceno Saraiva Leal	Colégio Objetivo/Lavoisier	PI	Teresina	9º	84,72
Arthur Menezes Botelho	Colégio Militar	RJ	Rio de Janeiro	9º	83,54
Maria Eduarda Leão Almeida	Colégio Ideia	BA	Jequié	9º	82,75
Flávio Barbosa de Carvalho Neto	Colégio Militar	PE	Recife	9º	82,75
Geovanna Cavalcante da Silva	Colegio Patricia Costa	PE	Olinda	9º	82,75
Lucas Cavalcanti da Fonseca Batista	Colégio Santa Maria	PE	Recife	8º	82,75
João Antonio de Albuquerque M. P. de Araújo	7 de Setembro	CE	Fortaleza	8º	82,36
Washington Renato Teles Silva	Farias Brito	CE	Fortaleza	9º	82,36
Raissa Aguiar da Silva	Sophos - José Malcher	PA	Belém	9º	82,36
Raphael Yuri Alves Pinto Diniz	Colégio Francisco Mendes	PE	Serra Talhada	9º	82,36
João Pedro Costa de Lima	Centro Educacional Logos	RJ	Nova Iguaçu	9º	82,36
Sophia Coelho Andrade de Melo	Centro Educacional Construir	CE	Fortaleza	8º	82,20

Thais Pereira Belo	Colégio Master	CE	Fortaleza	9º	81,77
Luana Violeta Rodrigues de Matos	Lato Sensus	AM	Manaus	9º	81,57
Gustavo Silvany Teixeira Gubert	Sartre Coc	BA	Salvador	9º	81,57
Julia Parente Freitas	Farias Brito	CE	Fortaleza	9º	81,30
João Victor Sales Vital	Colégio Eximius	PE	Recife	8º	81,19
Felipe Abreu Braga	Farias Brito	CE	Fortaleza	9º	80,63
Isadora de Freitas Mählmann Heineck	Colégio Santa Cecília	CE	Fortaleza	9º	80,63
Rafael Menezes Santos	Colégio Ideia	BA	Jequié	9º	80,40
Aline de Marcos Rabelo Montagne	Colegio GGE	PE	Recife	9º	80,40
Lilia Raquel Silva de Oliveira	Instituto Xavier	PI	Capitão de Campos	8º	80,40
Pedro Araujo Moura	Colégio 7 de Setembro	CE	Fortaleza	9º	80,04
Gabriel Araújo	Patrícia Costa	PE	Paulista	9º	80,01
Gabriela Kurtz de Oliveira	Santo Anjo	PR	Curitiba	9º	80,01
Miguel Parron Pimenta e Souza	Colégio Albert Sabin	SP	São Paulo	8º	80,00

**Medalhas de BRONZE e DEMAIS CLASSIFICADOS**  
**Veja lista em [www.obquimica.org](http://www.obquimica.org)**



## CAPÍTULO

# 4

# A

## OBQ 2019 QUESTÕES DE MÚLTIPLA ESCOLHA

### 4.1 FASE III MODALIDADE A

#### 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. Em análises preliminares feitas da lama que chegou ao Rio Paraopeba, afluente do Rio São Francisco, detectou-se uma concentração de chumbo total de cerca de vinte vezes maior que a concentração permitida deste metal para o descarte de efluentes.

#### Considere também as seguintes informações complementares:

- o 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;
- o 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 L <sup>-1</sup> )
Resolução No 357/2005 – CONAMA	Águas Doces	0,033
Resolução No 430/2011 - CONAMA	Lançamentos de efluentes	0,50
Portaria No 05/2017 – MS	Potabilidade	0,01

## QUESTÃO 1 | FASE III MODALIDADE A

Analise os itens a seguir:

- I. Compostos de metais pesados Tais como alumínio e silício representam grandes riscos 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.

Dado de massa molar (g mol<sup>-1</sup>): Pb = 207,2.

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 | FASE III MODALIDADE A

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<sup>-1</sup>;      b) 0,043 mg L<sup>-1</sup>;      c) 0,035 mg L<sup>-1</sup>;  
d) 0,043 g L<sup>-1</sup>;      e) 2,000 mg L<sup>-1</sup>.

---

### QUESTÃO 3 | FASE III MODALIDADE A

---

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/](http://www.inca.gov.br/tipos-de-cancer/)), a estimativa para 2018 era de 165,5 mil novos 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 | FASE III MODALIDADE A

---

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 | FASE III MODALIDADE A

---

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  $\text{Fe}^{2+}$  é menos reativo do que o  $\text{Fe}^{3+}$ ;
- b) Como o  $\text{Fe}^{3+}$  é mais reativo do que o  $\text{Fe}^{2+}$ , a Vitamina C oxida o mesmo, impedindo qualquer reação;
- c) O  $\text{Fe}^{3+}$  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  $\text{Fe}^{3+}$ , impedindo-o de reagir com qualquer substância, no corpo humano.

---

### QUESTÃO 6 | FASE III MODALIDADE A

---

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 | FASE III MODALIDADE A

---

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 ( $\text{g mol}^{-1}$ ): Cu = 63,5; N = 14,0; H = 1,0; O = 16,0

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

---

### QUESTÃO 8 | FASE III MODALIDADE A

---

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 ( $\text{MCO}_3$ ) com 500 mL de solução de  $\text{HCl}$   $0,100 \text{ mol L}^{-1}$ . O ácido  $\text{HCl}$  excedente foi neutralizado por 32,80 mL de  $\text{NaOH}$   $0,588 \text{ mol L}^{-1}$ . Com base nos dados identifique o metal M.

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

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

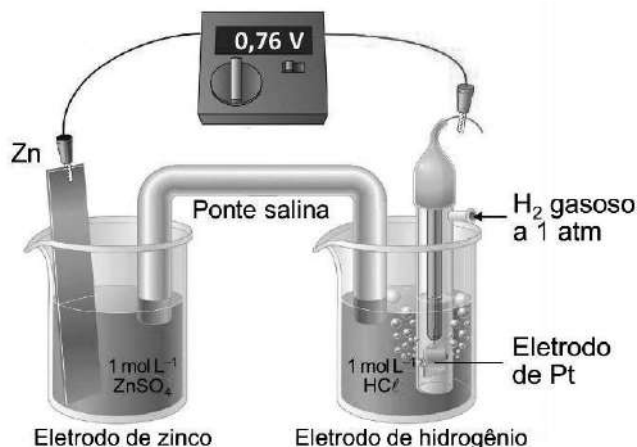
---

### QUESTÃO 9 | FASE III MODALIDADE A

---

Na figura abaixo visualiza-se a célula galvânica para mensurar o potencial

padrão de redução do zinco ( $E^\circ$ ), 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  $[Zn^{2+}] = 1,0 \text{ mol L}^{-1}$  e que  $p(H_2) = 1,0 \text{ atm}$ . Calcule a concentração aproximada, em quantidade de matéria, de  $H_3O^+$ .



Dados de constante dos gases,  $R = 8,3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  e constante de Faraday,  $F = 96500 \text{ C mol}^{-1}$ .

- a)  $2 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$       b)  $4 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$       c)  $2 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$   
d)  $4 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$       e)  $2 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$

### QUESTÃO 10 | FASE III MODALIDADE A

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:

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

As afirmações acima são, respectivamente.

- a) V, F, F e V;                      b) V, V, F e F;                      c) V, F, V e F;  
d) F, V, V e F;                      e) F, F, V e V.

## PARTE II - QUESTÕES ANALÍTICO-EXPOSITIVAS

### QUESTÃO 11 | FASE III MODALIDADE A

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/oeste-sudoeste/noticia/teste-indica-que-herbicida-era-cocaina-e-homem-fica21-dias-presno-no-parana.ghtm>. Acesso em 12/02/2019.)

Com base na notícia acima, responda o que se pede:

- a) O que é narcoteste?
- b) Considerando o método de Scott, qual o nome científico do reagente químico utilizado para a realização do narcoteste?
- c) Considerando que a droga da notícia acima fosse cocaína ( $C_{17}H_{21}NO_4$ ), equacione a reação química do ensaio do narcoteste.
- d) Considerando que o herbicida da notícia acima fosse o ácido 2-(4-iso-propil-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.
- e) Com base nos conhecimentos químicos, quais os fatores que induziram os policiais ao “falso positivo” no narcoteste?

## QUESTÃO 12 | FASE III MODALIDADE A

Em um recipiente de 1,0 L foram colocados 4,0 mols de  $\text{H}_2$  e 4,0 mols de  $\text{Cl}_2$ , ambos gasosos. Em seguida, o recipiente foi aquecido a uma temperatura  $T$ , e logo se estabeleceu o equilíbrio químico  $\text{H}_{2(g)} + \text{Cl}_{2(g)} \rightleftharpoons 2 \text{HCl}_{(g)}$ , 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  $K_c$ , com o aumento da concentração de  $\text{Cl}_{2(g)}$ ;
- Após o equilíbrio ser alcançado foi inserido 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 | FASE III MODALIDADE A

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.

Raio Atômico de Ligação (Å) dos Elementos Químicos																	
1	2											13	14	15	16	17	18
H 0,37												B 0,82	C 0,77	N 0,75	O 0,73	F 0,71	He 0,32
Li 1,34	Be 1,30											Al 1,18	Si 1,11	P 1,06	S 1,02	Cl 0,99	Ar 0,97
Na 1,54	Mg 1,30											Ga 1,26	Ge 1,22	As 1,19	Se 1,16	Br 1,14	Kr 1,10
K 1,96	Ca 1,74	Sc 1,44	Ti 1,36	V 1,25	Cr 1,27	Mn 1,39	Fe 1,25	Co 1,26	Ni 1,21	Cu 1,38	Zn 1,31	In 1,44	Sn 1,41	Sb 1,38	Te 1,35	I 1,33	Xe 1,30
Rb 2,11	Sr 1,92	Y 1,62	Zr 1,48	Nb 1,37	Mo 1,45	Tc 1,56	Ru 1,26	Rh 1,35	Pd 1,31	Ag 1,53	Cd 1,48						
												Tl	Pb	Bi			

- 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 caracte-

rísticas se encaixam no fato de que o bismuto está no mesmo grupo periódico com elementos não metálicos como nitrogênio e fósforo?

- d)  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  é um óxido básico. Escreva uma equação química balanceada para sua reação com ácido nítrico diluído. Se 6,77 g de  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  são dissolvidos em solução ácida diluída para fazer 0,500 L de solução, qual é a concentração molar da solução de íon  $\text{Bi}^{3+}$ ?
- e)  $^{209}\text{Bi}$  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 ( $\text{g mol}^{-1}$ ): Bi = 209,0.

---

#### QUESTÃO 14 | FASE III MODALIDADE A

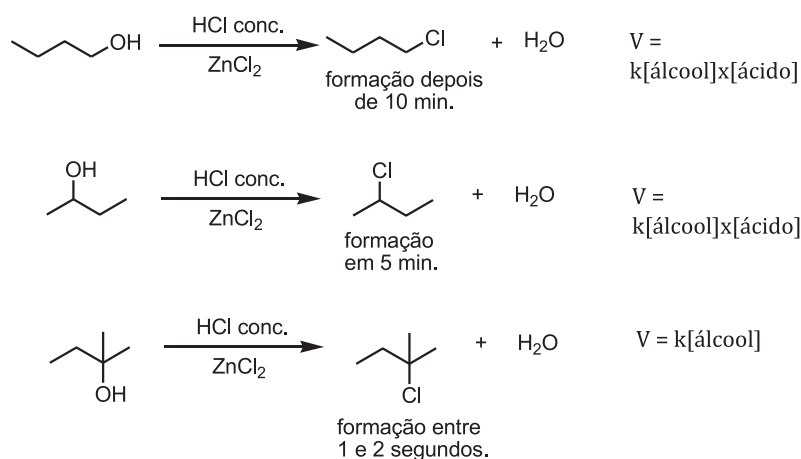
---

A trinitroglicerina,  $\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$  (geralmente referida simplesmente como nitroglicerina), tem sido amplamente utilizada como um explosivo. Alfred Nobel usou-o para fazer dinamite em 1866. Surpreendentemente, também é usado 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 de trinitroglicerina para formar gás nitrogênio, gás dióxido de carbono, água líquida e oxigênio gasoso é  $-1541,4 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

- (i) Escreva uma equação química balanceada para a decomposição da trinitroglicerina.
- (ii) Calcule o calor padrão de formação da trinitroglicerina.
- (iii) 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?
- (iv) 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? Explicar.
- (v) Descreva as várias conversões de formas de energia quando a trinitroglicerina é usada como um explosivo para quebrar os rochedos na construção de rodovias

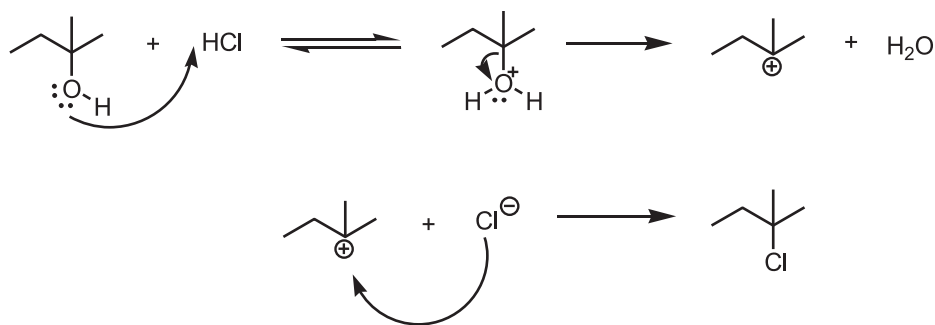
## QUESTÃO 15 | FASE III MODALIDADE A

Entre as mais variadas reações que são estudadas em síntese orgânica encontram-se as substituições nucleofílicas. De acordo com a cinética da reação elas podem ser classificadas em dois tipos mais comuns,  $S_N1$  e  $S_N2$ . Nessas reações um nucleófilo ataca um eletrófilo, e na estrutura de um dos reagentes um grupo abandonador está ligado a um carbono eletrofílico. Um bom exemplo para se entender este tipo de reação, é o observado na reação entre álcoois com HCl, conhecida com Teste de Lucas. O produto é de fácil observação porque os álcoois com poucos carbonos são solúveis nessa mistura e os haletos não são, então a mistura fica turva quando o produto se forma. Observe as reações abaixo:



Com base no exposto, responda os itens a seguir:

- Explique a diferença entre nucleófilo e eletrófilo e qual a relação com a teoria de ácidos e bases de Lewis.
- Com base na lei de velocidade das reações, explique o que significa os números “1” e “2” na representação  $S_N1$  e  $S_N2$ .
- Identifique o nucleófilo e o grupo abandonador nas reações representadas.
- Baseado na estabilidade do carbocátion, explique por que o álcool terciário se forma mais rápido.
- A reação do 2-metilbutan-2-ol é  $S_N1$  e as reações do butan-1-ol e butan-2-ol são  $S_N2$ . Proponha um mecanismo para a reação  $S_N1$ .



### QUESTÃO 16 | FASE III MODALIDADE A

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  $^{210}_{84}\text{Po}$ , colocado na sua comida/bebida. (Figura abaixo é recorte da tabela periódica em destaque os elementos polônio e adjacentes)

79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po -	85 At -	86 Rn -
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	---------------	---------------	---------------

- O  $^{210}_{84}\text{Po}$  é preparado pelo bombardeamento de  $^{209}_{83}\text{Bi}$  com nêutrons. Escreva uma equação para a reação.
- Quem descobriu o elemento polônio? E qual a contribuição desse elemento no experimento de Rutherford.
- O tempo de meia-vida do  $^{210}_{84}\text{Po}$  é de 138 d e ele decai com a emissão de uma partícula  $\alpha$ . 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, e após esse período quais elementos químicos estarão presentes na amostra e em que proporção, em número de átomos?
- Calcule a energia de uma partícula  $\alpha$  emitida. Pressuponha que o núcleo pai e o núcleo filho têm energia cinética igual a zero.  
 Dados de massas atômicas (u):  $^{210}_{84}\text{Po} = 209,98285$ ;  $^{206}_{82}\text{Pb} = 205,97444$ ;  $^4_2\alpha = 4,00150$ ; unidade atômica,  $1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-24} \text{ kg}$ ; constante da velocidade da luz,  $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ .
- A ingestão de  $1 \mu\text{g}$  de  $^{210}_{84}\text{Po}$  pode ser fatal. Qual é a energia total liberada por esta quantidade de  $^{210}_{84}\text{Po}$ .







## CAPÍTULO

# 4

# B

## OBQ 2019 QUESTÕES DE MÚLTIPLA ESCOLHA

### 4.2 FASE III MODALIDADE B

#### 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. Em análises preliminares feitas da lama que chegou ao Rio Paraopeba, afluente do Rio São Francisco, detectou-se uma concentração de chumbo total de cerca de vinte vezes maior que a concentração permitida deste metal para o descarte de efluentes.

#### Considere também as seguintes informações complementares:

- o 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;
- o 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 L <sup>-1</sup> )
Resolução No 357/2005 – CONAMA	Águas Doces	0,033
Resolução No 430/2011 - CONAMA	Lançamentos de efluentes	0,50
Portaria No 05/2017 – MS	Potabilidade	0,01

---

## QUESTÃO 1 | FASE III MODALIDADE B

---

**Analise os itens a seguir:**

- I. Compostos de metais pesados Tais como alumínio e silício representam grandes riscos 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  $1,6 \times 10^{-7}$  mol L<sup>-1</sup> é classificada como potável.

Dado de massa molar (g mol<sup>-1</sup>): Pb = 207,2.

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 | FASE III MODALIDADE B

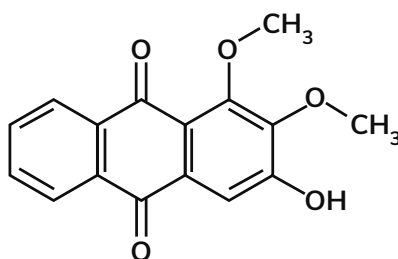
---

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<sup>-1</sup>;      b) 0,043 mg L<sup>-1</sup>;      c) 0,035 mg L<sup>-1</sup>;  
d) 0,043 g L<sup>-1</sup>;      e) 2,000 mg L<sup>-1</sup>.

### QUESTÃO 3 | FASE III MODALIDADE B

Diversas plantas produzem fitoalexinas, substâncias que atuam na defesa contra fungos. A *Chincona* produz o antragol (3-hidróxi-1,2-dimetoxiantraquinona), cuja estrutura é dada a seguir.



Considerando a estrutura do antragol, marque a alternativa INCORRETA.

- a) A molécula tem caráter alcalino devido à presença da hidroxila fenólica;
- b) As funções orgânicas presentes na molécula são cetona, éter e fenol;
- c) As duplas ligações da carbonila podem entrar em ressonância com os anéis, conferindo estabilidade à molécula;
- d) A fórmula molecular do antragol é  $C_{16}H_{12}O_5$ ;
- e) Na molécula do antragol há 8 ligações *pi* e 35 ligações *sigma*.

### QUESTÃO 4 | FASE III MODALIDADE B

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 | FASE III MODALIDADE B

---

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?

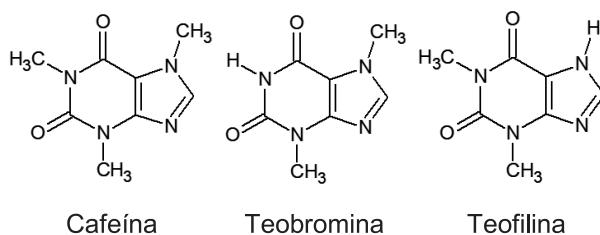
- a) O  $\text{Fe}^{2+}$  é menos reativo do que o  $\text{Fe}^{3+}$ ;
- b) Como o  $\text{Fe}^{3+}$  é mais reativo do que o  $\text{Fe}^{2+}$ , a Vitamina C oxida o mesmo, impedindo qualquer reação;
- c) O  $\text{Fe}^{3+}$  é um agente redutor, com um potencial de oxidação maior do que a Vitamina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

---

### QUESTÃO 6 | FASE III MODALIDADE B

---

Cafeína, teofilina e teobromina são alcaloides comuns em vários alimentos e bebidas, tais como o café, chocolate, chá, mate e guaraná. Assim, são dadas as seguintes estruturas.



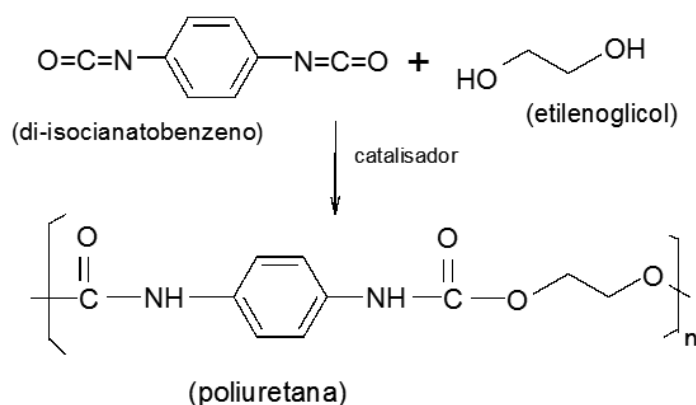
Considerando essas estruturas, marque a alternativa CORRETA.

- a) Teobromina e teofilina são isômeros constitucionais funcionais;
- b) Teobromina e teofilina formam ligações de hidrogênio; portanto, são mais solúveis em água que a cafeína;
- c) As funções orgânicas presentes nessas moléculas são amina (imina) e cetona;

- d) Dessas estruturas, somente a cafeína possui um carbono assimétrico, podendo apresentar as configurações R e S;
- e) Cafeína, teobromina e teofilina são muito solúveis em água devido à presença de átomos eletronegativos nas moléculas.

## QUESTÃO 7 | FASE III MODALIDADE B

Em fevereiro deste ano, o Brasil acordou com a notícia da tragédia no alojamento do Centro de Treinamento do Flamengo, conhecido como “Ninho do Urubu”. Um incêndio se alastrou rapidamente levando à morte dez adolescentes e deixando três feridos. Considerando que a causa primária tenha sido um curto-circuito nos aparelhos de ar condicionado e que o revestimento interno dos contêineres usados nos dormitórios era composto por espuma de poliuretana, a combustão se desenvolveu em grande velocidade, espalhando fumaça tóxica, constituída principalmente de monóxido de carbono e cianeto de hidrogênio. As uretanas são estruturas muito parecidas com as amidas e os ésteres. A poliuretana é um polímero de rearranjo que resulta da reação entre o 1,4 di-isocianatobenzeno com etilenoglicol, e apresenta a uretana como grupo que se repete na polimerização. Conforme reação esquematizada a seguir.



Com base no exposto, assinale a alternativa CORRETA.

- a) O átomo de carbono no monóxido de carbono sofre hibridização do tipo  $sp$ ;
- b) Na estrutura do polímero encontramos uma função mista com amida e éter presentes;
- c) As semelhanças estruturais entre CO e  $\text{CN}^-$  levam-nas a ligar-se a hemoglobina causando asfixia;

- d) A molécula do cianeto de hidrogênio é angular e tem orbitais híbridos  $sp^2$  e um par não ligante;
- e) A reação que forma o polímero é do tipo rearranjo por condensação com eliminação de HCN.

### QUESTÃO 8 | FASE III MODALIDADE B

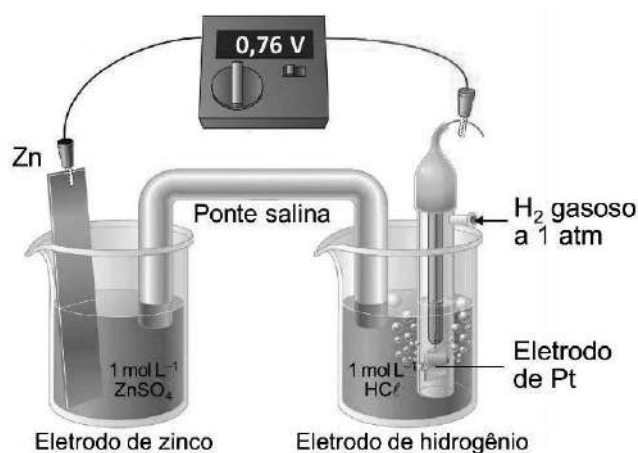
Uma técnica clássica de quantificação é a titulação do excesso de ácido ou base em uma reação de neutralização. Para exemplificar, no laboratório um estudante de química reagiu 1,295 g de amostra de um carbonato metálico ( $MCO_3$ ) com 500 mL de solução de HCl  $0,100 \text{ mol L}^{-1}$ . O ácido HCl 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 ( $\text{g mol}^{-1}$ ): C = 12 e O = 16.

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

### QUESTÃO 9 | FASE III MODALIDADE B

Na figura abaixo visualiza-se a célula galvânica para mensurar o potencial padrão de redução do zinco ( $E^\circ$ ), a  $25^\circ\text{C}$ . Em outra condição para a célula galvânica, o seu potencial ( $E$ ) foi medido a  $25^\circ\text{C}$ , sendo obtido o valor de 0,54 V. Considere que  $[\text{Zn}^{2+}] = 1,0 \text{ mol L}^{-1}$  e que  $p(\text{H}_2) = 1,0 \text{ atm}$ . Calcule a concentração aproximada, em quantidade de matéria, de  $\text{H}_3\text{O}^+$ .



Dados de constante dos gases,  $R=8,3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$  e constante de Faraday,  $F=96500 \text{ C mol}^{-1}$ .

- a)  $2 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$       b)  $4 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$       c)  $2 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$   
d)  $4 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1}$       e)  $2 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$

---

### QUESTÃO 10 | FASE III MODALIDADE B

---

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:

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

As afirmações acima são, respectivamente.

- a) V, F, F e V;      b) V, V, F e F;      c) V, F, V e F;  
d) F, V, V e F;      e) F, F, V e V.

## PARTE II - QUESTÕES ANALÍTICO-EXPOSITIVAS

---

### QUESTÃO 11 | FASE III MODALIDADE B

---

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/oeste-sudoeste/noticia/teste-indica-que-herbicida-era-cocaína-e-homem-fica-21-dias-presos-no-paraná.ghtml>. 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-iso-propil-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 | FASE III MODALIDADE B

---

Em um recipiente de 1,0 L foram colocados 4,0 mols de  $H_2$  e 4,0 mols 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;

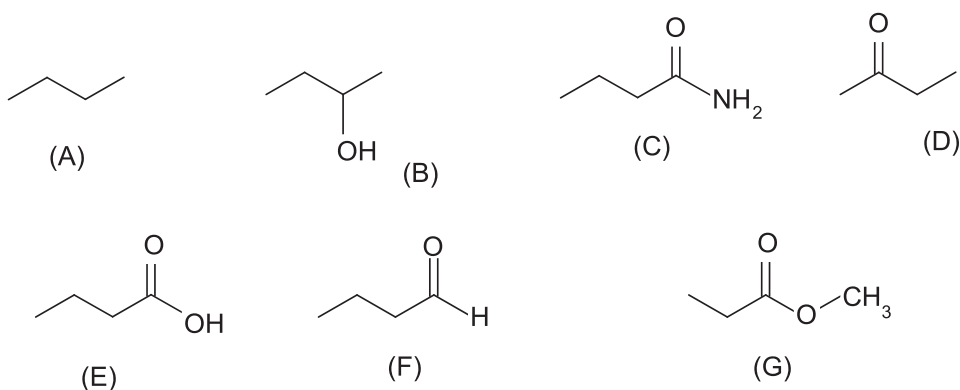
- d) Mantendo a temperatura constante, descreva o que se observa no valor de  $K_c$ , com o aumento da concentração de  $C_{12(g)}$ ;
- e) Após o equilíbrio ser alcançado foi inserido 0,75 mol de gás hidrogênio no sistema. De acordo com o Princípio de Le Chatelier, o que deve ocorrer com o sistema?

---

### QUESTÃO 13 | FASE III MODALIDADE B

---

São dadas as seguintes estruturas de substâncias orgânicas:



Assim, responda o que se pede:

- a) Escreva o nome sistemático e função orgânica dessas substâncias.
- b) Ordene-as em ordem decrescente de temperaturas de fusão e de ebulição.
- c) Dessas substâncias, cite uma que tem estado de agregação à temperatura ambiente:
- c.1 – sólido:
- c.2 – gasoso:
- c.3 – líquido:
- d) A desidratação intramolecular da substância B pode produzir dois isômeros. Equacione a reação que gera o produto majoritário.
- e) A substância B apresenta um carbono assimétrico ou centro de quiralidade. Faça as estruturas do par de enantiômeros e especifique as configurações R e S.

---

### QUESTÃO 14 | FASE III MODALIDADE B

---

A trinitroglicerina,  $C_3H_5N_3O_9$  (geralmente referida simplesmente como nitroglicerina), tem sido amplamente utilizada como um explosivo. Alfred Nobel usou-o para fazer dinamite em 1866. Surpreendentemente, também é usado 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 de trinitroglicerina para formar gás nitrogênio, gás dióxido de carbono, água líquida e oxigênio gasoso é  $-1541,4 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

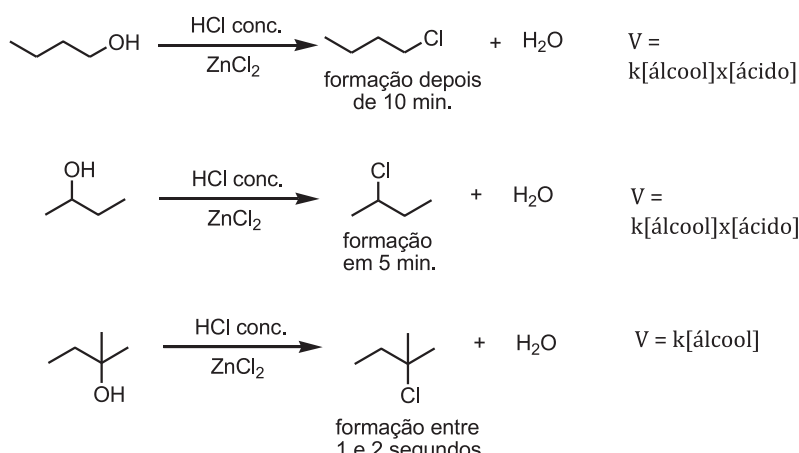
- (i) Escreva uma equação química balanceada para a decomposição da trinitroglicerina.
- (ii) Calcule o calor padrão de formação da trinitroglicerina.
- (iii) Uma dose padrão de trinitroglicerina para alívio da angina é de 0,60 mg. Se a amostra for eventualmente oxidada no corpo (não explosivamente!) a gás nitrogênio, gás dióxido de carbono e água líquida, que número de calorias é liberada?
- (iv) Uma forma comum de trinitroglicerina funde-se aproximadamente a  $3^\circ\text{C}$ . A partir dessas informações e da fórmula da substância, você esperaria que ela fosse um composto molecular ou iônico? Explicar.
- (v) 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 | FASE III MODALIDADE B

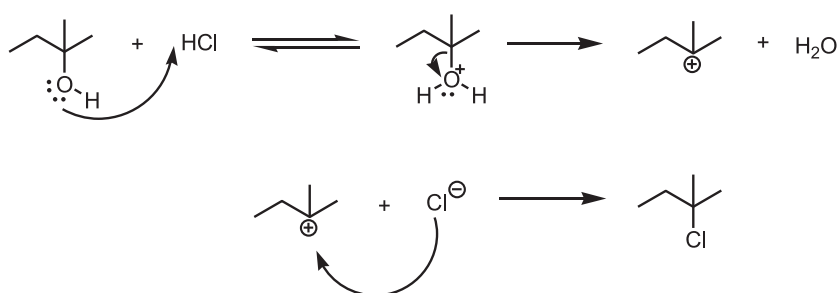
---

Entre as mais variadas reações que são estudadas em síntese orgânica encontram-se as substituições nucleofílicas. De acordo com a cinética da reação elas podem ser classificadas em dois tipos mais comuns,  $S_N1$  e  $S_N2$ . Nessas reações um nucleófilo ataca um eletrófilo, e na estrutura de um dos reagentes um grupo abandonador está ligado a um carbono eletrofílico. Um bom exemplo para se entender este tipo de reação, é o observado na reação entre álcoois com HCl, conhecida com Teste de Lucas. O produto é de fácil observação porque os álcoois com poucos carbonos são solúveis nessa mistura e os haletos não são, então a mistura fica turva quando o produto se forma. Observe as reações abaixo:



Com base no exposto, responda os itens a seguir:

- Explique a diferença entre nucleófilo e eletrófilo e qual a relação com a teoria de ácidos e bases de Lewis.
- Com base na lei de velocidade das reações, explique o que significa os números “1” e “2” na representação SN<sub>1</sub> e SN<sub>2</sub>.
- Identifique o nucleófilo e o grupo abandonador nas reações representadas.
- Baseado na estabilidade do carbocátion, explique por que o álcool terciário se forma mais rápido.
- A reação do 2-metilbutan-2-ol é SN<sub>1</sub> e as reações do butan-1-ol e butan-2-ol são SN<sub>2</sub>. Proponha um mecanismo para a reação SN<sub>1</sub>.



## QUESTÃO 16 | FASE III MODALIDADE B

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  $^{210}_{84}\text{Po}$ , colocado na sua comida/bebida. (Figura abaixo é

recorte da tabela periódica em destaque os elementos polônio e adjacentes)

79 <b>Au</b> 197.0	80 <b>Hg</b> 200.6	81 <b>Tl</b> 204.4	82 <b>Pb</b> 207.2	83 <b>Bi</b> 209.0	84 <b>Po</b> -	85 <b>At</b> -	86 <b>Rn</b> -
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	----------------------	----------------------	----------------------

- O  $^{210}_{84}\text{Po}$  é preparado pelo bombardeamento de  $^{209}_{83}\text{Bi}$  com nêutrons. Escreva uma equação para a reação.
- Quem descobriu o elemento polônio? E qual a contribuição desse elemento no experimento de Rutherford.
- O tempo de meia-vida do  $^{210}_{84}\text{Po}$  é de 138 d e ele decai com a emissão de uma partícula  $\alpha$ . 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, e após esse período quais elementos químicos estarão presentes na amostra e em que proporção, em número de átomos?
- Calcule a energia de uma partícula  $\alpha$  emitida. Pressuponha que o núcleo pai e o núcleo filho têm energia cinética igual a zero.  
Dados de massas atômicas (u):  $^{210}\text{Po} = 209,98285$ ;  $^{206}\text{Po} = 205,97444$ ;  $^4_2\alpha = 4,00150$ ; unidade atômica,  $1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-24} \text{ kg}$ ; constante da velocidade da luz,  $c = 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ .
- A ingestão de  $1 \mu\text{g}$  de  $^{210}\text{Po}$  pode ser fatal. Qual é a energia total liberada por esta quantidade de  $^{210}\text{Po}$ .



## CAPÍTULO

# 4

## A

### Programa Nacional Olimpíadas de Química

#### RESULTADO OBQ 2019 - MODALIDADE A

O U R O				
Nome	Cidade	UF	Escola	Escore
Pedro Antonio Silva Ferreira	Guarulhos	SP	Mater Amabilis	100,00
Pedro Yudi Honda	Rio de Janeiro	RJ	Colégio Ph	100,00
Davi Medeiros Fortunato Cantanhede	Rio de Janeiro	RJ	C. Prep. Maximus	99,07
Guilherme Nogueira Bento	Fortaleza	CE	Farias Brito	96,01
Antônio Cauã Farias Telles Melo	Fortaleza	CE	Farias Brito	95,75
Pedro Nunes Pereira	Rio de Janeiro	RJ	Colégio De São Bento	95,75
Carlos Henrique Craveiro Aquino Veras	Fortaleza	CE	Ari De Sá	95,08
Matheus Paulo Ferreira	São Paulo	SP	Objetivo Integrado	94,68
Guilherme Seger Kersten	Porto Alegre	RS	Col. Farroupilha	94,42
Thomas Anders Silva Larsson	Valinhos	SP	Etapa	94,15
P R A T A				
Thiago José Veloso de Souza	Brasília	DF	Colégio Militar	93,09
Gustavo Monteiro Perrone de Oliveira	Salvador	BA	Colégio Anchieta	93,02
Rodrigo Do Nascimento Sampaio	Fortaleza	CE	Farias Brito	92,02
Marina Malta Nogueira	Recife	PE	Col. de Aplicação da UFPE	91,36
Cícero Gualberto Nascimento Delmondes	Brasília	DF	Col. Podium	89,76
Emily Kathrin Ribeiro Silva	São Paulo	SP	Obj.Integrado	89,76
Cássia Caroline Aguiar da Ponte	Fortaleza	CE	Colégio Master	89,36
Mateus Henrique dos Santos	Valinhos	SP	Etapa	89,36
Vinícius da Silveira Lanza Avelar	Fortaleza	DF	Col. Olimpo	89,36
Yan Benevenuto Sabóia	Fortaleza	CE	Ari De Sá	88,96
Thaís Bezerra de Menezes B. de Sousa	Fortaleza	CE	Farias Brito	88,43
Lucas Oliveira Gotelip de Melo	Rio de Janeiro	RJ	Colégio Ph	88,03
José Nunes Brandão Júnior	Fortaleza	CE	Master	87,77
Gustavo Masakiti Miura	São J. dos Campos	SP	Poliedro	87,37
Gabriel Brasileiro de Sousa	Fortaleza	CE	Farias Brito	86,70
Miguel dos Anjos Batista	Rio de Janeiro	RJ	Col.e Curso Pensi	86,70
Pedro Arthur Sales Rebouças	Fortaleza	CE	Master	86,70
Mikael Parente Reis	Fortaleza	CE	Farias Brito	86,30
Mattias Anders Silva Larson	Valinhos	SP	Etapa	85,64
Gabriel Oda de Paiva	Guarulhos	SP	Mater Amabilis	83,78
Rana Barbosa Rabêlo	Fortaleza	CE	Farias Brito	83,64
Luiz Felipe Sousa Dias	Fortaleza	CE	Ari De Sá	83,25
Arthur Mendes Pereira	Fortaleza	CE	Farias Brito	82,98
Ana Beatriz Sena Ximenes Maia	Fortaleza	CE	Ari De Sá	82,31
Artur Khalil Lemos de Sousa Martins	Teresina	PI	Cev	81,65
Mariana Mariah Idalgo da Costa	Rio de Janeiro	RJ	Cefet/Rj - Maracanã	81,25
Daniel Yamamoto Damico	Valinhos	SP	Etapa	80,72
Dario de Bortoli	Porto Alegre	RS	Colégio Militar	80,72
Marcus Vinícius Femia	Jundiaí	SP	Divina Providência	80,05

Eric Hideki Hashimoto Miura	São Paulo	SP	Etapa	79,66
Raphael Fernandes de Oliveira	Fortaleza	CE	Master	79,39
Emmanuel Maurício Silveira Pinto	Ipatinga	MG	Educação Criativa	78,99
Antonio Vilk Sales de Moraes S. Crisanto	Teresina	PI	Inst. Dom Barreto	78,72
Rafael Silva de Oliveira	Fortaleza	CE	Master	77,79
<b>B R O N Z E</b>				
Gabriel Ribeiro Silverio	Goiânia	GO	Colégio Olimpo	75,67
Giovana Melo dos Santos	Maringa	PR	Ensino Escolar Dom Bosco	75,67
Bruno Maia de Oliveira Duarte	Recife	PE	Col. Santa Maria	75,00
Arthur Carneiro Pires	Goiânia	GO	Colégio Arena	74,73
Marcos Paulo de Souza Campanha	Brasília	DF	Col. Olimpo	73,80
Bruno Hiroki Muto	Mogi das Cruzes	SP	Objetivo	73,67
Ana Júlia Marinho Bandeira	Fortaleza	CE	Farias Brito	73,40
Felipe de Deus Pompeu Magalhães	Fortaleza	CE	Farias Brito	73,40
Filipe Franco Ferreira	Belo Horizonte	MG	Colégio Bernoulli	73,40
Thaís Ribeiro Lauriano	Brasília	DF	Col. Podium	73,14
Gabriel Guiote Ribeiro	São Paulo	SP	Agostiniano São José	73,01
Gustavo Baracat Alvares Martins	São Paulo	SP	Obj. Integrado	72,87
Fernanda de Sousa Rodrigues	Taguatinga Norte	DF	Col. Olimpo	72,74
Beatriz da Silva Guedes Toscano	Brasília	DF	Col. Olimpo	72,08
Felipe Reis Spirandelli	Goiânia	GO	Colégio Arena	71,94
Mateus Mayorca Camargo	Cascavel	PR	IFPR	71,94
Caio Rezende Lima	Rio de Janeiro	RJ	Colégio Pentágono	71,81
Fernando Pepes Morassi	Vila Velha	ES	Charles Darwin	71,68
Breno Silva Affonso	Rio de Janeiro	RJ	Col. De São Bento	71,68
Luiz Henrique Marques Gonçalves	Goiânia	GO	Colégio Olimpo	70,48
Bruno Baron Nakamura	Brasília	DF	Col. Podium	70,08
Kairan Alves de Freitas Barros	Fortaleza	CE	Master	68,75
Luigi Lipori Valencio Fernandes	Curitiba	PR	Santo Anjo Barigui	68,75
Victor Carlos Luz de Oliveira	Teresina	PI	Inst. Dom Barreto	68,48
Pedro Antonio Lopes Gomes	Salvador	BA	Sartre Escola Seb	68,09
Caio Escórcio Lima Dourado	Teresina	PI	Inst. Dom Barreto	67,82
Lucas Coelho Lima	Natal	RN	Cen. de Educação Integrada	67,15
Cecília Loretti de Paiva	Imperatriz	MA	Artceb	67,02
Lucas Perondi Kist	Ponta Grossa	PR	Colorindo o Mundo	66,89
João Vitor Moreira de Araújo Silva	Rio de Janeiro	RJ	Col. De São Bento	66,76
Samuel Madeiro Sampaio	Fortaleza	CE	Colégio Christus	66,76
João Victor Souza de Barros	Belém	PA	G. Educ. Ideal	66,49
Elias Campos Abdo	Londrina	PR	Col. Londrinense	65,69
Chiara Fernandes Ary	Fortaleza	CE	Ari de Sá Cavalcante	65,29
João Pedro da Silva Mariano	Fortaleza	CE	Ari De Sá	65,29
Álvaro Amitai Livramento Santos	Salvador	BA	Sesi Djalma Pessoa	65,16
Gustavo Gelinski	Ponta Grossa	PR	S. C. de Jesus	64,63
Beatriz Molinari Satil de Souza	São Paulo	SP	Obj. Integrado	64,36
Aimê de Paula Santos	Feira Nova	PE	3o Milênio Colégio e Curso	63,70
Alessandro da Cunha Menegon	São Paulo	SP	Obj. Integrado	63,70
Nicolas Carvalho Silva Lima	Teresina	PI	Objetivo	63,03
Fabricao Asfora Romero Assunção	Salvador	BA	Colégio Integral	62,77
Aginaldo Celestino Feitosa	Aracaju	SE	Salvador	62,37
Leonardo Camurça Pontes de Almeida	Natal	RN	C. De Educação Integrada	62,37
Maria Luiza de Sá Barros Gomes	Recife	PE	N. Carvalho S.Lima	62,10
Luiz Guilherme de Andrade Pires	Rio de Janeiro	RJ	Col. Pentágono	62,10
Felipe Saneshima Brasil Barbosa	Valinhos	SP	Colégio Etapa Valinhos	61,84
Eduardo Esteves Souza Dias	São Paulo	SP	Colégio Etapa	61,70

Vinicius Murbach Toth	São Paulo	SP	Agost.Mendel	61,44
Larissa Cristina Bertanha	Brasília	DF	Colégio Militar	61,17
Luis Gustavo Sampaio	Mafrá	SC	Sociedade Educ. Excelencia	61,04
Ana Luísa Moura de Souza	São Paulo	SP	Etapa	60,90
Mateus França Giordano	B.Horizonte	MG	Col. Santo Antônio	60,77
Gustavo Dantas Nunes	Aracaju	SE	Máster	60,51
Beatriz Wendy Mayumi Sakama	Londrina	PR	Col. Universitário	60,37
Otávio Barroso Alves	Ipatinga	MG	Colégio São Francisco Xavier	60,24
Pedro Henrique Galeski	Cascavel	PR	Col. Santa Maria	60,11
Victor Aurélio Xavier de Melo	Recife	PE	Colégio Equipe	59,97
Glauco César Prado Soares	Brasília	DF	Col. Militar Brasília-Df	59,84
Victória Amáble Cruz e Silva	Surubim	PE	3º Milênio Colégio E Curso	58,91
Carlos Demoliner Kubota	Brasília	DF	Col. Olimpo	58,78
Fabiana Luft Bavaresco	Porto Alegre	RS	Col. Farroupilha	57,98
Artur Matumato João	Sobradinho	DF	Col. La Salle	57,45
Gabriel Cordeiro Polo Mendes	Brasília	DF	Col. Militar	57,18
Pedro Anibal Nunes Brito	F. de Santana	BA	Colégio Helyos	57,05
Artur de Oliveira Macena Lôbo	Jaboatão Guararapes	PE	Esc. De Aplicação Fcap/UPE	56,38
João Henrique Teixeira Santos	Belo Horizonte	MG	Colégio Santa Dorotéia	56,38
João Pedro dos Santos Quadros	Montes Claros	MG	IFNMG	56,12
Victor Hugo da Costa Bartocci	Belém	PA	Grupo Educ. Ideal	56,12
Giulia Maria Santos de Santana	Aracaju	SE	Salvador	55,72
João Victor de Castro Carneiro	Goiânia	GO	Colegio Arena	55,72
Jorge Humberto Bezerra Waquim	Brasília	DF	Col. Podium	55,72
Rui Anadrade Carvalho Nunes	Goiânia	GO	Col. Arena/Goiânia	55,59
Victor Mendonça Aguiar	Recife	PE	Col. Santa Maria	55,05
Michael Mascarenhas Barth	Brasília	DF	Col. Sigma	55,05
Arthur Coltro de Andrade	Porto Alegre	RS	Col. Farroupilha	54,92
João Pedro Moritz de Carvalho	São Paulo	SP	Colégio Dante Alighieri	54,52
Bernardo de Vuono Santos	Rio de Janeiro	RJ	Colégio Ph	54,39
Felipe Leite Rodriguers Corrêa	Ipatinga	MG	Educação Criativa	53,99
Luís Rodrigues Monteiro Neto	Goiânia	GO	Colégio Atual	53,72
Roberto Henrique Celerino Felix da Silva	Recife	PE	Colégio Gge	53,72
Rêmulo Ferreira Machado Júnior	Ipatinga	MG	E. Educ.Criativa	53,19
Francisco Cândido Do N. Pombo	Rio de Janeiro	RJ	Col. e Curso Pensi	52,66
Guilherme C. B. de Brito	João Pessoa	PB	Motiva Ambiental	52,13
Gabriela Giulian	Pato Branco	PR	Colégio Vicentino	51,73
Stefani Iasmin Wagner	S. Cruz Do Sul	RS	Colégio Mauá	51,60
Matheus Santos Gama de Lima	Recife	PE	Colégio Núcleo	51,33
João Henrique Santolaia Coser	Cascavel	PR	IFPR	51,20
Breno de Oliveira Feitosa	Teresina	PI	Cev	51,06
João Vítor Reis Dias	Palmas	TO	Colégio Olimpo To	51,06
Pedro Afonso Siqueira Carvalho	Teresina	PI	Inst.Dom Barreto	51,06
Humberto Caigaro Ribas	Curitiba	PR	UTFPR	50,93
Rafael Bentes de Sales	Belém	PA	Ideal – Batista Campos	50,80
Caio Victor da Costa e Silva	Bom Jardim	PE	3º Milênio Colégio E Curso	50,67
Raíssa Rebeca Albuquerque Cavalcante	Brasília	DF	Col. Mil. Tiradentes	50,53
Leonardo Farinha de Souza	Recife	PE	Col. Santa Maria	50,27
João Pedro Gomes Ferreira	Goiânia	GO	Colégio Simbios	50,27
Artur de Viegler Lima	Goiânia	GO	Colégio Olimpo	50,13
Thiago Bergamaschi Campos	Pato Branco	PR	Colégio Mater Dei	50,00

#### DEMAIS CLASSIFICADOS

Veja lista dos DEMAIS CLASSIFICADOS em [www.obquimica.org](http://www.obquimica.org)





## CAPÍTULO

## 4

## Programa Nacional Olimpíadas de Química

B

RESULTADO OBQ 2019  
MODALIDADE B

O U R O				
Nome	UF	Cidade	Escola	Escore
Thiago Oliveira Sousa	CE	Fortaleza	Farias Brito	100,00
Jurandi Samuel Almeida Campelo	CE	Fortaleza	Farias Brito	96,38
Lucas Yutaka Kuroishi	SP	São Paulo	Etapa	94,96
Ricardo Chiquetto do Lago	SP	São Paulo	Vital Brazil	92,77
Joaquim Miguel Moreira Santiago	CE	Fortaleza	Ari De Sá	90,60
Pedro Cezareth Marinho Aquino de Souza	RJ	Rio de Janeiro	Colégio Pensi	91,56
Pedro Felipe Silva Batista	PE	Recife	Col. de Aplicação- UFPE	90,14
Ygor de Santana Moura	CE	Fortaleza	Ari De Sá	90,02
P R A T A				
Gildo Luiz de Sales Neto	RN	Mossoró	IFRN	88,95
Felipe Pinto Coelho Nuti	SP	Ribeirão Preto	FAAP	88,55
Gabriel Oliveira Mota	MG	Montes Claros	Colégio Padrão	88,34
Laura Barros Silva	MG	Timóteo	CEFET-MG	87,95
Vinícius de Alcantara Nevoa	GO	Goiânia	Colégio Arena	87,64
Bruno Dias do Nascimento	PR	Fazenda Rio Grande	Acesso	87,13
Pedro Theodoro Capella	SP	São Paulo	Bandeirantes	86,14
José Carlos Anunciação Rocha Neto	BA	Salvador	Colégio Integral	85,54
Vítor Meirelles Betto	ES	Vitória	IFES	84,96
Alexandre Lima Fernandes	CE	Fortaleza	Farias Brito	84,96
Sarah Aguiar Monteiro Borges	GO	Goiânia	Colégio Simbios	84,72
João Pedro Campos de Medeiros	PE	Recife	Colégio Gge	84,72
João Paulo Calisto Barbosa	SP	São Paulo	Objetivo Integrado	84,12
Sophia Aguiar M Borges	GO	Goiânia	Simbios	83,52
Gustavo Araújo Moraes	CE	Fortaleza	7 De Setembro	83,01
Benjamim G. I. Ynguil Zavala	SP	Capão Bonito	EE. Dr. Raul Venturelli	82,91
Fábio Donola Pinheiro Corrêa de Castro	RJ	Rio de Janeiro	Colégio Ph	82,55
Michel Guega Silva Bezerra	PE	Recife	Santa Maria	81,93
Fernando Flugel Assad	PR	Curitiba	Positivo	81,56

Rafael Cangussu Ferreira	PE	Recife	Colégio GGE	81,11
Emanuel Reinaldo Gomes Bezerra	PI	Teresina	CEV	80,72
Igor Campos Ibiapina	CE	Fortaleza	7 De Setembro	80,72
João Victor da Silva Soares	CE	Fortaleza	Ari de Sá	80,14
Lucas Arada Alves	SP	São Paulo	Agostiniano São José	80,72
Pedro Luiz Moreira Santos Silva	BA	Salvador	Colégio Integral	79,42
Davi Sousa Siqueira	MG	Pouso Alegre	Colégio São José	79,40
Rafael Maciel de Andrade Lima	RN	Natal	CEI - Educação Integrada	79,16
<b>B R O N Z E</b>				
Matheus Henrique Griebel	RS	Santa Cruz do Sul	Colégio Mauá	77,73
Levi Gurgel de Lima	CE	Fortaleza	Farias Brito	77,59
Gabriel Ferreira Cândido	CE	Fortaleza	Master	77,11
Pedro Henrique Valério Lana	AL	Maceió	Contato	76,77
Breno Novelli Tu	SP	São Paulo	Etapa	76,77
Yann Santos Teixeira	MG	Belo Horizonte	CEFET-MG	76,38
Júlia Stancioli Paiva	MG	Belo Horizonte	Colégio Bernoulli	76,38
Thyago Leal Silva	CE	Fortaleza	Farias Brito	76,17
Lucas Muller Régis de Oliveira	RN	Natal	CEI Zona Sul	76,14
Arthur Belvel Fernandes	SP	Jundiaí	Leonardo da Vinci	75,93
Victor Antônio Batista Caus	PI	Teresina	Diocesano	75,78
Victor Hugo de Oliveira	PR	Curitiba	Positivo	75,78
Felipe Lima Barreto	SE	Aracaju	Máster	75,54
Bruno Berganholi Dias	MG	Belo Horizonte	Santo Antônio	75,54
Gustavo Gentil Jacobin	DF	Brasília	Col. Podium	75,08
Eliane de Sá Cavalcante Pacheco Neta	CE	Fortaleza	Farias Brito	74,94
Tomaz Maia Suller	SP	Mogi das Cruzes	Objetivo	74,60
Matheus Franco Siqueira	SP	São Paulo	Vital Brazil	73,97
Filipe Pinto Pereira	RJ	Rio de Janeiro	IFRJ	73,88
Luigi Galvan Peceguini	PR	Curitiba	Marista	73,73
Antônio Victor Machado de Oliveira	ES	Vitória	IFES	73,49
Júlia de Toledo Martins	SP	Guarulhos	Mater Amabilis	73,13
Samuel Fabrício de Oliveira	RN	Natal	Ciências Aplicadas	72,91
Gustavo Damasceno Lima de Andrade	MG	Timóteo	CEFET	72,79
Gustavo Borba da Silva	RJ	Rio de Janeiro	Colégio PH	72,77
Robson Santos Luz Filho	PI	Teresina	Dom Barreto	72,55
João Ítalo Dutra da Silva	RN	Mossoró	Mater Christi	72,17
Claúdio Oka Lôbo Filho	PI	Teresina	Dom Barreto	71,83
Henrique Soares de Almeida	BA	Salvador	Antônio Vieira	71,59
João Pedro Sarcinelli Chagas	ES	Vitória	Leonardo Da Vinci	71,47
Gustavo Marcondes de Barros	PR	Curitiba	Positivo	71,47
Ilo de Vasconcelos Ximenes Júnior	PE	Limoeiro	3o Milênio	70,75
Raylson Henriques de Paula Moreira	MG	Viçosa	Coluni/UFV	70,19
Miguel Vieira Pereira	SP	Valinhos	Etapa	70,14
Stéphanie Martins Souto	MG	Ipatinga	Fibonacci	70,12
Miguel Inácio Silva Gomes	RN	Natal	CEI Mirassol	69,54
Davi Magalhães Almeida	RJ	Nilópolis	IFRJ - Nilópolis	69,54
Giulia Gallego Goulart Viana	ES	Vitória	Charles Darwin	69,47

Rafael Freitas Pinto	PA	Belém	Ideal - Batista Campos	69,30
Isaque Sathler Sulz	MG	Ipatinga	Fibonacci	69,30
Ana Letícia Silva Pereira	PE	Recife	IFPE	69,28
Ludmila Ferreira Ribeiro	CE	Fortaleza	Farias Brito	69,06
Lucas Martins Barreto Alves	MG	Belo Horizonte	Bernoulli	69,06
Naim Shaikhzadeh Santos	BA	Salvador	Integral	68,91
Gabryel Rodrigues Alves da Silva	PR	Curitiba	Positivo	68,91
Felipe José Vidal Souza	BA	Salvador	Antônio Vieira	68,91
Gustavo Lieberenz Falleiros Mariante	ES	Vitória	Charles Darwin	68,67
Matheus Henrique Gonçalves de Souza	MG	Ipatinga	Educação Criativa	67,83
Maria Carolina Paraíso Lopes	BA	Salvador	Sartre Escola Seb	67,71
Lucas Verona de Araújo	RJ	Nilópolis	IFRJ Nilópolis	67,37
João Victor Marques Kishimoto	DF	Brasília	Col. Olimpo	66,99
Igor Marcelino Rodrigues	BA	Salvador	Sartre Escola Seb	66,99
Eduardo Costa Pereira	MT	Cuiabá	Salesiano São Gonçalo	66,89
João Victor Alves Alencar	GO	Goiânia	Colégio Arena	66,87
Iago Braz Mendes	MG	Montes Claros	Colégio Hg6	66,87
Guilherme Prado Assunção	AL	MACEIÓ	Contato	66,87
Artur Dantas Ferreira da Silva	DF	Brasília	Col. Militar	66,87
Brian Clark Zanfelize	RS	Porto Alegre	Colégio Tiradentes	66,82

**DEMAIS CLASSIFICADOS**  
**Veja lista dos DEMAIS CLASSIFICADOS em [www.obquimica.org](http://www.obquimica.org)**

**24/08/2019**

---

**PROBLEMA 1**

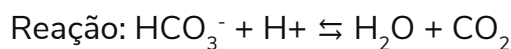
---

**Nível I**

1. O berílio tem função trabalho de 4,98 eV, enquanto que a do magnésio é de 3,66 eV. Em um primeiro experimento, foi incidida radiação de comprimento de onda de 124 nm em uma placa de berílio. Em outro experimento foi obtido efeito fotoelétrico em uma placa da magnésio, onde os elétrons ejetados tiveram a mesma energia cinética média. Qual o comprimento de onda incidido sobre a placa de magnésio?

a) 91,1 nm    b) 124 nm    c) 143 nm    d) 168 nm    e) 324 nm

2. Ao realizar o controle de qualidade de um famoso antiácido, pesou-se uma amostra de 0,6230 g. Dissolveu-se a amostra e titulou-se com uma solução padrão de HCl 0,0972 mol L<sup>-1</sup>, consumindo-se um total de 35,50 mL. Calcule a percentagem de bicarbonato de sódio na amostra. (Dados: MM: Na = 22,99 g mol<sup>-1</sup>, H = 1,01g mol<sup>-1</sup>, C = 12,01g mol<sup>-1</sup> e O = 15,98 g mol<sup>-1</sup>)



a) 23,25    b) 34,51    c) 93,00    d) 83,90    e) 46,50

3. Observe as afirmações abaixo e responda.

- I) O formaldeído apresenta o átomo de carbono com hibridização sp<sup>2</sup> e geometria trigonal plana. Os ângulos de ligação H-C-H e H-C=O para este composto são 109,5° e 120°, respectivamente.
- II) Numa série homóloga de hidrocarbonetos saturados, os pontos de ebulição se elevam à medida que a cadeia carbônica aumenta devido à intensificação das forças de dispersão, portanto, à temperatura ambiente, o etano é um gás, o hexano é um líquido e o docosano é um sólido.

- III) O tetracloreto de carbono e o diclorometano são compostos apolares que apresentam pontos de ebulição mais baixos que do fluorometano, que é polar.
- IV) O etanol apresenta maior viscosidade que o glicerol por formar um maior número de ligações de hidrogênio intermoleculares.
- V) Os compostos metano, amônia e água apresentam os átomos de carbono, nitrogênio e oxigênio com geometrias tetraédrica, pirâmide trigonal e angular, respectivamente, devido às forças repulsivas, de acordo com o modelo de repulsão dos pares eletrônicos da camada de valência.

Assinale o item que apresente TODAS as afirmações verdadeiras descritas.

- a) I e III                      b) I e V                      c) II e IV                      d) II e V                      e) III e IV

4. São feitas três afirmações:

- I. Pela capilaridade, o menisco do mercúrio apresenta concavidade para baixo, enquanto que o da água, concavidade para cima, quando os dois estão em uma pipeta de vidro.
- II. É mais fácil um mosquito afundar pousando em bromofórmio que clorofórmio.
- III. A água a 100 °C é mais viscosa que a 50 °C.
- IV. O ponto de ebulição da acetonitrila ( $\text{CH}_3\text{CN}$ ,  $|\mu_R| = 3,9 \text{ D}$ ) é maior que o da acetaldeído ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ,  $|\mu_R| = 2,91 \text{ D}$ ).

Destas afirmações, são verdadeiras:

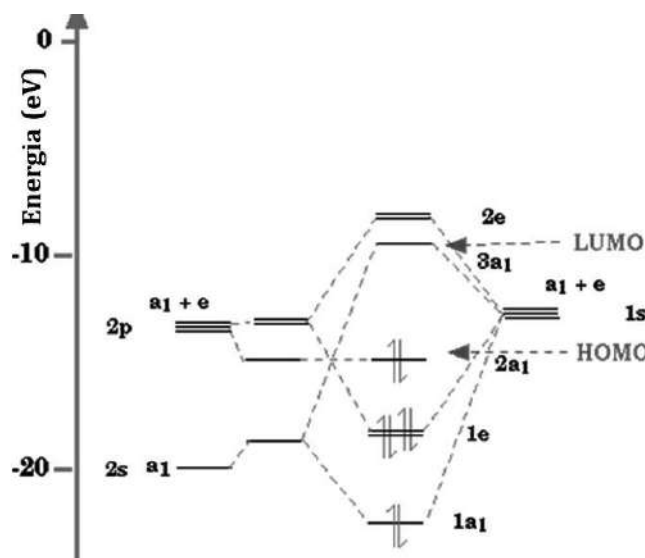
- a) I e IV                      b) I e II                      c) III e IV                      d) II e III                      e) Todas

## Nível II

5. Dentre os pares abaixo, assinale o que não é formado por alótropos:

- a) Diamante e grafeno.    b) Fósforo branco e fósforo vermelho.
- c) Dioxigênio e ozônio.    d) Enxofre ortorrômbico e enxofre monoclinico.
- e) Fulereo e grafite.

6. O diagrama de orbitais moleculares abaixo se refere à:



- a)  $\text{HCl}$       b)  $\text{N}_2$       c)  $\text{H}_2\text{O}$       d)  $\text{CH}_4$       e)  $\text{NH}_3$

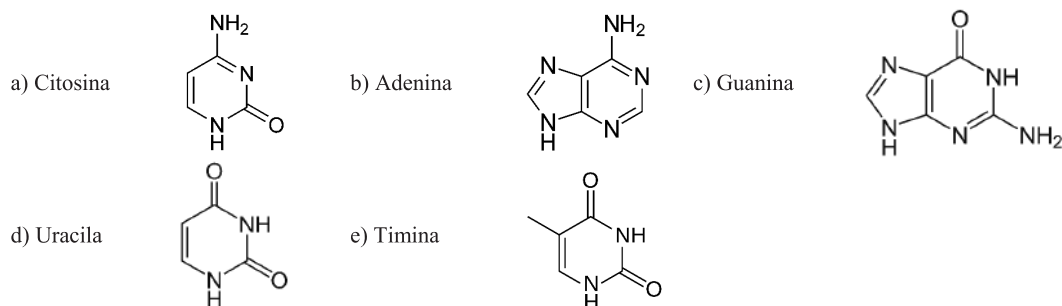
7. Ao preparar uma solução tampão, um analista misturou 80 mL de uma solução de formiato de sódio (8,6 g do sal em 0,25 kg de água) com 30 mL de ácido fórmico (85 % ;  $d = 1,195 \text{ g. mL}^{-1}$ ) em seguida transferiu a mistura para um balão volumétrico de 250 mL e aferiu com água milli-Q. Qual o pH da solução resultante?

- a) 5,38      b) 2,10      c) 2,53      d) 4,96      e) 3,74

8. Com relação a volumetria ácido base marque o item correto. (Considere a temperatura de  $25^\circ\text{C}$ )

- a) Um indicador de pH em uma titulação ácido-base tem a função de mostrar o ponto de equivalência em um experimento de titulação.
- b) A titulação de um ácido forte com uma base fraca apresenta, em seu ponto de equivalência, um pH igual a 7.
- c) A titulação de um ácido forte com uma base forte apresenta, em seu ponto de equivalência, um pH igual a 7.
- d) A fenolftaleína é um indicador universal para titulações ácido-base.
- e) O pH no ponto de equivalência de uma titulação independe do tipo de ácido ou base utilizada no experimento.

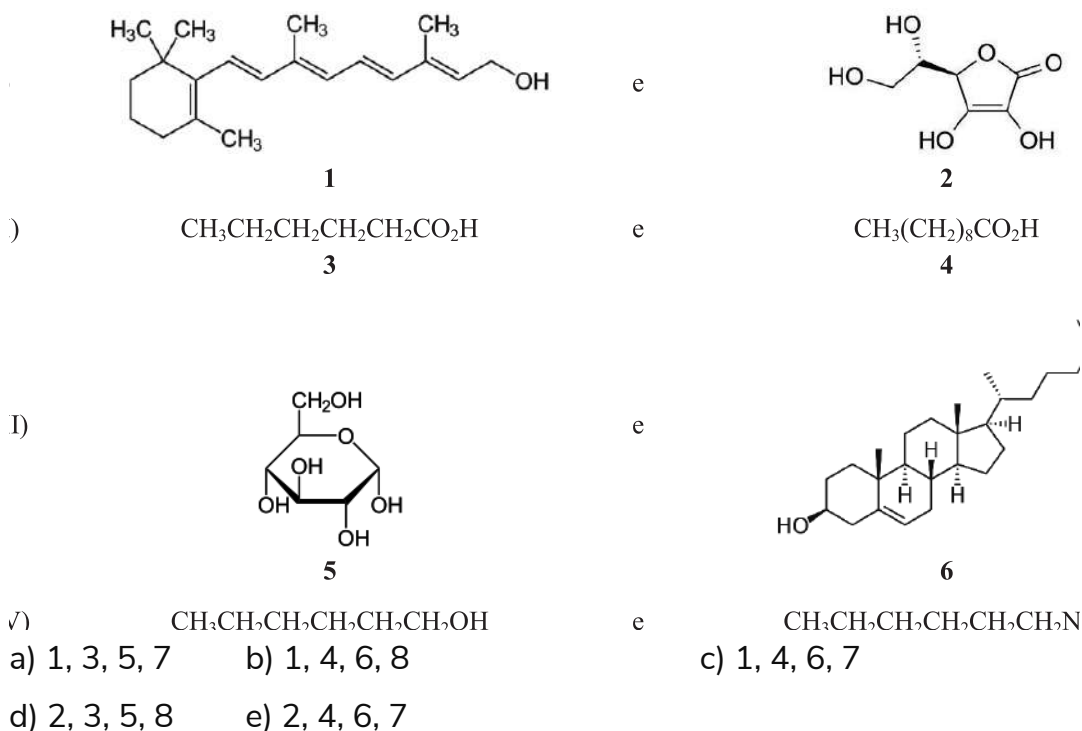
9. Uma amostra contendo 2,000 gramas de uma base nitrogenada foi submetida à análise de combustão, dando origem à 0,857 g de  $\text{H}_2\text{O}$ , 3,490 g de  $\text{CO}_2$  e 0,444 g de  $\text{N}_2$ . A partir destes dados, pode-se afirmar que a base nitrogenada é:



**10.** Um fóton tem energia mínima necessária para promover transição eletrônica no íon  ${}^4\text{He}^+$  de  $n_1 = 2 \rightarrow n_2 = 12$ . Este mesmo fóton, ao colidir com um átomo de hidrogênio no estado fundamental levará o elétron, no máximo, para o nível:

- a)  $n_2 = 2$       b)  $n_2 = 3$       c)  $n_2 = 4$       d)  $n_2 = 5$       e)  $n_2 = 6$

**11.** Com respeito à solubilidade dos compostos, assinale a alternativa que represente somente os compostos menos solúveis em água em cada item.

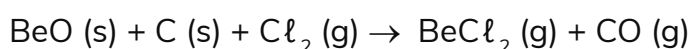


**12.** Uma célula voltaica, com reação global I, opera a  $25^\circ\text{C}$ . Considerando processo reversível e os potenciais padrões das semirreações II e III, determine o valor da relação  $\frac{c}{C}$ , para que o potencial da célula seja  $0,054\text{ V}$ .

- $\text{Co(s)} + \text{Ni}^{2+}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Co}^{2+}(\text{aq}) + \text{Ni(s)} \quad \text{(I)}$   
 $\text{Co}^{2+}(\text{aq}) + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Co(s)} \quad E^{\circ} = -0,277 \text{ V} \quad \text{(II)}$   
 $\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + \text{e}^{-} \rightleftharpoons \text{Ni(s)} \quad E^{\circ} = -0,250 \text{ V} \quad \text{(III)}$
- a) 0,12                      b) 0,03                      c) 8,20                      d) 1,00                      e) 0,92

### Nível III

**13.** O óxido de berílio, reage com cloro na presença de carbono em uma faixa de temperatura entre 600 a 800 °C de acordo com a equação abaixo.



O ponto de fusão do cloreto de berílio, produto da reação, é de 399 °C. A 25 °C, a hibridação do átomo de berílio no BeCl<sub>2</sub>, é:

- a) sp                      b) sp<sup>2</sup>                      c) sp<sup>3</sup>                      d) sp<sup>3</sup>d                      e) sp<sup>3</sup>d<sup>2</sup>

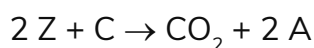
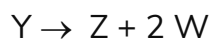
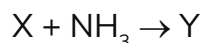
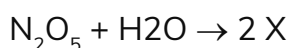
**14.** Uma piscina de dimensões 4 m x 6 m x 1,8 m com 80% de sua capacidade preenchida com água de pH 6,5 recebeu 100 mm de chuva ácida na qual se dissolveram 125 ppm de SO<sub>3</sub> presentes na atmosfera local. Quantos kg de óxido de cálcio são necessários para corrigir o pH da água da piscina (após receber a chuva ácida) para 6,0?

Dados: Pressão parcial da água à 25 °C = 0,0313

K<sub>H</sub> para o SO<sub>2</sub> a 25 °C = 1,24

- a) 4,38                      b) 0,44                      c) 5,94                      d) 0,042                      e) 6,38

**15.** Dadas as seguintes equações:



Pode-se afirmar que os compostos Z, W e A são, respectivamente:

- a) N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>                      b) N<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O e N<sub>2</sub>                      c) NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>  
 d) N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, H<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O                      e) N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O e HNO<sub>3</sub>

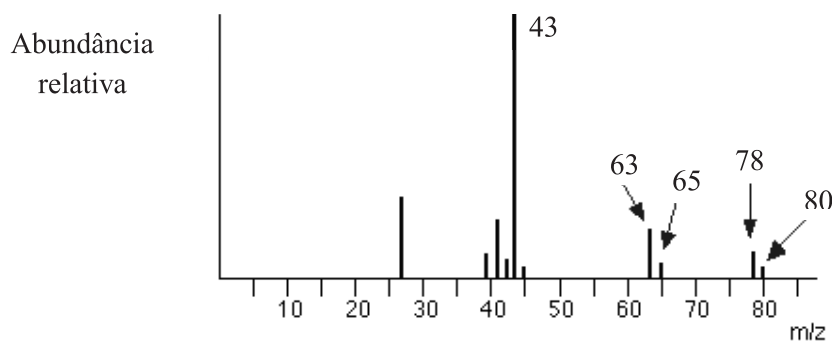
**16.** A água do rio Dan na Rússia tem elevados níveis de dureza. Uma indústria de vodka utiliza por dia 30000 L de água do citado rio para a geração de calor via caldeira. A fim de tratar adequadamente a água um químico ao analisá-la gastou 7 mL de solução de EDTA que consumiu 12



mL de solução ZnO ( $8,7923 \text{ g L}^{-1}$ ) para reagir com uma alíquota de 10 mL da solução de EDTA e concluiu que seria necessário utilizar 1500 L de uma solução de abrandamento a fim obter uma água com dureza total final de 3,8 oDH. A solução de abrandamento foi preparada utilizando cinzas de barrilha (65 % de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) como soluto. Assinale a alternativa que apresenta a massa total (kg) de  $\text{Na}^+$  da solução de abrandamento. ( $1^\circ\text{DH} = 10 \text{ ppm de CaO}$ )

- a) 0,8905      b) 0,5788      c) 0,4452      d) 0,2894      e) 0,0168

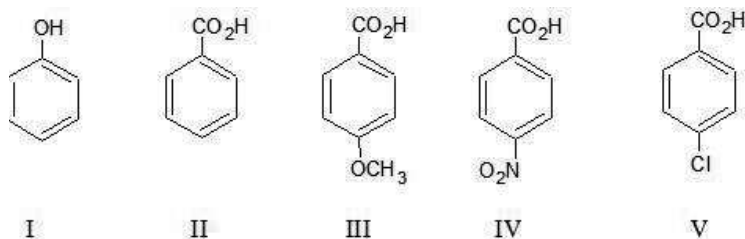
**17.** O espectro de massa do 2-cloropropano ( $\text{C}_3\text{H}_7\text{Cl}$ ) é mostrado abaixo. Assinale a alternativa que represente os íons formados pela fragmentação deste composto e que dão origem aos sinais de razão massa/carga 43, 65 e 78, respectivamente.



- a)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2^+$        $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}^+-^{37}\text{Cl}$        $\text{H}_3\text{C}-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2^+$
- b)  $\text{H}_3\text{C}-\text{C}(\text{O})=\text{CH}_2^+$        $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}^+-^{35}\text{Cl}$        $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{C}(\text{O})^+$
- c)  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}^+-\text{CH}_3$        $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}^+-^{37}\text{Cl}$        $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2^+$
- d)  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}^+-\text{CH}_3$        $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}^+-^{37}\text{Cl}$        $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{C}(\text{O})^+$
- e)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2^+$        $\text{CH}_2^+$        $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{C}(\text{O})^+$

**18.** A força ácida de um composto numa solução aquosa pode ser estimada considerando a estrutura molecular e os fatores que afetam a acidez.

Observe as estruturas dos compostos mostradas abaixo e assinale a alternativa que associe corretamente cada composto ao seu respectivo valor de pKa na sequência: 4,19; 3,41; 4,0; 4,46 e 9,89.



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

**19.** Considere duas soluções ideais (A e B) constituídas por solventes e solutos diferentes. A água e o benzeno são os solventes das soluções A e B respectivamente. Com base nos dados da tabela abaixo, determine: (I) a concentração dos solutos para que os solventes das soluções apresentem a mesma temperatura de ebulição e (II) a razão entre as concentrações dos solutos das soluções aquosa e orgânica que garanta a mesma elevação ebulioscópica nos solventes.

Solvente	Ponto de ebulição normal / °C	Constante ebulioscópica / °C kg mol <sup>-1</sup>
Água	100,00	0,51
Benzeno	80,10	2,53

- a) 0,10 mol kg<sup>-1</sup>; 1,05      b) 5,70 mol kg<sup>-1</sup>; 0,51      c) 9,85 mol kg<sup>-1</sup>; 4,96  
d) 5,20 mol kg<sup>-1</sup>; 2,55      e) 7,20 mol kg<sup>-1</sup>; 3,02

**20.** Considere o equilíbrio químico, referente a decomposição do carbonato de cálcio à óxido de cálcio e gás carbônico, a 298 K. Marque a alternativa correta.

- a) O valor da constante de equilíbrio depende da quantidade de carbonato de cálcio presente no equilíbrio.  
b) Independente das quantidades relativas entre carbonato de cálcio e o óxido de cálcio a pressão exercida pelo gás carbônico é a mesma.  
c) Os compostos carbonato de cálcio e o óxido de cálcio não participam do equilíbrio químico.  
d) O aumento da temperatura da reação química em equilíbrio, proporciona diminuição da pressão do gás carbônico.  
e) O equilíbrio químico em questão é homogêneo, pois há somente uma fase nos reagentes.

## QUESTÕES ANALÍTICO-DISCURSIVAS QUÍMICA INORGÂNICA

### PROBLEMA 1

Item	a	b	Total
Pontos	18,5	11,5	30,0

- a) Utilizando da teoria de ligação proposta pelo Americano Gilbert Lewis em 1916, dê um exemplo de molécula em cada caso descrito nos itens a seguir. ( $\alpha$ ) uma molécula cujo átomo central apresente orbitais híbridos  $sp^3$  fazendo seis ligações. ( $\beta$ ) uma molécula cujo átomo central apresente orbitais híbridos  $p^3d$  fazendo cinco ligações. ( $\gamma$ ) uma molécula cujo átomo central apresente orbitais híbridos  $sp^3d$  fazendo oito ligações.
- b) Utilizando a teoria da repulsão dos pares de elétrons da camada de valência, do Inglês Ronald Gillespie de 1957, desenhe as moléculas ( $\alpha$ ); ( $\beta$ ) e ( $\gamma$ ) encontradas por você acima demonstrando a forma geométrica encontrada e as ligações citadas em cada caso.

### PROBLEMA 2

Item	a	b	Total
Pontos	9,5	10,5	20,0

- a) Identifique a família e o bloco da tabela periódica dos seguintes elementos que apresentam as configurações eletrônicas: ( $\alpha$ )  $[X](n-1)d^3ns^2$ ; ( $\beta$ )  $[X](n-2)f^{14}(n-1)d^{10}ns^2np^2$ ; ( $\gamma$ )  $[X](n-1)d^5ns^1$ ; ( $\delta$ )  $[X](n-2)f^{14}(n-1)d^9ns^1$ ; ( $\epsilon$ )  $[X]ns^2(n-1)d^0$ .
- b) Identifique os elementos do item (a) considerando os dados a seguir: ( $\alpha$ ) quando  $n = 4$ ; ( $\beta$ ) quando  $n=6$ ; ( $\gamma$ ) quando  $X = Ar$ ; ( $\delta$ ) quando  $n-2 = 4$  e ( $\epsilon$ ) quando  $n-1 = 3$

## QUÍMICA ANALÍTICA

### PROBLEMA 3

Item	a	b	Total
Pontos	18,2	13,8	32,0

Em uma determinação de Cu e Pb, por EAA, em uma amostra de óleo lubrificante usado, foram pesados 6,00 g de amostra, dissolvidos em 2-metil-4-pentanona e transferidos para um balão volumétrico de 50,00 mL. A solução resultante foi aspirada em uma chama de ar-acetileno. A curva de calibração para estes elementos foi preparada através da adição de quantidades conhecidas destes metais ao óleo não utilizado e tratados da mesma maneira que a amostra. A tabela abaixo contém as informações sobre as concentrações dos metais na série de padrões, as respectivas medidas de absorvância a 283,3 nm ( $\lambda_{\text{Pb}}$ ) e 324,7 nm ( $\lambda_{\text{Cu}}$ ), e as absorvâncias relativas à amostra.

Conc. Pb/mg.L <sup>-1</sup>	A%	Conc. Cu/mg.L <sup>-1</sup>	A%
4,00	7,30	1,05	10,1
8,50	15,50	2,40	23,2
12,10	22,0	4,00	39,2
15,20	27,7	5,25	51,4
19,50	35,6	6,27	61,2
<b>amostra</b>	<b>24,7</b>	<b>Amostra</b>	<b>37,1</b>

- a) Apresente as equações para as curvas de calibração para o cobre e o chumbo.
- b) Calcule os teores (%m/m e ppm) de Cu e Pb na amostra de óleo usado.

### PROBLEMA 4

Item	a	Total
Pontos	18,0	18,0

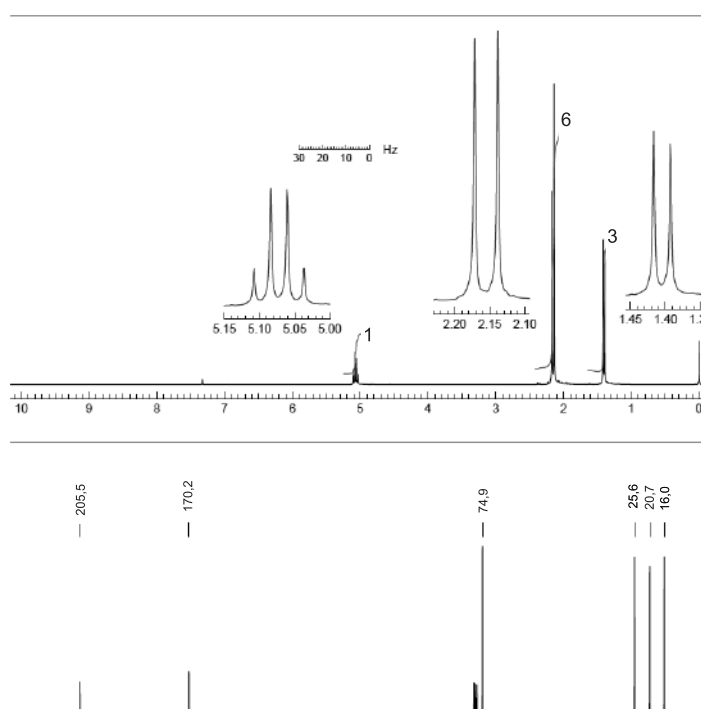
Explique o que é efeito matriz e como fazer para minimizar os erros advindos desse efeito numa análise quantitativa por espectrofotometria de UV-Vis.

## QUÍMICA ORGÂNICA

### PROBLEMA 5

Item	a	b	c	Total
Pontos	5,2	6,8	7,2	19,2

Os espectros de RMN  $^1\text{H}$  e  $^{13}\text{C}$  de um composto (**1**), de fórmula molecular  $\text{C}^6\text{H}^{10}\text{O}^3$ , obtidos num espectrômetro de RMN operando na frequência de 300 MHz para o  $^1\text{H}$  e de 75 MHz para o  $^{13}\text{C}$  são mostrados a seguir:



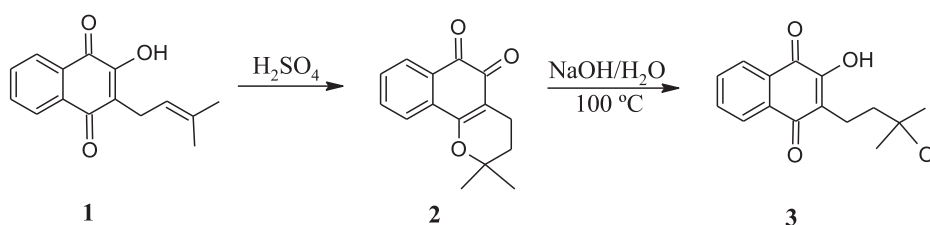
- Mostre o diagrama de acoplamento que justifique as multiplicidades dos hidrogênios observados no espectro de RMN  $^1\text{H}$  do composto **1** e escreva a notação do sistema de spins de Pople.
- Associe os carbonos oxigenados do composto **1** aos seus respectivos valores de deslocamentos químicos observados no espectro de RMN  $^{13}\text{C}$ .
- Por que as frequências utilizadas para a obtenção dos espectros de RMN  $^1\text{H}$  e  $^{13}\text{C}$  são diferentes? Cite uma outra técnica de RMN  $^{13}\text{C}$  unidimensional que permita identificar as multiplicidades dos carbonos na molécula.

## PROBLEMA 6

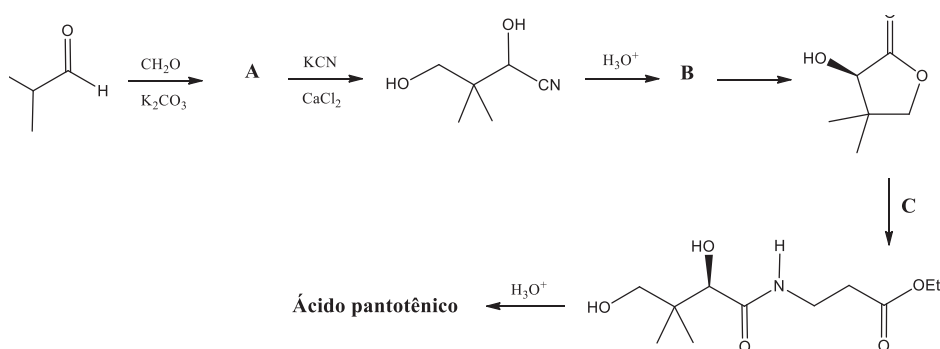
Item	a	b	c	d	Total
Pontos	12,0	6,8	6,0	6,0	30,8

- I) O lapachol é uma substância natural pertencente à classe das naftoquinonas. Este composto pode ser extraído facilmente da serragem do ipê utilizando uma solução alcalina de carbonato de sódio ou de bicarbonato de sódio. A reação do lapachol (**1**) com ácido sulfúrico concentrado fornece a  $\beta$ -lapachona (**2**), enquanto que o hidróxi-lapachol (**3**) pode ser obtido por reação da  $\beta$ -lapachona com hidróxido de sódio 5% sob aquecimento, de acordo com o esquema reacional abaixo.

- a) Proponha os mecanismos de formação de **2** e **3**.



- II) O ácido pantotênico é essencial na síntese da coenzima A, que por sua vez é um cofator no metabolismo dos ácidos graxos. Esse composto pode ser obtido de acordo com o esquema reacional abaixo.



- b) Proponha as estruturas dos compostos **A**, **B**, **C** e do ácido pantotênico.  
 c) Proponha o mecanismo de formação de **B**.  
 d) Proponha o mecanismo de formação da lactona.

## FÍSICO-QUÍMICA

### PROBLEMA 7

Item	a	B	Total
Pontos	6,0	14,0	20,0

Uma amostra gasosa pura e desconhecida foi submetida a uma série de experimentos para determinar sua estrutura molecular. (I) Uma quantidade conhecida da amostra foi queimada na presença de  $O_2$  em excesso. A análise dos produtos da combustão mostrou que foram formados 0,675 g de  $H_2O$  e 1,320 g de  $CO_2$ . (II) A 27 °C, a dependência linear da pressão do gás desconhecido sobre a sua massa específica apresentou tangente igual a  $0,424 \text{ atm L.g}^{-1}$ .

- Determine a menor proporção entre os elementos do composto gasoso desconhecido.
- Qual a fórmula molecular do composto gasoso.

### PROBLEMA 8

Item	a	b	c	Total
Pontos	8,0	12,0	10,0	30,0

Considere a reação balanceada de isomerização  $A \rightarrow B$

O estudo da cinética desta reação, pelo método das velocidades iniciais, fornece o seguinte conjunto de dados:

$[A]_0 / \text{mol} \cdot \text{L}$	0,102	0,205	0,306
$104 \cdot V_0 / \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$	2,65	5,33	7,96

Outro estudo, monitorando a concentração de A em função do tempo, fornece o seguinte conjunto de dados:

$[A]_0 / \text{mol} \cdot \text{L}$	0,200	0,196	0,192	0,189	0,186
$t / \text{s}^{-1}$	0,0	30,0	60,0	90,0	120,0

- a) Determine a lei de velocidade pelo método das velocidades iniciais de reação.

$$\ln \left( \frac{[A]_0 - [A]_{Eq}}{[A] - [A]_{Eq}} \right) = (k_{Dir} + k_{Inv}) \cdot$$

- b) Sabendo que ocorre o equilíbrio  $A \rightleftharpoons B$ , demonstre que a lei de velocidade para essa reação pode ser expressa por:

Gás de van der Waals	$p = \frac{RT}{\bar{V} - b} - \frac{a}{\bar{V}^2}$	$T_B = \frac{a}{Rb}$	$T_C = \frac{8a}{27Rb}$
Efeito fotolétrico	$E_{INC} = \phi + E_{CIN}$	$E_{Fóton} = h\nu$	$E_{Fóton} = \frac{hc}{\lambda}$
Transição Eletrônica	$\frac{1}{\lambda} = Z^2 R_H \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$		
Eletroquímica	$\Delta G = -nFE$		$E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \cdot \ln Q$
1ª Lei da Termodinâmica	$U = w + q$	$\mu_{JT} = \left( \frac{\partial T}{\partial p} \right)_H \cong \frac{\Delta T}{\Delta p}$	$q = \int_{T_i}^{T_f} nC(T)dt$
	$U = q_v$	$H = q_p$	
Potencial químico (μ)	$\mu = \bar{V}dp - \bar{S}dT + \sum_{i=1}^n \mu_i dn$		$\mu = \mu^\circ + RT \ln \left( \frac{p}{p^\circ} \right)$
Relações da atividade	$a_1 = \gamma_1 M_1$		
Lei de Raoult	$P_1 = P_1^{Puro} a_1$ ou $P_1 = P_1^{Puro} x_1$ (Solução ideal)		
Ebulioscopia	$\Delta T_{Eb} = i K_{Eb} W_1$		
Constante de Planck (h)	$h = 6,626 \cdot 10^{-34} J \cdot s$		
Constante e Rydeberg (R <sub>H</sub> )	$1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$		
Constante dos Gases Ideais (R)	$0,08206 \cdot atm \cdot L \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1} = 8,314 \cdot J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$		

#### Equipe científica da II OBESQ

Cristiane Pinto Oliveira (UFC)

Fátima Miranda Nunes (UFC)

José Roberval Candido Júnior (IFCE)

Luiz Constantino Grombone Vasconcellos (UFC)

Nadja Maria Pontes Silva Ricardo (UFC)

Nilce Viana Gramosa Pompeu de Sousa Brasil (UFC)

Paulo Naftali Da Silva Casciano (UFC)

Rafael Ribeiro Portela (IFCE)

Ruth Maria Bonfim Vidal (UFC)





## RESULTADO FINAL

### CLASSIFICAÇÃO GERAL

#### LISTA DOS MEDALHISTAS NA CLASSIFICAÇÃO GERAL EM ORDEM ALFABÉTICA\*

Nome	Instituição	Estado	Classi.	Medalhas
Gabriel Ferreira Gomes Amgarten	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	1	Ouro
Lucca Blois Guimarães	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	2	Ouro
Guilherme Obeid	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	3	Prata
Davi Dos Santos Leite	UFC	CE	4	Prata
Eduardo De Oliveira Prates F. Parma	INSTITUTO DE QUÍM. - UNICAMP	SP	5	Prata
Gabriel Vasto Laurindo De Masi	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	6	Prata
Valtair Severino Dos Santos Júnior	UFMG	MG	7	Bronze
Vitor Meurer Besen	UFSC	SC	8	Bronze
Rodrigo Oliveira Malheiros	UFMG	MG	9	Bronze
Rayssa Oliveira Do Nascimento	INSTITUTO DE QUÍM. DA UFRJ	RJ	10	Bronze
Henrique Do Nascimento Coutinho	UNB - LIC. QUÍM.	DF	11	Bronze
Uesley Vieira Alves	UFBA	BA	12	Bronze

\* A classificação final será divulgada na Solenidade de Premiação dia 29/11

#### LISTA DOS ESTUDANTES COM CLASSIFICAÇÃO DO 13° AO 30° LUGAR

Nome	Instituição	Estado	Classi.
Francisco Mateus Gomes Do Nascimento	IFCE - CAMPUS QUIXADÁ	CE	13
João Pedro Bessa De Souza	UFC	CE	14
Celso Renan Barbosa Soares Lima	INSTITUTO DE QUÍM. - UNICAMP	SP	15
Natália Soares De Oliveira	UNB - BACH. QUÍM.	DF	16
Tulho Martins Dos Reis	UFV	MG	17
Jéssica Costa Alvim	UF SM	RS	18
Alexandre Barros Barbosa	UFMG	MG	19
Bernardo Schmitberger Moraes	UFMG	MG	20
Julio Cesar Aparecido Inacio	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	21
João Victor Cequine Mendonça Neiva	UNB - BACH. QUÍM.	DF	22
Vitor Albuquerque De Assis Andrade Saldanha	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	23
João Pedro Guedes Rodrigues	ESCOLA POLITÉCNICA DA USP	SP	24
Samuel Nunes Limberger	UNB - BACH. QUÍM.	DF	25
Igor Freitas Figueiredo	UNB - BACH. QUÍM.	DF	26
Bernado Dias Fróes Píramo De Souza	UNB - ENG. QUÍM.	DF	27
Daniel Lucas Pinho Feitosa Couto	INSTITUTO DE QUÍM. - UNICAMP	SP	27
Lucas De Sousa De Oliveira	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	29
Gabriel Abranches Dias Castro	UFV	MG	30

**CLASSIFICAÇÃO DO 1º AO 3º NAS MODALIDADES EM ORDEM ALFABÉTICA  
QUÍMICA INORGÂNICA**

NOME	INSTITUIÇÃO	ESTADO		
João Pedro Guedes Rodrigues	ESCOLA POLITÉCNICA DA USP	SP	1.	Ouro
Renato Alexandre Polins Junior	FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE RIBEIRÃO PRETO - USP	SP	2.	Prata
Daniel Lucas Pinho Feitosa Couto	INSTITUTO DE QUÍM. - UNICAMP	SP	3.	Bronze

**QUÍMICA ORGÂNICA**

NOME	INSTITUIÇÃO	ESTADO		
Valtair Severino Dos Santos Júnior	UFMG	MG	1.	Ouro
Alexandre Barros Barbosa	UFMG	MG	2.	Prata
Gabriel Ferreira Gomes Amgarten	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	3.	Bronze

**QUÍMICA ANALÍTICA**

NOME	INSTITUIÇÃO	ESTADO			
Guilherme Obeid	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	73	1.	Ouro
Jéssica Costa Alvim	UF SM	RS	72	2.	Prata
Maycon Lucas De Oliveira	FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE RIBEIRÃO PRETO - USP	SP	69	3.	Bronze

**FÍSICO-QUÍMICA**

NOME	INSTITUIÇÃO	ESTADO			
Gabriel Ferreira Gomes Amgarten	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	57,6	1.	Ouro
João Pedro Guedes Rodrigues	ESCOLA POLITÉCNICA DA USP	SP	52	2.	Prata
João Victor Guerreiro	INSTITUTO DE QUÍM. DA UERJ	RJ	46,6	3.	Bronze

**QUÍMICA ORGÂNICA**

Nome	Instituição	Estado	CLASSI.
Lucca Blois Guimarães	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	4
Vitor Meurer Besen	UFSC	SC	5
João Victor Cequine Mendonça Neiva	UNB - BACH. QUÍM.	DF	6
Francisco Mateus Gomes Do Nascimento	IFCE - CAMPUS QUIXADÁ	CE	7
Davi Dos Santos Leite	UFC	CE	8
Ana Beatriz Da Silva Sampaio	UNB - QUÍM. TECNOLÓGICA	DF	9
Eduardo De Oliveira Prates Fantini Parma	INSTITUTO DE QUÍM. - UNICAMP	SP	10
Uesley Vieira Alves	UFBA	BA	11
Julio Cesar Aparecido Inacio	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	12
Rafael Gonçalves Padilha	UFMS	MS	12
Celso Renan Barbosa Soares Lima	INSTITUTO DE QUÍM. - UNICAMP	SP	13
Higo De Araujo Oliveira	UFPE	PE	14
Natália Soares De Oliveira	UNB - BACH. QUÍM.	DF	15
Antonio Caian De Sousa Silva	IFCE- CAMPUS MARACANAÚ	CE	16
Samuel Nunes Limberger	UNB - BACH. QUÍM.	DF	17
Igor Freitas Figueiredo	UNB - BACH. QUÍM.	DF	18
Gustavo Henrique Weimer	UF SM	RS	19
Rayssa Oliveira Do Nascimento	INSTITUTO DE QUÍM. DA UFRJ	RJ	20
Gabriel Abranches Dias Castro	UFV	MG	21
Matheus Rocha Do Nascimento	UFC	CE	22
Patrick Pimenta Rodrigues Cruz	UFBA	BA	23
João Pedro Bessa De Souza	UFC	CE	24
Robson Francisco Silva Navegantes	INSTITUTO DE QUÍM. DA UFRJ	RJ	25
Thomaz De Andrade Costa	INSTITUTO DE QUÍM. DA UFRJ	RJ	26
João Pedro Guedes Rodrigues	ESCOLA POLITÉCNICA DA USP	SP	27
Gabriel Vasto Laurindo De Masi	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	27
Rodrigo Oliveira Malheiros	UFMG	MG	27

Henrique Do Nascimento Coutinho	UNB - LIC. QUÍM.	DF	27
Joao Mateus Araujo Facanha	UFC	CE	27
Paolla Rissi Silva Hermann	UF RGS	RS	28
Gabriel Salzer Martins	ESC. DE ENGENHARIA DE LORENA - USP	SP	28
Lucas Guilherme Martins De Miranda	UFMG	MG	29
Bernardo Schmitberger Moraes	UFMG	MG	30

### QUÍMICA ANALÍTICA

Nome	Instituição	Estado	CLASSI.
Davi Dos Santos Leite	UFC	CE	4
Vitor Albuquerque De Assis Andrade Saldanha	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	5
Gabriel Abranches Dias Castro	UFV	MG	6
Bernardo Schmitberger Moraes	UFMG	MG	7
João Pedro Bessa De Souza	UFC	CE	8
Lucca Blois Guimarães	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	9
Gabriel Vasto Laurindo De Masi	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	10
Rayssa Oliveira Do Nascimento	INSTITUTO DE QUÍM. DA UFRJ	RJ	11
Tulho Martins Dos Reis	UFV	MG	12
Lucas De Sousa De Oliveira	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	13
Uesley Vieira Alves	UFBA	BA	14
Eduardo De Oliveira Prates Fantini Parma	INSTITUTO DE QUÍM. - UNICAMP	SP	15
Guilherme Barbosa De Souza	UFMG	MG	16
Valtair Severino Dos Santos Júnior	UFMG	MG	17
Igor Freitas Figueiredo	UNB - BACH. QUÍM.	DF	18
Matheus Pereira Sales	UNB - BACH. QUÍM.	DF	19
Samuel Nunes Limberger	UNB - BACH. QUÍM.	DF	20
Henrique Do Nascimento Coutinho	UNB - LIC. QUÍM.	DF	21
Mac Dionys Rodrigues Da Costa	UFC	CE	22
Rodrigo Oliveira Malheiros	UFMG	MG	23
Lucas Guilherme Martins De Miranda	UFMG	MG	24
João Victor Cequine Mendonça Neiva	UNB - BACH. QUÍM.	DF	25
Ricardo Jadson Da Silva Nascimento	IFCE - CAMPUS QUIXADÁ	CE	26
Gabriel Ferreira Gomes Amgarten	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	27
Rafael Matias Silva	UFMG	MG	28
Julio Cesar Aparecido Inacio	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	29
Daniel Lucas Pinho Feitosa Couto	INSTITUTO DE QUÍM. - UNICAMP	SP	30

### FÍSICO-QUÍMICA

Nome	Instituição	Estado	CLASSI.
Guilherme Obeid	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	4
Julio Cesar Aparecido Inacio	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	4
Rodrigo Oliveira Malheiros	UFMG	MG	5
Tulho Martins Dos Reis	UFV	MG	6
Lucca Blois Guimarães	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	7
André Anversa Oliveira Reis	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	8
Celso Renan Barbosa Soares Lima	INSTITUTO DE QUÍM. - UNICAMP	SP	9
Henrique Do Nascimento Coutinho	UNB - LIC. QUÍM.	DF	10
Lorenzo Kesikowski Follador	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	11
Joao Mateus Araujo Facanha	UFC	CE	12
Bernado Dias Fróes Píramo De Souza	UNB - ENG. QUÍM.	DF	13
Vitor Meurer Besen	UFSC	SC	14
Davi Dos Santos Leite	UFC	CE	15
Eduardo De Oliveira Prates Fantini Parma	INSTITUTO DE QUÍM. - UNICAMP	SP	15
Rayssa Oliveira Do Nascimento	INSTITUTO DE QUÍM. DA UFRJ	RJ	16
Gabriel Vasto Laurindo De Masi	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	17
Carlos Alberto De Carvalho Coura	ESC. DE ENGENHARIA DE LORENA - USP	SP	18
Julio Antonio Conti Silva	ESC. DE ENGENHARIA DE LORENA - USP	SP	19
Gabriel Salzer Martins	ESC. DE ENGENHARIA DE LORENA - USP	SP	20
Natália Soares De Oliveira	UNB - BACH. QUÍM.	DF	21
Renan Lucas Da Silva Custódio	UFC	CE	22
João Pedro Bessa De Souza	UFC	CE	23

Thomaz De Andrade Costa	INSTITUTO DE QUÍM. DA UFRJ	RJ	24
Francisco Mateus Gomes Do Nascimento	IFCE - CAMPUS QUIXADÁ	CE	25
Matheus Rocha Do Nascimento	UFC	CE	26
Vitor Albuquerque De Assis Andrade Saldanha	INSTITUTO DE QUÍM. DA USP	SP	27
Samuel Nunes Limberger	UNB - BACH. QUÍM.	DF	27
Renato Alexandre Polins Junior	FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS DE RIBEIRÃO PRETO - USP	SP	27
Alexandre Barros Barbosa	UFMG	MG	28
Higo De Araujo Oliveira	UFPE	PE	29
Igor Freitas Figueiredo	UNB - BACH. QUÍM.	DF	30



## **PROCESSO SELETIVO PARA AS OLIMPÍADAS INTERNACIONAIS DE QUÍMICA**

### **OLIMPÍADA BRASILEIRA DE QUÍMICA 2018**

#### **FASE IV**

##### **PROVA EXPERIMENTAL EM VÍDEO**

Vídeo exibido em 25.01.2019, às 14h

Anualmente ocorrem dois certames internacionais olímpicos de química: International Chemistry Olympiad – IChO e Olimpíada Ibero-americana de Química – OIAQ, a primeira sempre no mês de julho e esta frequentemente no mês de setembro ou no mês de outubro.

Desde a primeira edição, em 1995, o Brasil participa da OIAQ e, desde 1997 participa da IChO.. Em ambos certames a delegação é composta por quatro estudantes.

O processo seletivo de escolha dos estudantes que representam o Brasil ocorre em seis fases, três delas desenvolvem-se no ano subsequente à fase inicial. A Fase IV avalia conhecimentos laboratoriais, a Fase V, não eliminatória consiste, numa imersão na química e a Fase VI define os estudantes que comporão as duas delegações internacionais. Em 2019, os professores Lucas C. V. Rodrigues – USP, João Paulo A. Martins – UFMG e Samuel Anderson A. de Sousa elaboraram os exames da Avaliação da Fase IV consistiu na exibição de um vídeo gravado em laboratório e aplicação do questionário a seguir: Fase IV, professores do Programa de Pós-graduação em Química da UFMG cuidaram da Fase V, ministraram curso de aprofundamento e elaboraram os exames seletivos da Fase VI.

---

## QUESTÃO 1 | FASE IV

---

### Titulação do $\text{Ca}^{2+}$

Utilizou-se como titulante uma solução de EDTA  $0,1045 \text{ mol L}^{-1}$

A um Erlenmeyer adicionou-se na seguinte ordem:

25 mL da solução problema de cálcio

25 mL de tampão  $\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{Cl}$  pH 10

2 gotas de complexo  $\text{MgEDTA}$   $0,1 \text{ mol L}^{-1}$

Uma ponta de espátula de negro de eriocromo T 1% em NaCl

### Questões:

- 1) (5 pontos) Qual concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  na solução problema?
- 2) (5 pontos) Por que o pH precisa ser ajustado?
- 3) (5 pontos) Qual a necessidade da adição do complexo de  $\text{Mg-EDTA}$ ?

---

## QUESTÃO 2 | FASE IV

---

### Parte 1

A um tubo de ensaio contendo  $\text{Ag}^+$ , foi adicionado  $\text{HCl}$   $6 \text{ mol L}^{-1}$ . A solução foi aquecida.

Em seguida, a um tubo contendo  $\text{AgCl}$ , foi adicionado  $\text{NH}_4\text{OH}$   $6 \text{ mol L}^{-1}$

### Parte 2

A um tubo de ensaio contendo  $\text{Pb}^{2+}$ , foi adicionado  $\text{HCl}$   $6 \text{ mol L}^{-1}$ . A solução foi aquecida.

Em seguida, a um tubo contendo  $\text{PbCl}_2$ , foi adicionado  $\text{NH}_4\text{OH}$   $6 \text{ mol L}^{-1}$

### Parte 3

A um tubo de ensaio contendo  $\text{Hg}_2^{2+}$ , foi adicionado  $\text{HCl}$   $6 \text{ mol L}^{-1}$ . A solução foi aquecida.

Em seguida, a um tubo contendo  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ , foi adicionado  $\text{NH}_4\text{OH}$   $6 \text{ mol L}^{-1}$

### Questões:

- 1) **(10 pontos)** Escreva as reações ocorridas.
- 2) **(10 pontos)** Baseado nos testes proponha um fluxograma de separação dos íons  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  e  $\text{Hg}_2^{2+}$ .

---

## QUESTÃO 3 | FASE IV

---

A um erlenmeyer foram adicionados 30,00 g de  $\text{KMnO}_4$  e 50,0 mL de  $\text{HCl}$  (37% m/m,  $d = 1,2 \text{ g mL}^{-1}$ )

No frasco lavador foram adicionados 50 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  concentrada e 50 mL de  $\text{NaOH}$  5 mol  $\text{L}^{-1}$ .

Ao se abrir a torneira do  $\text{HCl}$ , apagou-se a luz para melhor visualização da quimioluminescência do Oxigênio Singleto.

### Questões:

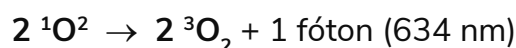
- 1) **(5 pontos)** O elemento cloro encontra-se em 5 compostos (a-d) e 3 estados de oxidação diferentes nesse procedimento.

No  $\text{HCl}$  (a), no seu produto de reação com  $\text{KMnO}_4$  onde é formado um gás esverdeado (produto b), na reação desse gás com  $\text{NaOH}$  onde ocorre um desproporcionamento formando duas espécies de cloro (produtos c e d) e na reação do produto c com  $\text{H}_2\text{O}_2$ , formando o produto e e oxigênio singleto ( $^1\text{O}_2$ ). Escreva todas as reações ocorridas e identifique os diferentes estados de oxidação do Cl.

- 2) **(5 pontos)** Qual o reagente limitante da primeira etapa e quantos litros de gás verde foram formados nessa reação.

Considere a temperatura 22 °C, pressão 100 kPa e  $R$  8,31 J  $\text{K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ , massas atômicas ( $\text{g mol}^{-1}$ ): H=1,0; O = 16,0; Cl = 35,5; K = 39,1; Mn = 54,9.

- 3) **(5 pontos)** No experimento realizado, foi produzido o oxigênio singleto ( $^1\text{O}_2$ ), que quando decai para oxigênio tripleto ( $^3\text{O}_2$ ) emite luz. A reação está descrita abaixo:



Calcule a energia desprendida na forma de luz por litro de gás (produto b) reagido, sabendo que 1 mol de gás produz 1 mol de oxigênio singleto. Considere:  $E = h\nu$ ,  $c = \lambda\nu$ ,  $c$ :  $3,00 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ,  $h$ :  $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$ ,  $NA = 6,02 \times 10^{23}$ .

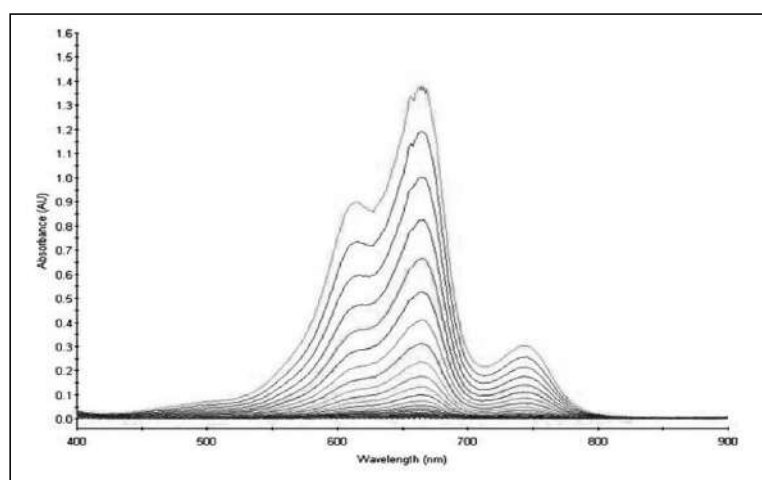
(5 pontos) De acordo com o decaimento observado qual seria a teoria mais adequada para explicar a estrutura mais estável observada para o  $O_2$ , teoria da ligação de valência ou teoria do orbital molecular? Justifique.

---

#### QUESTÃO 4 | FASE IV

---

O espectro de absorção do azul de metileno (AM), registrado no experimento é mostrado abaixo, na região do visível, utilizando várias concentrações de (AM):



Sobre processo responda:

- 1) (4 pontos) O comprimento de onda máximo é observado em 665 nm, sendo este utilizado para as leituras de absorbância no experimento mostrado. Por qual razão utilizamos o comprimento de onda máximo e não algum outro comprimento qualquer?

O experimento foi também realizado em 2 partes. Na primeira parte foram adicionados a uma cubeta água deionizada, HCl, azul de metileno e ácido ascórbico (AA) de maneira que a concentração final dos reagentes é aquela mostrada na Tabela abaixo.

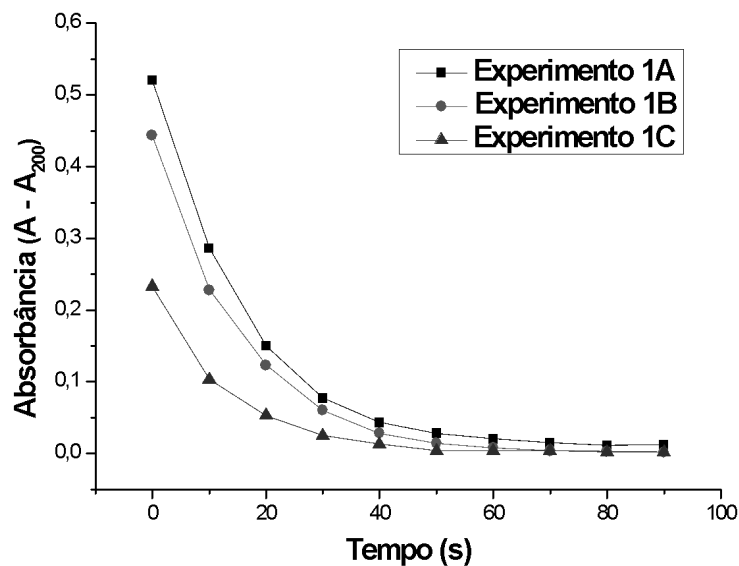
**Tabela 1:** Concentrações utilizadas nos experimentos relativos à primeira parte

Experimento	[HCl]/mol L <sup>-1</sup>	[AA]/mol L <sup>-1</sup>	[AM]/mol L <sup>-1</sup>
A	0,261	0,026	$3,023 \times 10^{-5}$
B	0,261	0,026	$1,977 \times 10^{-5}$
C	0,261	0,026	$7,907 \times 10^{-6}$

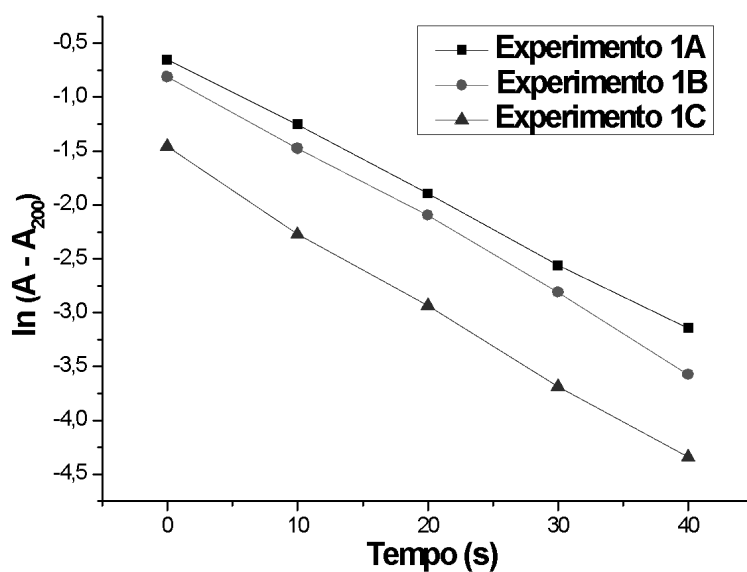


O decaimento da absorbância a 665 nm é, então registrado.

As curvas obtidas são:



Após linearização:



Observa-se que a constante de velocidade ( $k_{\text{exp}}$ ) não muda significativamente com a concentração de AM:

Experimento	[AM]/mol L <sup>-1</sup>	$k_{\text{exp}}/\text{s}^{-1}$
1A	$3,023 \times 10^{-5}$	0,06297
1B	$1,977 \times 10^{-5}$	0,06858
1C	$7,907 \times 10^{-6}$	0,07188

Sobre essa primeira parte responda:

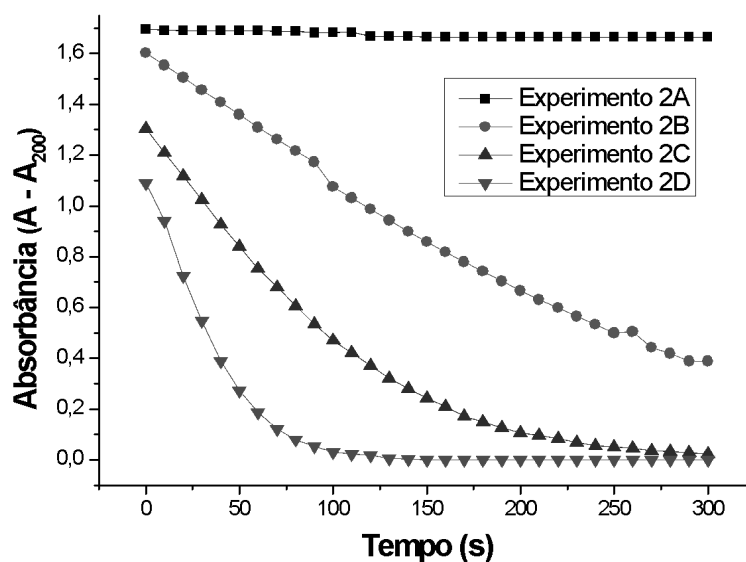
- 2) (3 pontos) Qual o valor médio da  $k_{\text{exp}}$ ?
- 3) (3 pontos) Qual a ordem da reação em relação ao Azul de Metileno (AM)? Justifique.
- 4) (3 pontos) Escreva a lei de velocidade para esta primeira parte do experimento.

Na segunda parte, o decaimento da absorbância a 665 nm também é registrado, porém as concentrações são aquelas mostradas na Tabela abaixo:

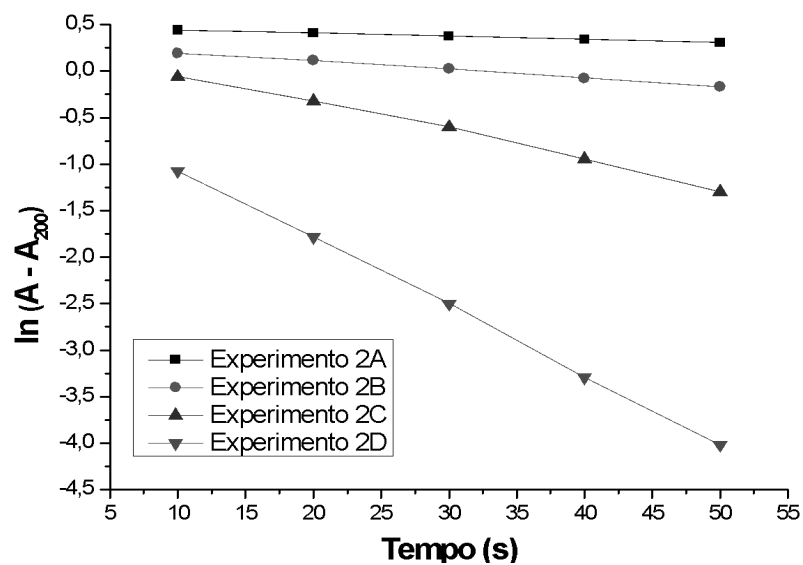
**Tabela 2:** Concentrações utilizadas nos experimentos relativos à segunda parte

Experimento	[HCl]/mol L <sup>-1</sup>	[AA]/mol L <sup>-1</sup>	[AM]/mol L <sup>-1</sup>
A	0,200	0	$3,031 \times 10^{-5}$
B	0,200	$3,4 \times 10^{-3}$	$3,031 \times 10^{-5}$
C	0,200	$6,8 \times 10^{-3}$	$3,031 \times 10^{-5}$
D	0,200	$1,7 \times 10^{-2}$	$3,031 \times 10^{-5}$

As curvas obtidas são:



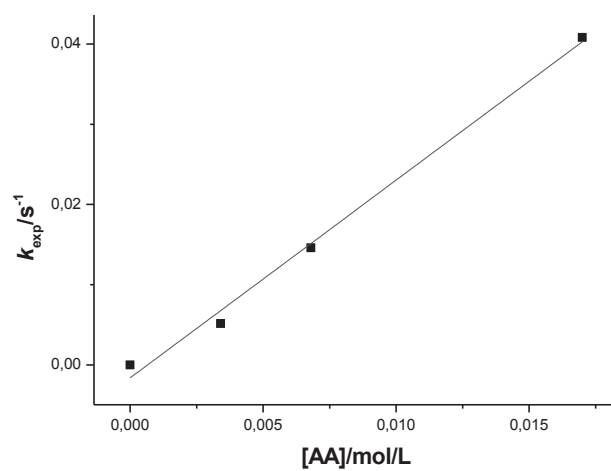
Após linearização:



Observa-se que:

- $k_{exp}$  depende de  $[AA]$ ;
- A relação entre  $k_{exp}$  e  $[AA]$  é linear.

Experimento	$[AA]/\text{mol L}^{-1}$	$k_{exp}/\text{s}^{-1}$
2A	0	0
2B	$3,4 \times 10^{-3}$	0,00515
2C	$6,8 \times 10^{-3}$	0,01461
2D	$1,7 \times 10^{-2}$	0,04082



$$k_{exp} = k' [AA]$$

**Sobre essa segunda parte responda:**

- 5) **(3 pontos)** Qual o valor médio da constante  $k'$ ? Utilize unidades apropriadas.
- 6) **(3 pontos)** Qual a ordem da reação em relação ao Ácido Ascórbico (AA)? Justifique.
- 7) **(3 pontos)** Escreva a lei de velocidade após a segunda parte do experimento.
- 8) **(3 pontos)** Explique porque podemos dizer que a reação na primeira parte do experimento ocorre numa condição de pseudo-primeira ordem.

**Obs:** A dependência da constante de velocidade com a concentração do HCl não foi investigada no experimento.

---

### QUESTÃO 5 | FASE IV

---

Ibuprofeno (ácido 2-(4-isobutilfenil)propanóico), paracetamol (N-(4-hidroxifenil)etanamida) e ácido acetil salicílico (ácido 2-acetoxibenzóico) foram dissolvidos em metanol.

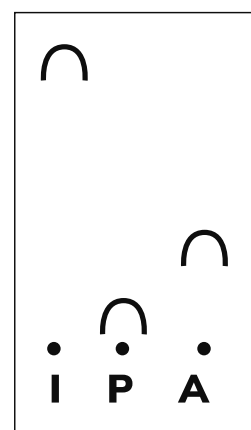
Com um capilar, as soluções foram aplicadas numa placa de sílica, de maneira que o Ibuprofeno (I) ficou à esquerda, Paracetamol (P) ficou ao centro e Ácido acetilsalicílico (A) ficou à direita.

Eluiu-se utilizando a proporção 8:2 de hexano:acetato de etila.

A imagem da placa após revelação encontra-se abaixo:

**Questões:**

- 1) **(5 pontos)** Desenhe as estruturas de todos os compostos orgânicos citados ao lado.
- 2) **(3 pontos)** Qual o nome da técnica utilizada no experimento?
- 3) **(3 pontos)** Identifique as fases estacionária e móvel na técnica mostrada.
- 4) **(5 pontos)** Baseado nas estruturas dos compostos, explique as diferenças nas distâncias que cada composto percorreu na placa.



**(4 pontos)** Qual dos fármacos deve ser eliminado mais facilmente na urina? Justifique com base nos resultados obtidos.

# Olimpíada Brasileira de Química - 2018

## FASE IV

### Resultado

Nome	Cidade	UF	Escola	Escore Fase III	Escore Fase IV	Média Final
Vinicius Figueira Armelin	Valinhos	SP	Etapa	100,0	100,0	100,0
Ygor de Santana Moura	Fortaleza	CE	Ari de Sá	91,48	83,00	88,09
Pedro Theodoro Capella	São Paulo	SP	Bandeirantes	99,09	69,00	87,05
Jurandi Samuel Almeida Campelo	Fortaleza	CE	Farias Brito	100,0	67,60	87,04
Joaquim Miguel Moreira Santiago	Fortaleza	CE	Ari de Sá	87,78	78,00	83,87
Mattias Anders Silva Larsson	Campinas	SP	Colégio Etapa	85,95	77,00	82,37
Thiago Oliveira Sousa	Fortaleza	CE	Farias Brito	91,5	65,00	80,90
Eliane de Sá Cavalcante P. Neta	Fortaleza	CE	Farias Brito	90,08	64,10	79,69
Lucas Yutaka Kuroishi	São Paulo	SP	Colégio Etapa	84,88	69,60	78,77
Yan Benevenuto Sabóia	Fortaleza	CE	Ari de Sá	83,73	70,60	78,48
Alexandre Lima Fernandes	Fortaleza	CE	Master	79,75	76,00	78,25
Luiz Felipe Sousa Dias	Fortaleza	CE	Ari de Sá	83,68	69,00	77,81
Pedro Arthur Sales Re-bouças	Fortaleza	CE	Master	78,02	68,00	74,01
Raul de Castro Cunha Claudino	Fortaleza	CE	Farias Brito	82,23	59,70	73,22
Bruno Dias do Nascimento	Fazenda Rio Grande	PR	Acesso	91,28	44,20	72,45

## **Olimpíada Brasileira de Química 2018 Fase V Curso de Aprofundamento e Excelência em Química**



O Curso de Aprofundamento e Excelência em Química, ministrado durante duas semanas, foi coordenado pelos professores Gilson Freitas Silva e João Paulo Ataíde Martins.

Destinado aos estudantes classificados na OBQ modalidade A do ano anterior, foi ministrado por docentes do Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal de Minas Gerais e o professor convidado Dr. Samuel Anderson Alves de Sousa da UFPI.

Os professores discutiram com os participantes do curso os temas e problemas preparatórios sugeridos pelos organizadores da 51<sup>a</sup>. Olimpíada Internacional de Química, realizada em Paris.

Trinta dias após a realização desse curso aplicou-se o exame da Fase VI preparado e avaliado pelos docentes envolvidos. Os quatro mais bem classificados foram convidados a representar o Brasil nas olimpíadas internacionais de 2019, em Paris, no mês de julho, e em setembro a Ibero-americana na cidade de Porto.

## OBQ 2018 – FASE VI

## Caderno de Problemas

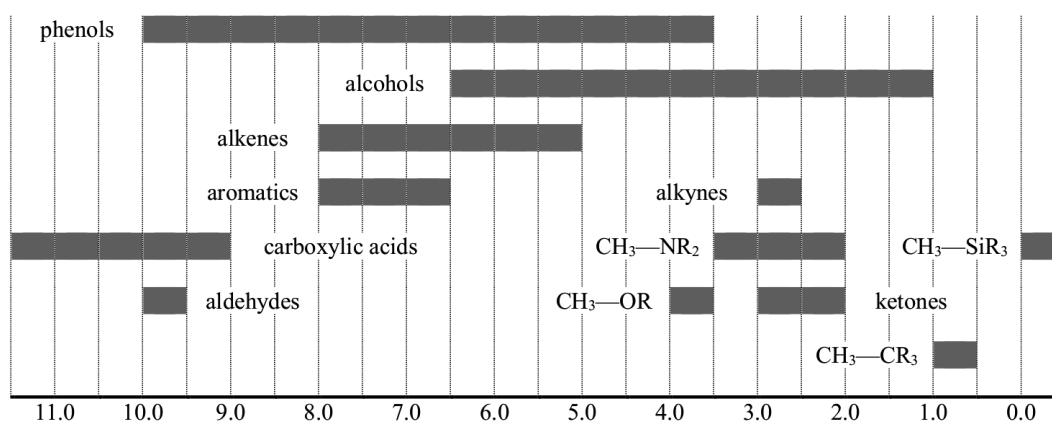
---

**CONSTANTES FÍSICAS, UNIDADES,  
FÓRMULAS E EQUAÇÕES**


---

**RMN  $^1\text{H}$** 

Chemical shifts of hydrogen (in ppm /TMS)

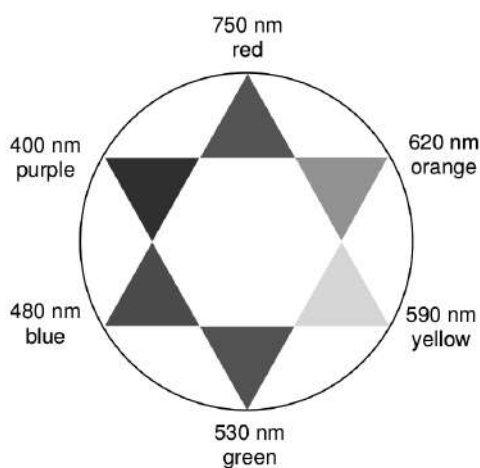
**Constantes de acoplamento H-H (em Hz)**

Hydrogen type	$ J_{ab} $ (Hz)
$\text{R}_2\text{CH}_a\text{H}_b$	4-20
$\text{R}_2\text{H}_a\text{C}-\text{CR}_2\text{H}_b$	2-12 if free rotation: 6-8 ax-ax (cyclohexane): 8-12 ax-eq or eq-eq (cyclohexane): 2-5
$\text{R}_2\text{H}_a\text{C}-\text{CR}_2-\text{CR}_2\text{H}_b$	if free rotation: < 0.1 otherwise (rigid): 1-8
$\text{RH}_a\text{C}=\text{CRH}_b$	cis: 7-12 trans: 12-18
$\text{R}_2\text{C}=\text{CH}_a\text{H}_b$	0.5-3
$\text{H}_a(\text{CO})-\text{CR}_2\text{H}_b$	1-3
$\text{RH}_a\text{C}=\text{CR}-\text{CR}_2\text{H}_b$	0.5-2.5

## Tabela de espectroscopia IV

Vibrational mode	$\sigma$ (cm <sup>-1</sup> )	Intensity
alcohol O—H (stretching)	3600-3200	strong
carboxylic acid O—H (stretching)	3600-2500	strong
N—H (stretching)	3500-3350	strong
$\equiv$ C—H (stretching)	3300	strong
=C—H (stretching)	3100-3000	weak
C—H (stretching)	2950-2840	weak
—(CO)—H (stretching)	2900-2800	weak
C $\equiv$ N (stretching)	2250	strong
C $\equiv$ C (stretching)	2260-2100	variable
aldehyde C=O (stretching)	1740-1720	strong
anhydride C=O (stretching)	1840-1800; 1780-1740	weak; strong
ester C=O (stretching)	1750-1720	strong
ketone C=O (stretching)	1745-1715	strong
amide C=O (stretching)	1700-1500	strong
alkene C=C (stretching)	1680-1600	weak
aromatic C=C (stretching)	1600-1400	weak
CH <sub>2</sub> (bending)	1480-1440	medium
CH <sub>3</sub> (bending)	1465-1440; 1390-1365	medium
C—O—C (stretching)	1250-1050 (several)	strong
C—OH (stretching)	1200-1020	strong
NO <sub>2</sub> (stretching)	1600-1500; 1400-1300	strong

## Luz visível





---

## PROBLEMA 1 | 115% DO TOTAL

---

Ciclopentadieneto de sódio ( $\text{NaC}_5\text{H}_5$ ) é um reagente comercialmente distribuído em solução de tetrahidrofurano (THF). Ele pode ser preparado pelo tratamento do ciclopentadieno com sódio metálico. Neste problema, estudaremos as propriedades relacionadas ao sistema de elétrons  $S$  do ânion orgânico associado, usualmente denominado ciclopentadienila,  $\text{C}_5\text{H}_5^-$ .

**1.1. Escreva** a reação química balanceada de formação do  $\text{NaC}_5\text{H}_5$  a partir de ciclopentadieno e de sódio metálico fundido.

**1.2. Indique** o número de elétrons  $\pi$  presentes no ânion ciclopentadienila.

De acordo com a regra de Hückel, uma molécula cíclica de estrutura plana é aromática desde que apresente  $4n+2$  elétrons  $\pi$ , em que  $n$  é um número inteiro e positivo.

**1.3.** Baseando-se na regra de Hückel, **indique** se o ânion ciclopentadienila é aromático ou não.

**1.4.** Baseando-se na sua resposta ao item anterior, **desenhe** as estruturas de ressonância mais prováveis para o ânion ciclopentadienila.

Matematicamente, de acordo com a teoria de ligação de valência, a função de onda da molécula de  $\text{C}_5\text{H}_5^-$  pode ser expressa como uma combinação linear das suas estruturas de ressonância mais prováveis. Os coeficientes da combinação satisfazem os requerimentos:

$$\sum_{i=1}^N c_i^2 = 1 \quad ; \quad c_i > 0$$

Em que  $N$  é o número de estruturas de ressonância consideradas.

**1.5. Calcule** o valor de cada coeficiente  $c_i$  na expressão da função de onda total da molécula de  $\text{C}_5\text{H}_5^-$ .

Um modelo simples para descrever energeticamente as ligações  $S$  entre os átomos de carbono no ânion  $\text{C}_5\text{H}_5^-$  consiste em caracterizar a deslocalização eletrônica de um dado elétron por meio de um termo de energia  $t < 0$ .

**1.6. Forneça** a energia do sistema de elétrons  $S$  no ânion  $\text{C}_5\text{H}_5^-$  em termos de  $t$ . Partindo das estruturas de ressonância mais prováveis, a deslocalização eletrônica sobre os átomos de carbono pode ser descrita pela introdução de termos complementares de energia. De maneira simplificada, a energia  $E$  do híbrido de ressonância pode ser definida como:

$$E = \sum_{i=1}^N c_i^2 E_i + \sum_{j=1}^N \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^N c_j c_k H_{jk}$$

O termo  $H_{jk}$  varia entre  $t$  e  $0$ .

**1.7. Escreva** uma expressão para a energia  $E$  do híbrido em termos da energia  $E_i$  de cada estrutura contribuinte, dos coeficientes  $C_i$ , e dos termos  $H_{jk}$ .

A energia de ressonância pode ser definida como  $\Delta E = E(H_{jk}=t) - E(H_{jk}=0)$ .

**1.8. Calcule**  $\Delta E$  para o ânion ciclopentadienila como uma função do parâmetro  $t$  apenas.

**1.9.** Escolha a sentença correta dentre aquelas mostradas abaixo:

- ☐ Deslocalização eletrônica contribui para estabilizar o ânion ciclopentadienila.
- ☐ Deslocalização eletrônica contribui para desestabilizar o ânion ciclopentadienila.
- ☐ Deslocalização eletrônica não contribui para a energia do ânion ciclopentadienila.

De maneira alternativa, segundo a teoria dos orbitais moleculares, a energia associada aos elétrons  $\pi$  de um sistema formado por  $\pi$  átomos de carbono, pode ser avaliada a partir das ocupações dos orbitais moleculares. Além disso, é possível mostrar que a energia de um orbital molecular  $k$  em um sistema eletrônico cíclico composto de  $n$  átomos é dada por:

$$E_k = \alpha + x_k \beta$$

Em que  $\alpha$  representa a energia de um elétron em um orbital  $2p_z$  isolado,  $\beta$  representa a energia de interação de um elétron com os orbitais  $2p_z$  vizinhos, e:

$$x_k = 2 \cos \frac{2k\pi}{n} ; k \in \mathbb{N} ; k \in [0, n-1]$$

**1.10. Calcule** a energia de cada orbital molecular para os elétrons  $\pi$  no ânion  $C_5H_5^-$  em termos dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$ . Quando necessário, represente  $\cos 72^\circ$  como  $\cos \omega$ .

**1.11. Desenhe e preencha** o diagrama de orbitais moleculares dos elétrons  $\pi$  no  $C_5H_5^-$ .

Os orbitais moleculares  $\Psi_i$  do sistema de elétrons  $\pi$  podem ser construídos por meio de combinações lineares dos orbitais atômicos  $2p_z$  de cada átomo de carbono da molécula,  $\varphi_j$ :

$$\Psi_i = \sum_{j=1}^5 c_{ij} \varphi_j$$

Expressões aproximadas para os orbitais moleculares são fornecidas a seguir.

$$\Psi_1 = \frac{1}{\sqrt{5}}(\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4 + \varphi_5)$$

$$\Psi_2 = \sqrt{\frac{2}{5}}(\varphi_1 + \varphi_2 \cos \omega + \varphi_3 \cos 2\omega + \varphi_4 \cos 2\omega + \varphi_5 \cos \omega)$$

$$\Psi_3 = \sqrt{\frac{2}{5}}(\varphi_2 \sin \omega + \varphi_3 \sin 2\omega - \varphi_4 \sin 2\omega - \varphi_5 \sin \omega)$$

$$\Psi_4 = \sqrt{\frac{2}{5}}(\varphi_1 + \varphi_2 \cos 2\omega + \varphi_3 \cos \omega + \varphi_4 \cos \omega + \varphi_5 \cos 2\omega)$$

$$\Psi_5 = \sqrt{\frac{2}{5}}(\varphi_2 \sin 2\omega - \varphi_3 \sin \omega + \varphi_4 \sin \omega - \varphi_5 \sin 2\omega)$$

### 1.12. Desenhe um esquema de cada orbital.

A carga  $q_j$  de cada átomo de carbono no ânion ciclopentadienila, relativa ao átomo no seu estado neutro, pode ser calculada por meio da distribuição de elétrons  $\pi$  como:

$$q_j = 1 - \sum_{i=1}^{occ} n_i c_{ij}^2$$

em que o somatório abrange todos os orbitais moleculares ocupados,  $n_i$  é o número de elétrons no orbital molecular  $i$ , e  $c_{ij}$  é o coeficiente do átomo de carbono  $j$  no orbital molecular  $i$ .

**1.13. Calcule** a carga dos átomos de carbono em  $C_5H_5^-$ .

A ordem de ligação  $I$  é uma estimativa do número de elétrons  $\pi$  envolvidos na ligação química entre dois átomos. Uma ligação simples tem ordem de ligação igual a zero, enquanto que uma ligação dupla tem ordem de ligação igual a 1. A ordem de ligação  $I_{rs}$  entre dois átomos ligados  $r$  e  $s$  pode ser obtida por meio dos orbitais moleculares como:

$$I_{rs} = \sum_{i=1}^{occ} n_i c_{ir} c_{is}$$

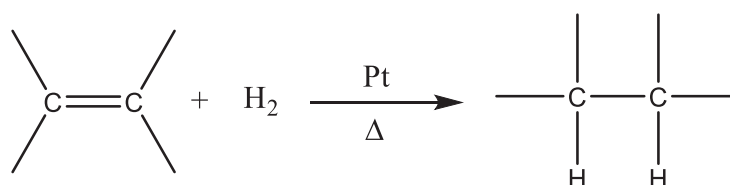
**1.14. Calcule** a ordem de ligação das ligações C–C consecutivas no anel do ânion  $C_5H_5^-$ . Quando necessário, represente  $\cos 72^\circ$  como  $\cos \omega$ .

---

**PROBLEMA 2 | 13% DO TOTAL**

---

Uma das formas de promover a saturação de um alceno é por meio da reação de hidrogenação catalítica. Há diferentes maneiras para se conduzir essa reação. Por exemplo, no laboratório, em um reator, um catalisador de platina metálica é inserido, na forma de limalha, em uma solução contendo o alceno, sendo esse sistema borbuhlado com gás hidrogênio ( $H_2$ ). A equação química abaixo representa a reação de hidrogenação catalítica de um alceno.



Em nível microscópico, a reação se processa com a adsorção da molécula de  $H_2$  na superfície do catalisador de platina. A ligação H–H é quebrada deixando átomos de hidrogênio na superfície, e esses irão se ligar ao alceno formando um alceno, como esboçado na Figura 2.1.

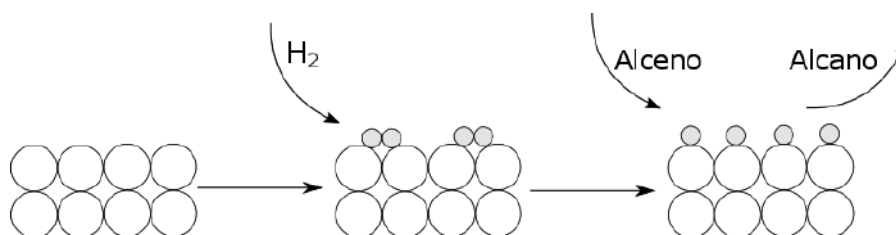


Figura 2.1: Esquema da hidrogenação catalítica de um alceno. As bolas grandes brancas representam de platina e as bolas pequenas cinzas representam átomos de hidrogênio.

- 2.1. **Desenhe** o diagrama de energia de orbitais moleculares da molécula de  $H_2$  indicando claramente os nomes dos orbitais envolvidos, **faça** o seu preenchimento e **indique** a ordem de ligação H–H.
- 2.2. **Escreva** a configuração eletrônica da Platina e represente seus cinco orbitais d, rotulando-os apropriadamente.
- 2.3. **Explique** como a ligação H–H é quebrada na molécula de  $H_2$  quando ocorre a adsorção na superfície da platina.

Um processo alternativo para a realização da reação de hidrogenação catalítica é feito por meio da catálise homogênea. Nesse caso, uma possibilidade viável consiste na utilização do Catalisador de Wilkinson (complexo I). Neste processo, a reação segue o mecanismo esquematizado na Figura 2.2 a seguir: (Obs: os números de I a VI indicam os complexos envolvidos em cada etapa do ciclo).

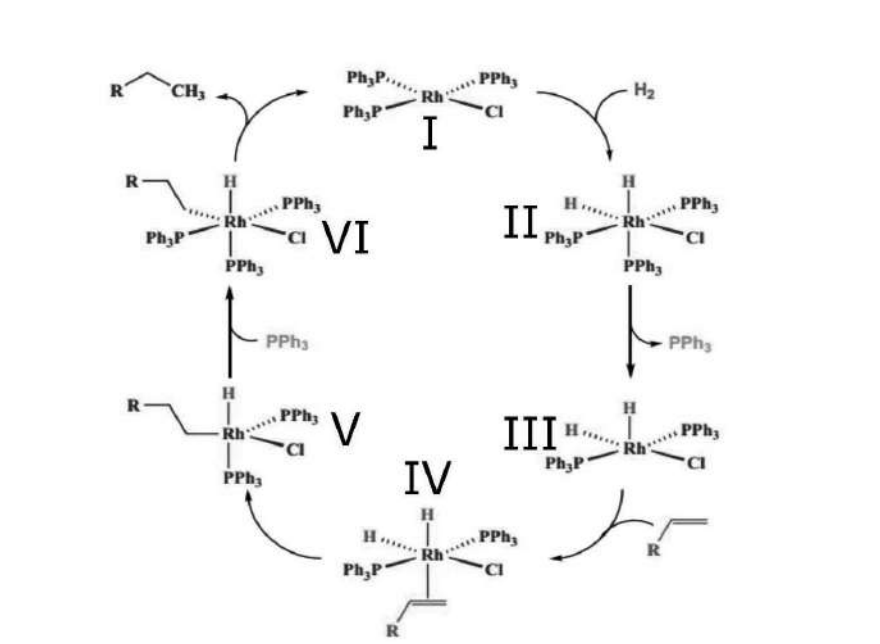
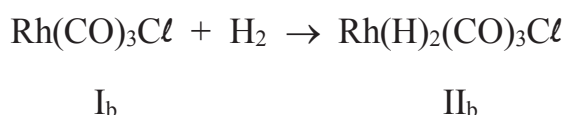


Figura 2.2: Mecanismo de hidrogenação catalítica de um alceno através de um catalisador de Wilkinson.

- 2.4. **Desenhe** o complexo I e **represente** todos os seus planos de simetria.
- 2.5. **Calcule** o número de oxidação dos átomos de Rh nos complexos I e IV.
- 2.6. **Represente** o diagrama de desdobramento dos orbitais d do Rh nos complexos I e II e preveja o comportamento magnético desses complexos.
- 2.7. As fosfinas ligadas ao íon Rh possuem papel importante na estabilização dos intermediários formados na reação. Suponha que os três

grupos PPh<sub>3</sub> em ( I ) sejam substituídos por PF<sub>3</sub>. Ocorreria um aumento, diminuição ou não alteração da atividade catalítica? Justifique a sua resposta.

A espectroscopia de absorção na região do infravermelho é uma técnica espectroscópica que permite inferir sobre a força das ligações químicas. O estiramento da molécula de CO livre aparece em 2143 cm<sup>-1</sup>. Considere a reação química representada abaixo, em que o complexo I<sub>b</sub>, análogo ao complexo I, na qual as fosfinas são substituídas por carbonilas:



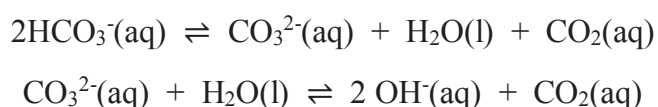
- 2.8. Sobre o complexo I<sub>b</sub>, o estiramento da molécula de CO irá aparecer no espectro em número de onda maior, menor ou igual ao do CO livre? **Justifique** sua resposta.
- 2.9. No complexo II<sub>b</sub>, o estiramento da molécula de CO deve aparecer em maior, menor ou igual número de onda em relação ao grupo carbonila do complexo I<sub>b</sub>? **Justifique** sua resposta.
- 2.10. Qual é o nome da geometria do complexo I<sub>b</sub>? **Desenhe** todos os isômeros do complexo II<sub>b</sub>.

---

### PROBLEMA 3 | 7% DO TOTAL

---

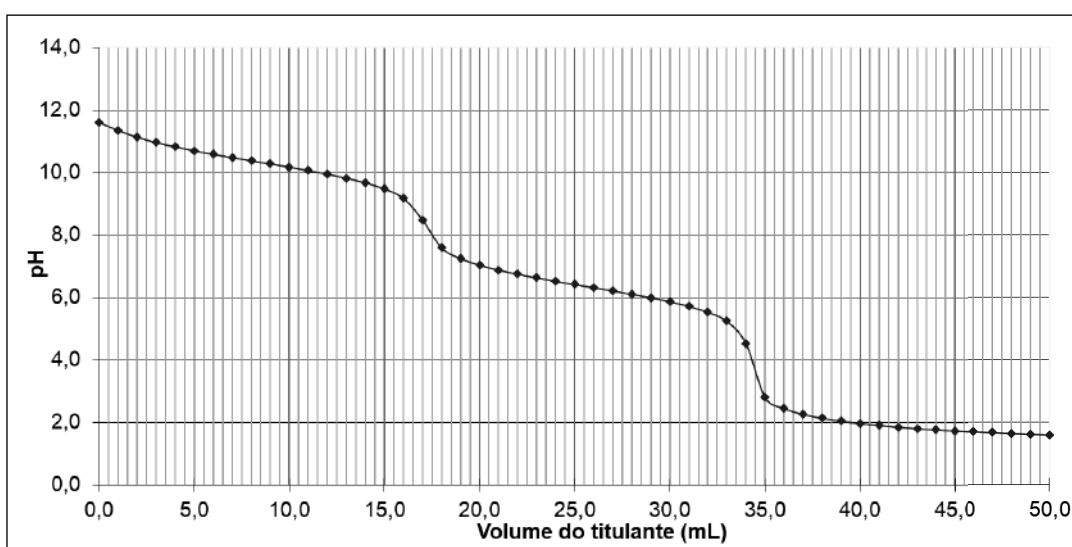
Muitas águas superficiais desenvolvem extensas florações de algas. Frequentemente é observado que essas águas atingem ou ultrapassam valores de pH de 10. As algas utilizam dióxido de carbono em sua atividade fotossintética, o que contribui para a elevação do pH. À medida que o pH aumenta, as formas de alcalinidade são alteradas, devido ao fato de que o dióxido de carbono também pode ser obtido para o crescimento das algas a partir de bicarbonatos e carbonatos, de acordo com as reações conforme representado a seguir:



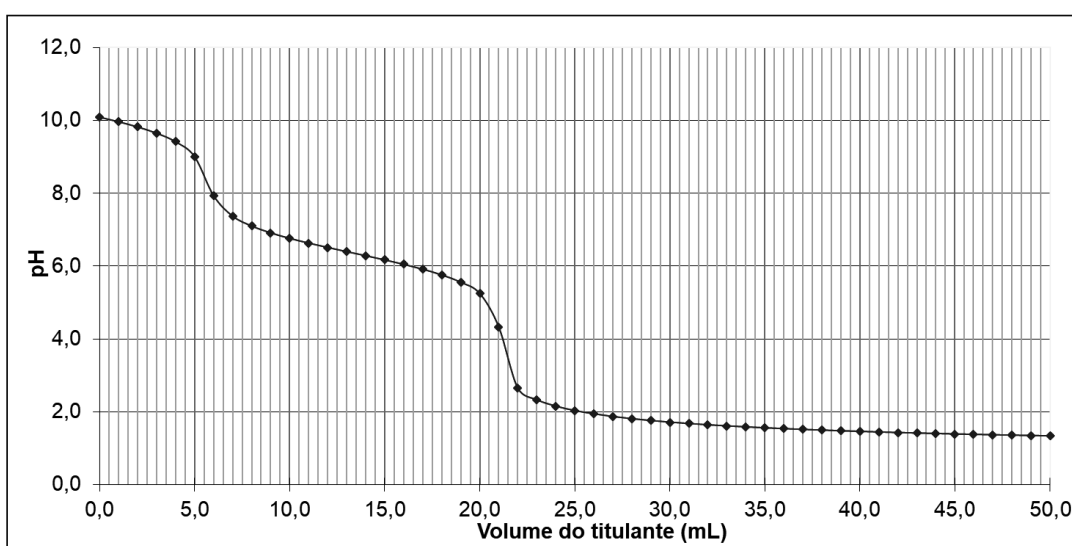
- 3.1. Qual efeito a remoção de dióxido de carbono das águas tem nas concentrações de carbonato, bicarbonato e hidróxido?

A volumetria de neutralização permanece como um método padrão para a determinação da alcalinidade, acidez e teor de dióxido de carbono livre em águas naturais. Alcalinidade é a medida da capacidade de uma amostra de água de neutralizar um ácido, que é atribuída à presença de hidróxido, carbonato e bicarbonato, os quais podem estar presentes singularmente ou em combinação. Três amostras de águas naturais coletadas em regiões diferentes foram analisadas para determinação da sua forma de alcalinidade ( $\text{OH}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e/ou  $\text{CO}_3^{2-}$ ) e suas respectivas concentrações. Para cada caso, uma alíquota de 25,00 mL da amostra foi titulada com  $\text{HCl}$  0,1198 mol  $\text{L}^{-1}$ . As curvas de titulação são apresentadas abaixo.

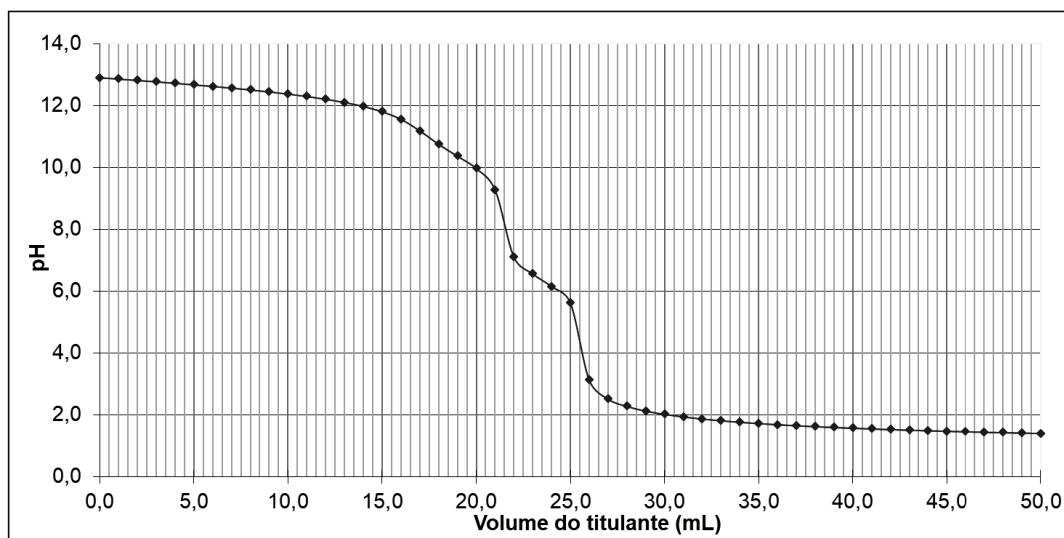
#### Curva A: Amostra 1



#### Curva B: Amostra 2



### Curva C: Amostra 3



- 3.2. **Determine** a forma de alcalinidade em cada amostra de acordo com a curva de titulação.
- 3.3. **Calcule** as concentrações de  $\text{OH}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e/ou  $\text{CO}_3^{2-}$  presentes em cada amostra.
- 3.4. **Explique** por que não é possível que uma amostra de água natural tenha simultaneamente hidróxido e bicarbonato como fonte de alcalinidade.

---

## PROBLEMA 4 | 12% DO TOTAL

---

O armazenamento de hidrogênio implica em uma enorme redução de volume de hidrogênio gasoso. À temperatura ambiente e pressão atmosférica, 1 kg do gás ocupa um volume de 11 m<sup>3</sup>. Para aumentar a densidade do hidrogênio, trabalho deve ser aplicado para comprimir o gás, a temperatura deve ser reduzida para um valor abaixo da temperatura crítica ou a repulsão reduzida pela interação do hidrogênio com outro material.

Em temperaturas muito baixas (262 °C), o hidrogênio é um sólido com densidade de 70,6 kg m<sup>-3</sup>. A temperaturas mais altas que essa ele é um gás, por exemplo, com densidade de 0,08989 kg m<sup>-3</sup> a 0 °C e 1 bar. O hidrogênio é líquido apenas em uma pequena região de seu diagrama de fases, localizada entre seu ponto triplo ( $p_3 = 70,75$  mbar e  $T_3 = 259,2$  °C) e seu ponto crítico ( $p_c = 13$  bar e  $T_c = 240,0$  °C). A densidade do hidrogênio líquido a 253 °C é 70,8 kg m<sup>-3</sup>, por exemplo.



**4.1. Analise** as afirmativas abaixo e **marque** a que estiver **correta**:

- ☐ A 40 K hidrogênio gasoso pode ser liquefeito por compressão isotérmica.
- ☐ A uma pressão de 50 mmHg não pode existir hidrogênio líquido.
- ☐ O fator de compressibilidade do gás hidrogênio a 0 °C e 1 bar é próximo de 1.

**4.2. Calcule** a temperatura abaixo da qual é possível armazenar hidrogênio líquido na pressão de 1 bar sabendo que  $\Delta_{vap} H_m^\circ = 897,38 \text{ J mol}^{-1}$ .

O sistema mais comum de armazenamento de hidrogênio é em cilindros de gases a altas pressões, que costumam operar a uma pressão máxima de 20 MPa. No entanto, novos cilindros formados por materiais leves vêm sendo desenvolvidos e são capazes de suportar uma pressão bem mais elevada, de modo que o hidrogênio possa alcançar uma densidade de  $36 \text{ kg m}^{-3}$ .

Sabendo que o hidrogênio obedece à equação de van der Waals e que as constantes de van der Waals estão relacionadas com as constantes críticas por meio das equações

$$p_c = \frac{a}{27b^2}, T_c = \frac{8a}{27bR}, V_c = 3b$$

**4.3. Determine** a pressão que esse cilindro pode suportar para armazenar o hidrogênio com a densidade mencionada.

Outra maneira de se armazenar hidrogênio é por meio da fisissorção das moléculas do gás na superfície de um sólido. A energia potencial da molécula adsorvida atinge um mínimo quando ela se encontra à distância de aproximadamente um raio molecular do adsorbato (gás hidrogênio). Uma vez que uma monocamada de moléculas de adsorbato é formada, as moléculas gasosas interagem com a superfície do adsorbato líquido ou sólido. A energia de ligação da segunda camada de moléculas de adsorbato é, portanto, similar ao calor latente de sublimação ou vaporização do adsorbato. Consequentemente, uma monocamada é adsorvida a uma temperatura maior ou igual ao ponto de ebulição do adsorbato a uma dada pressão. Para estimar a quantidade de adsorbato em uma monocamada, a densidade do adsorbato líquido e o volume da molécula são necessários. Se o líquido é considerado uma estrutura de empacotamento cúbica de face centrada, a área superficial mínima,  $S_{ml}$ , para um mol de adsorbato em uma monocamada em um substrato pode ser calculada a partir da densidade do líquido na temperatura de ebulição,  $\rho_{liq}$ , e da massa molar do adsorbato,  $M_{ads}$ :

$$S_{ml} = \frac{\sqrt{3}}{2} \left( \sqrt{2N_A} \frac{M_{ads}}{\rho_{liq}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

em que  $N_A$  é a constante de Avogadro e  $M_{ads}$  é a massa molar do adsorbato. A área superficial da monocamada para o hidrogênio é  $S_{ml}(H_2) = 85917 \text{ m}^2 \text{ mol}^{-1}$ . A fração em massa de adsorbato,  $m_{ads}$ , em um substrato com área superficial específica  $S_{esp}$ , é dada por  $m_{ads} = M_{ads} S_{esp} / S_{ml}$ . No caso do carbono como substrato e o hidrogênio como adsorbato, a área superficial específica de carbono é  $S_{esp} = 1315 \text{ m}^2 \text{ mol}^{-1}$  (folha de grafeno).

**4.4. Determine** a porcentagem máxima de hidrogênio que pode ser adsorvido ( $m_{ads}$ ) em uma folha de grafeno.

O hidrogênio reage, a elevadas temperaturas, com muitos metais de transição e suas ligas para formar hidretos. A estrutura reticular é a estrutura típica de um metal com átomos de hidrogênio nos sítios intersticiais. A reação do gás hidrogênio com um metal é chamada de processo de absorção. Os aspectos termodinâmicos da formação de um hidreto a partir de hidrogênio gasoso são descritas pelas chamadas isothermas pressão-composição. A pressão de equilíbrio,  $p_{eq}$ , está relacionada às variações de entalpia ( $\Delta H$ ) e entropia ( $\Delta S$ ), respectivamente, como função da temperatura por meio da equação de van't Hoff:

$$\ln \left( \frac{p_{eq}}{p_{eq}^0} \right) = \frac{\Delta H}{R} \frac{1}{T} - \frac{\Delta S}{R}$$

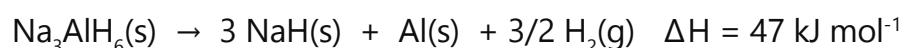
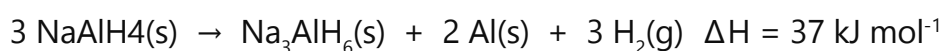
Em que  $p_{eq}^0$  é a pressão padrão. A variação de entropia desse processo corresponde à variação observada na mudança de hidrogênio molecular para hidrogênio sólido dissolvido, ou seja, é o oposto da entropia padrão do gás hidrogênio, cujo valor é  $130 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ .

**4.5. Determine** a variação de entalpia do processo de absorção de 1 mol de  $H_2$  em uma quantidade suficiente de hidreto a 300 K e pressão de 1 bar.

Um dos compostos com maior densidade gravimétrica de hidrogênio ( $\rho_g$ , definida como a razão entre a massa de hidrogênio absorvido e a massa do hidreto) é o  $LiBH_4$ .

**4.6. Determine** a densidade gravimétrica de hidrogênio no  $LiBH_4$ .

O processo de dessorção do hidrogênio armazenado no hidreto  $NaAlH_4$  ocorre em duas etapas de acordo com as equações:



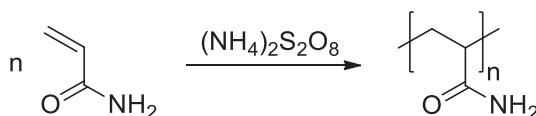
- 4.7. **Determine** a energia que deve ser absorvida para que 1 kg de gás hidrogênio sofra dessorção a partir de  $\text{NaAlH}_4$ .

---

**PROBLEMA 5 | 15% DO TOTAL**

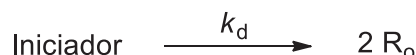
---

A poliacrilamida é um polímero não-iônico utilizado no tratamento de água, recuperação de óleos, dentre outras aplicações. Esse polímero é obtido da polimerização da acrilamida na presença de persulfato de amônio,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ , como agente iniciador (In), conforme representado a seguir:

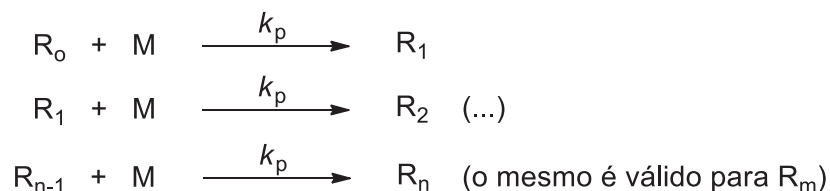


A síntese envolve três estágios via radicais livres (R) conforme o esquema abaixo:

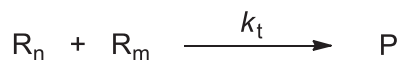
**Estágio de iniciação**



**Estágio de propagação**



**Estágio de terminação**



- 5.1. Na ausência de catálise ou de qualquer outro agente externo, a dissociação de 5% do iniciador persulfato de amônio leva 680 min em água a 50 °C. **Calcule** a constante de velocidade ( $k_d$ ) sob as mesmas condições e a energia de ativação ( $E_a^d$ ). Considere um fator pré-exponencial para o estágio de dissociação ( $A_d$ ) de  $4,4 \times 10^{16} \text{ s}^{-1}$ .
- 5.2. **Mostre** que a expressão de velocidade de polimerização (vp) pode ser escrita da seguinte forma em relação à velocidade de iniciação ( $v_i$ ),  $k_p$ ,  $k_t$  e  $[\text{M}]$ :

$$v_p = \frac{k_p}{k_t^{1/2}} v_i^{1/2} [M]$$

- 5.3. Uma forma conveniente de acompanhar o desaparecimento do monômero (M) em função do tempo é seguir a reação em condições adiabáticas. **Apresente** uma expressão para a velocidade de desaparecimento do monômero (M) como uma função da concentração de iniciador, de [M], da temperatura (T), dos fatores pré-exponenciais (A) de cada etapa e da  $E_a^{global}$ , dada por:

$$E_a^{global} = E_a^p - \frac{E_a^t}{2} + \frac{E_a^d}{2}$$

- 5.4. O progresso da reação em condições adiabáticas pode ser facilmente seguido pela medição da variação da temperatura (T) em função do tempo (t), (dT/dt), que é uma função linear do produto de  $\gamma$  e da velocidade de desaparecimento do monômero (M). O valor de  $\gamma$  é uma função do sistema igual a  $8,9 \text{ dm}^3 \text{ K mol}^{-1}$ .

**Apresente** uma relação para dT/dt como uma função da concentração de iniciador, de [M], da temperatura (T), dos fatores pré-exponenciais (A) de cada etapa e da  $E_a^{global}$ .

Agora considere os seguintes parâmetros experimentais:

$$[\text{Iniciador}]_0 = 1 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$[M]_0 = 2,5 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$A_d = 4,4 \times 10^{16} \text{ s}^{-1}$$

$$\frac{A_p}{A_t^{1/2}} = 52,8 \text{ dm}^{3/2} \text{ mol}^{-1/2} \text{ s}^{-1/2}$$

$$E_a^p - \frac{E_a^t}{2} = 6,27 \text{ kJ mol}^{-1}$$

onde,  $A_d$ ,  $A_p$  e  $A_t$  são os fatores pré-exponenciais dos estágios de iniciação, propagação e terminação, respectivamente

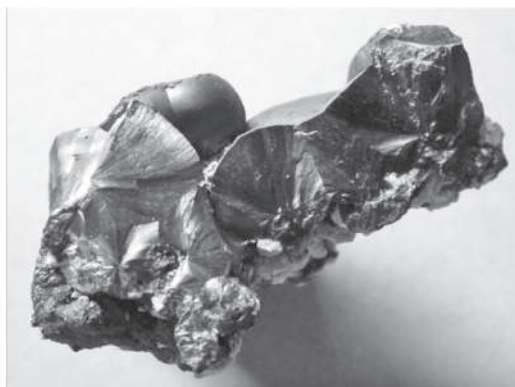
- 5.5. **De quanto** será a variação de temperatura quando a concentração inicial de monômero cair pela metade?
- 5.6. **Quanto** tempo será necessário para que o aumento de temperatura requerido na questão anterior seja atingido em um experimento com temperatura inicial ( $T_0$ ) de  $50^\circ\text{C}$ ?

---

## PROBLEMA 6 | 10% DO TOTAL

---

A hollandita é um mineral preto acinzentado com brilho metálico, cujo nome foi dado em homenagem a Sir Thomas Henry Holland, geólogo e administrador educacional. Hollandita é um óxido de fórmula  $A_xB_yO_{16}$ . Esse mineral possui o sistema cristalino monoclinico com os seguintes parâmetros de célula unitária:  $a = 1,002 \text{ nm}$ ,  $b = 0,287 \text{ nm}$ ,  $c = 0,972 \text{ nm}$ ,  $\beta = 91,0^\circ$  e  $Z = 1$ . A densidade desse mineral é  $4,95 \text{ g cm}^{-3}$ .



*Hollandite de Königsberg, Wolfstein, Palatinado,  
Renânia-Palatinado, Alemanha*

Com o objetivo de demonstrar a composição química da hollandita, um fragmento do mineral foi completamente dissolvido em ácido nítrico e então diluído com água. Persulfato de amônio,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ , e algumas gotas de solução de nitrato de prata (que age como um catalisador) foram adicionados a uma alíquota dessa solução diluída. Em ebulição, uma solução vermelho-violeta foi formada, evidenciando o principal elemento constituinte, **B**.

**6.1.** Qual elemento foi identificado usando esse procedimento? **Escreva** a equação balanceada para a reação correspondente à mudança de cor observada.

Para uma análise quantitativa desse elemento, exatamente 50,0 mg do mineral hollandita foram completamente dissolvidos em ácido nítrico. A solução foi transferida para um frasco volumétrico de 250,0 mL e o volume completado com água destilada. Uma alíquota de 25,0 mL dessa solução foi tratada com excesso de bismutato de sódio ( $\text{NaBiO}_3$ , um agente oxidante), que em temperatura ambiente resulta em uma solução vermelho-violeta. O bismutato que não reagiu permaneceu sem se dissolver. O analito foi separado do resíduo sólido por filtração, seguida de lavagem com uma solução de ácido nítrico. O líquido filtrado foi transferido para um frasco de titulação

e um excesso de iodeto de potássio (KI) foi adicionado. O iodo liberado (I<sub>2</sub>) foi imediatamente titulado com uma solução padrão de tiosulfato de sódio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 0,125 mol L<sup>-1</sup>. Um método amperométrico ('dead-stop') foi usado para uma medida precisa do ponto de equivalência, indicado pela adição de 19,10 mL de solução padrão de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**6.2. Escreva** as equações das reações envolvidas na preparação e titulação da alíquota. **6.3.** Considerando o volume da célula unitária monoclinica  $V = a b c \sin \beta$ , e o resultado da análise quantitativa, calcule a fórmula química da hollandita.

**6.3.** Considerando o volume da célula unitária monoclinica  $V = a b c \sin \beta$ , e o resultado da análise quantitativa, **calcule** a fórmula química da hollandita.

**Dicas:**  $n = m / M$ ,  $n = Z / N_A$  and  $\rho = m / V$ , em que  $n$  é a quantidade de matéria,  $m$  é a massa,  $M$  é a massa molar,  $Z$  é o número unidades de fórmula por célula unitária,  $N_A$  é a constante de Avogadro,  $\rho$  é a densidade e  $V$  o volume.

A partir da fórmula calculada para a hollandita, pode-se inferir a valência média do elemento **B**. Ela não é um número inteiro, o que indica uma mistura de diferentes estados de oxidação **B<sup>4+</sup>** e **B<sup>3+</sup>**.

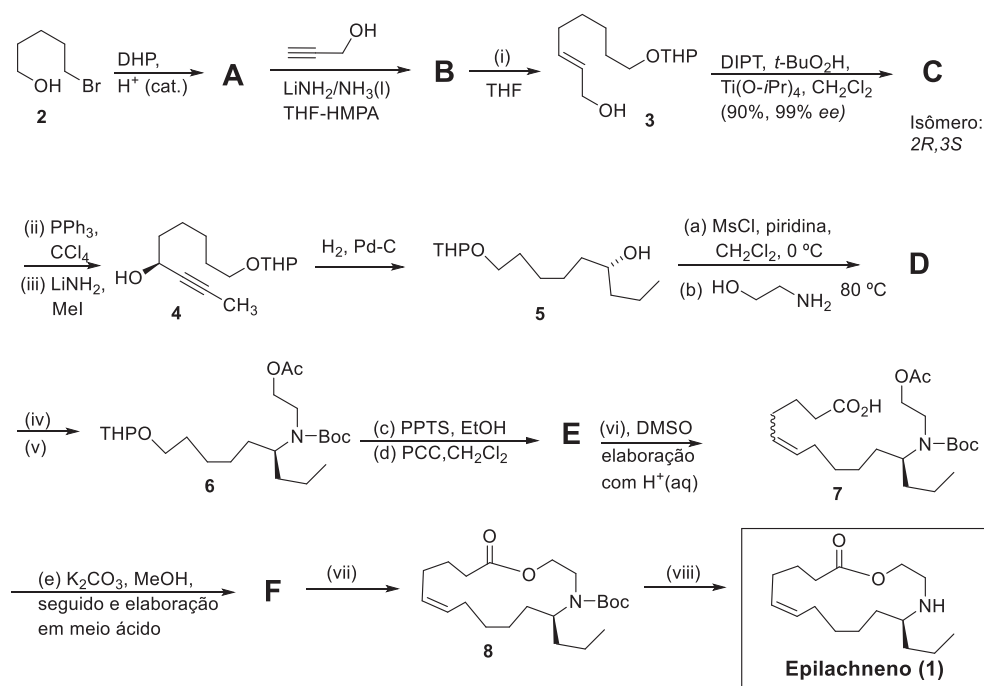
**6.4. Represente** a fórmula da hollandita indicando os índices estequiométricos para os diferentes estados de oxidação de **B**,  $A_x(B_z^{4+}B_w^{3+})O_{16}$ .

Na natureza, a hollandita é algumas vezes modificada pela presença do elemento **E**, que substitui **A** ( $A_x - E_z B_y O_{16}$ ), resultando em soluções sólidas com o mineral Coronadita,  $E_x B_y O_{16}$ . Uma análise dessa hollandita modificada foi realizada dissolvendo-se 2,000 g desse mineral em ácido nítrico. A solução resultante foi neutralizada com solução de hidróxido de sódio, ajustando-se a pH  $\approx 5$ . Um excesso de solução saturada de KI foi usado para precipitação quantitativa de um sólido amarelo brilhante. O sólido foi removido por filtração, lavado com água e seco até uma massa constante de 1,032 g.

**6.5. Identifique** o elemento **E**, **indicando** o produto amarelo formado. Use essa informação para calcular a fórmula química da hollandita modificada ( $A_x - E_z B_y O_{16}$ ).

## PROBLEMA 7 | 15% DO TOTAL

O epilachneno (**1**) é um dentre os diversos alcaloides isolados da pupa do besouro mexicano *Epilachna varivestis*. Esses compostos são responsáveis pela defesa da pupa ao ataque de formigas. As estruturas de **1** e de seus análogos foram deduzidas a partir de dados espectroscópicos, sendo posteriormente confirmadas por meio de suas sínteses totais. Uma dessas sínteses, realizada por Rao e colaboradores, é apresentada no esquema 1.



### Siglas:

DHP – Diidropirano

HMPA – Hexametilfosforamida

DIPT – Tartarato de diisopropila

DMAP – 4-(*N,N*-dimetilamino)piridina

PPTS – *para*-toluenosulfonato de piridínio

PCC – Clorocromato de piridínio

DMSO – Dimetilsulfóxido

THF – Tetraidrofurano

Boc – *tert*-butoxicarbonil

DTBMP - 2,6-di-*tert*-butil-4-metilpiridina

- 7.1. **Forneça** as fórmulas estruturais dos compostos **A-F**.
- 7.2. **Escreva** as fórmulas dos reagentes **(i), (iv)-(viii)**.
- 7.3. **Faça** o que se pede em cada item a seguir.
- i. **Represente** a fórmula estrutural do reagente gerado pela mistura do álcool propargílico com amideto de lítio, empregado na conversão de **A** para **B**.
- ii. **Represente** a fórmula estrutural do produto obtido pela reação do álcool **C** com o reagente **(ii)**.
- iii. **Represente** a fórmula estrutural do intermediário formado pela reação do produto da questão acima (3b) com um equivalente de  $\text{LiNH}_2$ .
- 7.4. **Indique** as configurações absolutas (R ou S) para os centros assimétricos dos compostos **4, 5 e 8**.
- 7.5. **Mostre** como o reagente **(vi)**, utilizado na transformação de **F** em **7**, é formado a partir do ácido 5bromopentanóico.
- 7.6. Para o composto **7** a estereoquímica da ligação dupla não foi indicada. Sabendo que a constante de acoplamento entre os átomos de hidrogênio da ligação dupla é  $J \approx 10,5 \text{ Hz}$ , **represente a fórmula** deste composto com a estereoquímica correta.
- 7.7. **Indique** outro reagente que poderia ter sido utilizado no lugar de PCC na conversão de **6** em **F**.
- 7.8. **Observe** que o composto **8** tem o fragmento  $-\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{NH}-$ . O espectro de RMN de  $^1\text{H}$  desse composto, dentre outros, apresenta os seguintes sinais:  $\delta = 4,33 (1\text{H}), 3,98 (1\text{H}), 3,00 (1\text{H}), 2,79 (1\text{H})$ .
- i. **Correlacione** os sinais acima com os átomos de hidrogênio do fragmento mostrado.
- ii. **Explique** por que cada átomo de hidrogênio dos grupos  $\text{CH}_2$  apresenta um sinal distinto.

---

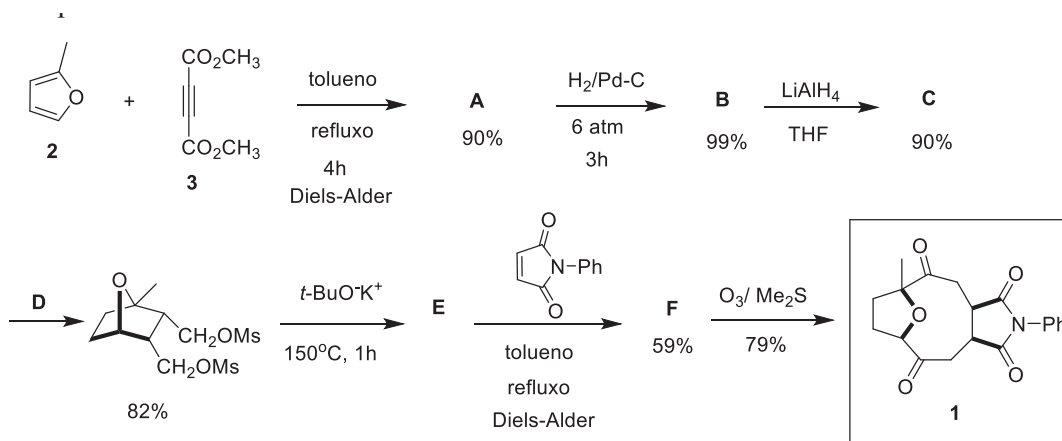
## PROBLEMA 8 | 13% DO TOTAL

---

Os furanoeliangolídeos são uma classe de metabólitos secundários isolados de várias espécies de plantas da família *Lychnophora*, conhecida popularmente como “amica” ou “falsa amica” ou “amica da serra”. Estas espécies são usadas na medicina popular como agentes analgésicos e antiinflamatórios. Vários grupos de pesquisa vêm se dedicando ao estudo de métodos sintéticos para a preparação dos furanoeliangolídeos, mais especificamente

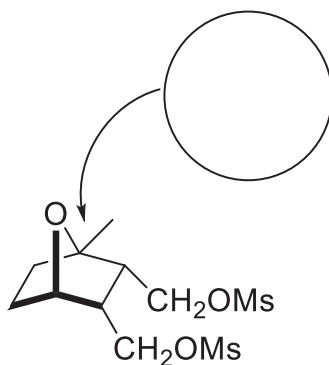


os goiazensolídeos, como a substância **1**. A síntese desta substância foi realizada por Valquíria Aragão, no seu trabalho de doutorado, do grupo do professor Maurício Gomes Constantino (*Tetrahedron Lett.* 2008, 49, p 1393-1395). A seguir é representada a síntese da substância **1**.



Observação: o rendimento de 59% para o composto **F** foi calculado a partir do composto **D**.

- 8.1. **Represente** as fórmulas estruturais dos compostos **A-C** e **E-F**.
- 8.2. **Escreva** as fórmulas dos reagentes **D**.
- 8.3. **Calcule** o rendimento global da rota de síntese para a obtenção da substância **1**.
- 8.4. A reação de conversão de **E** em **F** pode conduzir a dois produtos diastereoisoméricos, sendo **F** o produto majoritário. **Represente** a fórmula estrutural do produto minoritário.
- 8.5. No espectro na região do infravermelho da substância **C** não foi observada a banda de estiramento entre  $1720$  a  $1750\text{ cm}^{-1}$ , presente no espectro da substância **B**. **Justifique**.
- 8.6. **Escreva** no círculo abaixo a configuração absoluta (**R** ou **S**) para o centro assimétrico, indicado pela seta, do composto representado a seguir.



# Olimpíada Brasileira de Química – 2018

## FASE VI

### Resultado da Prova Final - 2019

#### Relação dos estudantes convocados para a Olimpíada Internacional de Química – 51<sup>st</sup> IChO

Nome	Cidade	UF	Result. FASE IV	NOTA FASE VI	ESCORE FASE VI	Result. Final
<b>Ygor de Santana Moura</b>	Fortaleza	CE	88,09	<b>79,29</b>	100,0	96,04
<b>Lucas Yutaka Kuroishi</b>	São Paulo	SP	78,77	<b>69,10</b>	87,16	84,36
<b>Joaquim Miguel M. Santiago</b>	Fortaleza	CE	83,87	<b>66,91</b>	84,39	84,22
<b>Thiago Oliveira Sousa</b>	Fortaleza	CE	80,90	<b>67,65</b>	85,33	83,85
<b>Mattias Anders S. Larsson</b>	Campinas	SP	82,37	<b>59,36</b>	74,87	77,37
Yan Benevenuto Sabóia	Fortaleza	CE	78,48	<b>56,58</b>	71,36	73,74
Alexandre Lima Fernandes	Fortaleza	CE	78,25	<b>49,87</b>	62,90	68,02
Jurandi Samuel Almeida Campelo	Fortaleza	CE	87,04	<b>46,13</b>	58,18	67,80
Pedro Arthur Sales Rebouças	Fortaleza	CE	74,01	<b>50,44</b>	63,62	67,08
Eliane de Sá Cavalcante P. Neta	Fortaleza	CE	79,69	<b>39,61</b>	49,96	59,87
Bruno Dias do Nascimento	Fazenda Rio Grande	PR	72,45	<b>41,72</b>	52,62	59,23
Raul de Castro Cunha Claudino	Fortaleza	CE	73,22	<b>41,24</b>	52,02	59,08
Luiz Felipe Sousa Dias	Fortaleza	CE	77,81	<b>38,64</b>	48,74	58,43
Gustavo Monteiro P. de Oliveira	Salvador	BA	70,77	<b>18,54</b>	23,38	39,18
Vinicius Figueira Armelin	Valinhos	SP	100,0	<b>NC</b>	0,00	33,33
Pedro Theodoro Capella	São Paulo	SP	87,05	<b>NC</b>	0,00	29,02
Júlia Stancioli Paiva	B.H.	MG	70,53	<b>NC</b>	0,00	23,51
Vinícius de Alcântara Névoa	Goiânia	GO	70,50	<b>NC</b>	0,00	23,50

1. Os **QUATRO** primeiros classificados serão convocados para representar o Brasil na olimpíada internacional que acontecerá na França.
2. Conforme o art. 3º do Regulamento da OBQ, o quinto colocado poderá ser convocado para integrar a equipe brasileira na olimpíada Iberoamericana que acontecerá em Portugal.
3. Os estudantes assinalados em **AZUL** participarão de treinamento laboratorial, no início de julho, na UNICAMP.



51st — International  
Chemistry Olympiad  
France — Paris — 2019

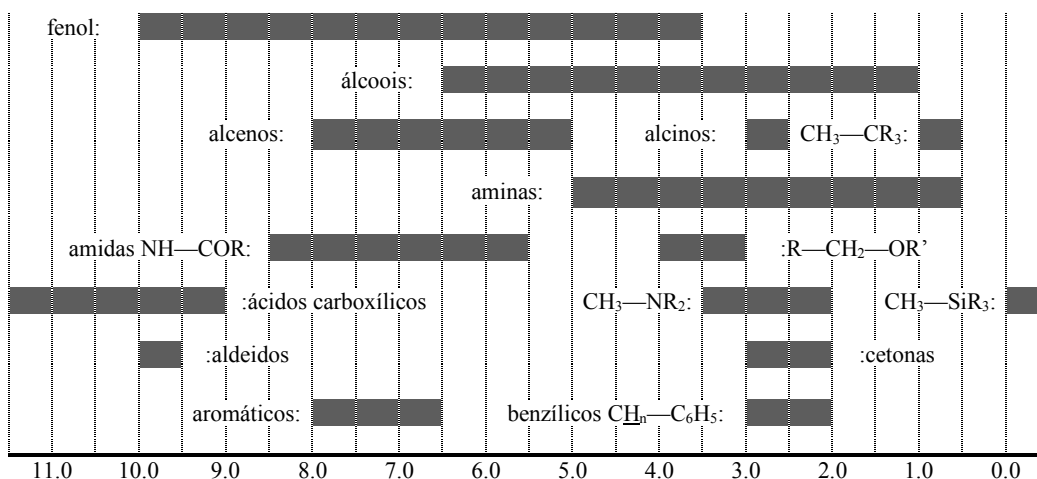
## Exame Teórico

### Constantes físicas e equações

Neste exame, assumimos que as atividades de todas as espécies aquosas são bem aproximadas por sua respectiva concentração em mol L<sup>-1</sup>. Para simplificar ainda mais fórmulas e expressões, a concentração padrão  $c^\circ = 1 \text{ mol L}^{-1}$  é omitida.

#### RMN de <sup>1</sup>H

Deslocamentos químicos do próton (em ppm / TMS)



### Constantes de acoplamento H-H (em Hz)

Tipo de Próton	$ J_{ab} $ (Hz)
$R_2CH_aH_b$	4-20
$R_2H_aC-CH_2H_b$	2-12 se tiver rotação livre: 6-8 ax-ax (ciclo-hexano): 8-12 ax-eq ou eq-eq (ciclo-hexano): 2-5
$R_2H_aC-CH_2-CH_2H_b$	se tiver rotação livre: < 0,1 outro (rígido): 1-8
$RH_aC=CH_b$	cis: 7-12 trans: 12-18
$R_2C=CH_aH_b$	0,5-3
$H_a(CO)-CH_2H_b$	1-3
$RH_aC=CH-CH_2H_b$	0,5-2,5

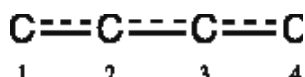
eq = equatorial, ax = axial

### Tabela de espectroscopia de Infravermelho

Modo vibracional	$\sigma$ (cm <sup>-1</sup> )	Intensidade
álcool O—H (estiramento)	3600-3200	forte
ácido carboxílico O—H (estiramento)	3600-2500	forte
N—H (estiramento)	3500-3350	forte
$\equiv C-H$ (estiramento)	3300	forte
$=C-H$ (estiramento)	3100-3000	fraca
C—H (estiramento)	2950-2840	fraca
—(CO)—H (estiramento)	2900-2800	fraca
C $\equiv$ N (estiramento)	2250	forte
C $\equiv$ C (estiramento)	2260-2100	variável
aldeído C=O (estiramento)	1740-1720	forte
anidrido C=O (estiramento)	1840-1800; 1780-1740	fraca; forte
éster C=O (estiramento)	1750-1720	forte
cetona C=O (estiramento)	1745-1715	forte
amida C=O (estiramento)	1700-1500	forte
alceno C=C (estiramento)	1680-1600	fraca
aromático C=C (estiramento)	1600-1400	fraca
CH <sub>2</sub> (deformação angular)	1480-1440	média
CH <sub>3</sub> (deformação angular)	1465-1440; 1390-1365	média
C—O—C (estiramento)	1250-1050	forte
C—OH (estiramento)	1200-1020	forte
NO <sub>2</sub> (estiramento)	1600-1500; 1400-1300	forte

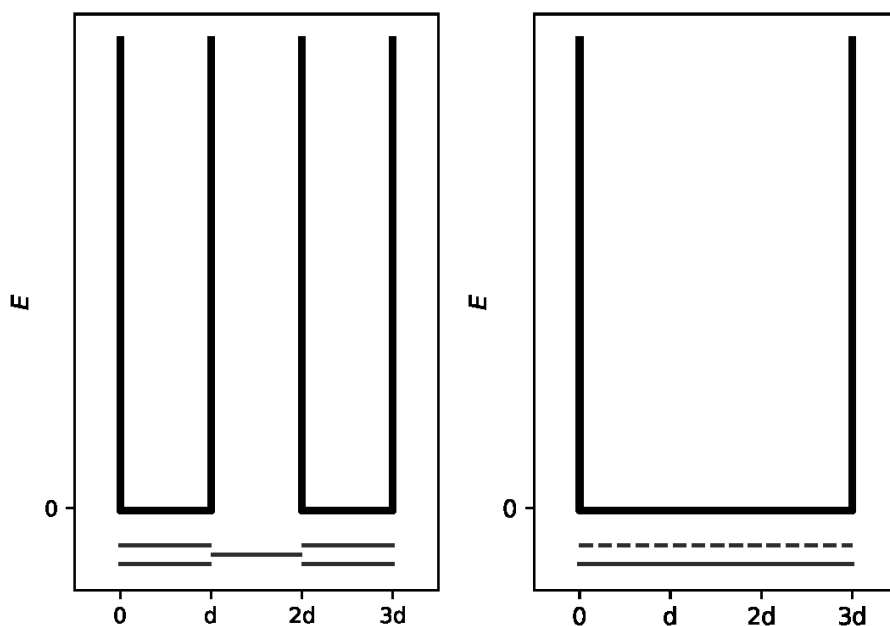
## PROBLEMA T1 | Poço infinito e butadieno

A molécula de buta-1,3-dieno é frequentemente escrita como  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ , com as ligações simples e duplas alternadas. No entanto, sua reatividade química não é consistente com essa descrição sendo melhor descrita por uma distribuição dos elétrons  $\pi$  ao longo das três ligações:



Esse sistema pode ser modelado como uma caixa 1D (i. e. poço infinito) na qual os elétrons estão livres. A energia de um elétron em um poço infinito de comprimento  $L$  é  $E_n = \frac{n^2 h^2}{8m_e L^2}$ , em que  $n$  é um inteiro positivo **diferente de zero**.

- Dois modelos diferentes serão estudados. **Esquematize** pelo menos os três níveis mais baixos de energia,  $E_n$ , **para cada modelo** nos respectivos diagramas, mostrando como os níveis relativos de energia diferem dentro de um mesmo modelo e entre os modelos.



**Modelo 1 (« localizado »):** Os elétrons  $\pi$  estão localizados nas ligações das extremidades da molécula e se distribuem ao longo de dois poços de energia potencial separados de comprimento  $d$ .

**Modelo 2 (« deslocalizado »):** Os elétrons  $\pi$  estão deslocalizados ao longo de toda a molécula e se distribuem em um único poço de potencial infinito de comprimento  $3d$ .

2. **Represente** os elétrons  $\pi$  para o modelo 2 no diagrama anterior correspondente e **expresse** a energia total do sistema  $\pi$  no modelo 2, em função de  $h$ ,  $m_e$ , e  $d$ .

$$E(1) =$$

3. **Represente** os elétrons  $\pi$  para o modelo 2 no diagrama anterior correspondente e **expresse** a energia total do sistema  $\pi$  no modelo 2, em função de  $h$ ,  $m_e$ , e  $d$ .

$$E(1) =$$

A energia de conjugação é a energia total do sistema  $\pi$  real, menos a soma das energias de moléculas de etileno envolvendo o mesmo número de elétrons.

4. **Expresse** a energia de conjugação  $E_c$  do butadieno, em função de  $h$ ,  $m_e$ , e  $d$ .

$$E_c =$$

Os modelos 1 e 2 são muito simplistas. Um novo modelo será detalhado a seguir.

5. **Desenhe** três outras estruturas de ressonância do butadieno usando a notação de Lewis.



Para levar em conta o tamanho dos átomos de carbono, o modelo 2 agora é modificado para o modelo 3 a seguir:

- o novo comprimento do poço é  $L$  e está localizado entre a abscissa 0 e  $L$ ;
- os átomos de carbono estão localizados nas abscissas  $L/8$ ,  $3L/8$ ,  $5L/8$  e  $7L/8$ .

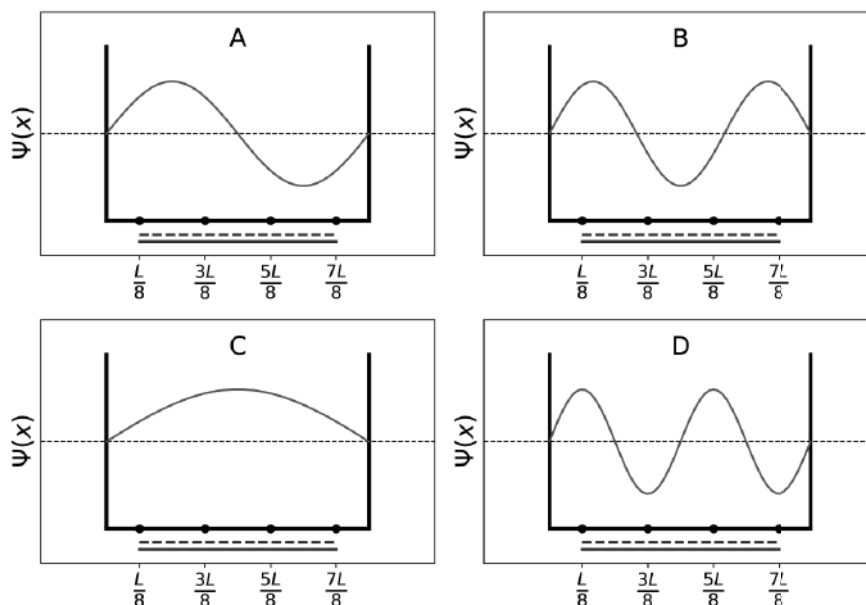
Para cada nível  $n$ , a função de onda dos elétrons  $\pi$  é:

$$\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right)$$

e a densidade dos elétrons  $\pi$  para um sistema com  $N$  elétrons  $\pi$  é:

$$\rho(x) = 2 \sum_{i=1}^{N/2} |\psi_i(x)|^2$$

Os gráficos das quatro funções de onda relativas aos elétrons  $\pi$ , que correspondem aos orbitais moleculares do sistema  $\pi$ , são mostrados abaixo (**ordem arbitrária**).

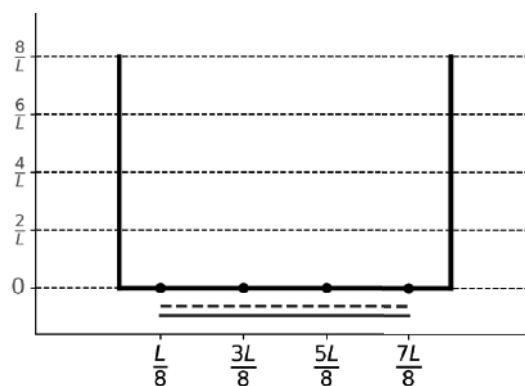


6. **Ordene** as energias das quatro funções de onda relativas aos elétrons  $\pi$ . (EA, EB, EC, ED).

< < <

7. **Escreva abaixo** as letras correspondentes (A, B, C ou D) aos orbitais que estão preenchidos com elétrons no butadieno.
8. De acordo com modelo 3, **apresente** os valores das funções de onda  $\psi_n$  relativas aos elétrons  $\pi$ , para os níveis ocupados, nas posições 0,  $L/4$ , e  $L/2$ , para  $n = 1$  e  $n = 2$ .
9. De acordo com o modelo 3, apresente o valor da densidade de elétrons  $\pi$  nas posições 0,  $L/4$ , e  $L/2$ .

1. **Desenhe** o gráfico da densidade de elétrons  $\pi$  entre 0 e  $L$ .



2. **Ordene** as seguintes ligações CC (B1, B2, ..., B5) em ordem crescente de comprimento, usando os símbolos = ou <:

B1: C1C2 na molécula de butadieno

B2 : C2C3 na molécula de butadieno

B3 : C3C4 na molécula de butadieno

B4 : CC na molécula de etano

B5 : CC na molécula de eteno

Problema	Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
T2 7%	Pontos	1	4	2	3	3	6	4	1	8	2	34
	Nota											

### PROBLEMA T2 | Produção de hidrogênio pela decomposição da água

Dados:

Composto	H <sub>2</sub> (g)	H <sub>2</sub> O(l)	H <sub>2</sub> O(g)	O <sub>2</sub> (g)
$\Delta_f H^\circ$ (kJ mol <sup>-1</sup> )	0	-285,8	-241,8	0
$S_m^\circ$ (J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	130,6	69,9	188,7	205,2

Hidrogênio molecular (H<sub>2</sub>) pode ser usado como uma alternativa a combustíveis emissores de dióxido de carbono. Portanto, baixar o custo e o impacto ambiental da produção de H<sub>2</sub> é um grande desafio. Nesse campo de pesquisa, a decomposição da água é uma candidata promissora a tecnologia a ser utilizada.

1. **Escreva abaixo** a equação balanceada da reação de decomposição da água líquida usando o coeficiente estequiométrico 1 para a água.
3. Usando apenas os dados termodinâmicos fornecidos, **justifique numericamente** se essa reação é termodinamicamente favorável a 298 K.

Reação termodinamicamente favorável?

☐ Sim

☐ Não



A decomposição da água pode ser realizada eletroquimicamente usando dois eletrodos em um banho contendo água acidificada, conectados a um gerador (Fig. 1). Bolhas de gás são formadas em ambos os eletrodos.

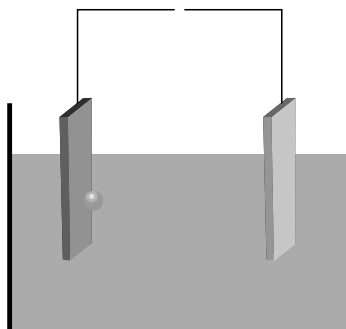


Fig. 1 – Célula eletroquímica de decomposição da água.

3. **Escreva abaixo** as meias-reações eletroquímicas líquidas balanceadas que ocorrem em cada eletrodo.
4. Usando apenas os dados termodinâmicos fornecidos (ou questão 2) **determine** a relação entre a voltagem que deve ser aplicada entre os eletrodos,  $\Delta E_{\text{applied}}$ , e o valor teórico,  $\Delta E_{\text{th}}$ , (a ser calculado), para que o processo seja termodinamicamente favorável a 298 K, com todos os reagentes e produtos em seus estados padrão. **Marque** a relação correta e **apresente** o valor numérico com 3 casas decimais.

Cálculo

- ☐  $\Delta E_{\text{applied}} = \Delta E_{\text{th}}$   
☐  $\Delta E_{\text{applied}} > \Delta E_{\text{th}}$        $\Delta E_{\text{th}} = \dots\dots$  V (dê o resultado com 3 casas decimais)  
☐  $\Delta E_{\text{applied}} < \Delta E_{\text{th}}$

*Se você não conseguiu calcular  $\Delta E_{\text{th}}$ , o valor 1,200 V pode ser usado no restante do problema.*

Experimentalmente, uma voltagem maior é necessária para observar a decomposição da água. Para um dado cátodo de Pt, a voltagem mínima necessária para observar a decomposição da água,  $\Delta E_{\text{min}}$ , depende da natureza do ânodo, como mostrado na tabela abaixo:

Ânodo	$\Delta E_{\text{min}}$ (V)
$\text{IrO}_x$	1,6
$\text{NiO}_x$	1,7
$\text{CoO}_x$	1,7
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1,9

A diferença entre  $\Delta E_{min}$  e  $\Delta E_{th}$  é responsável por perdas de eficiência no dispositivo.

5. Apresente a expressão da eficiência de potência do dispositivo  $\eta_{elec}$  (fração da potência usada para a decomposição da água) como função de  $\Delta E_{th}$  e  $\Delta E_{min}$ . Considerando um valor de corrente  $I$  idêntico, calcule a eficiência de potência da eletrólise da água quando um cátodo de Pt e um ânodo de  $Fe_2O_3$  são usados. Indique qual o ânodo mais eficiente.

Eficiência de potência quando um eletrodo de Pt e um de  $Fe_2O_3$  são usados:

Ânodo mais eficiente:

*Se você não conseguiu calcular  $\eta_{elec}$ , o valor  $\eta_{elec} = 75\%$  pode ser usado no restante do problema.*

Uma alternativa à eletrólise da água é a decomposição fotocatalítica da água. Ela usa um semicondutor que pode ser ativado pela absorção de luz.

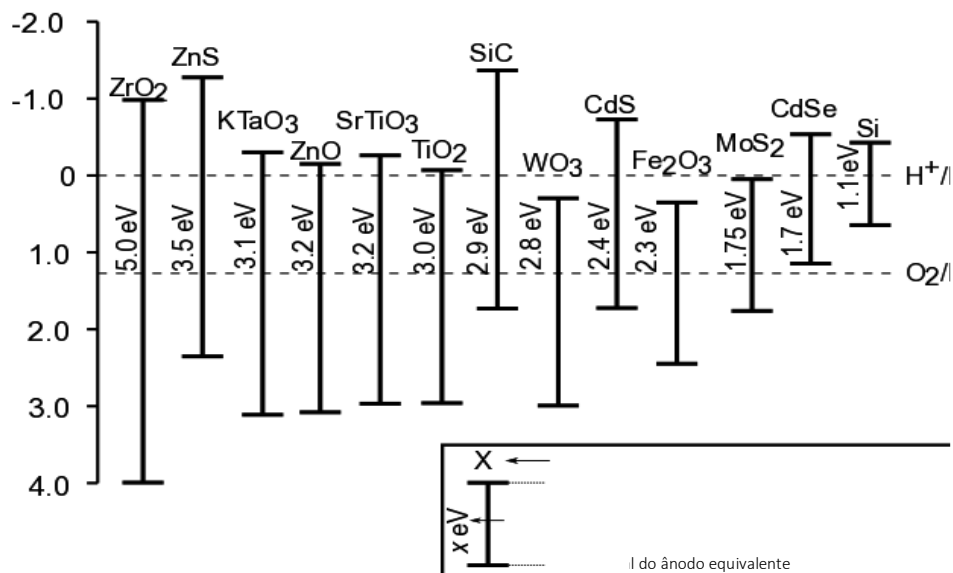


Fig. 2 – Condição de ativação e potenciais de eletrodo equivalentes de diferentes semicondutores. As linhas tracejadas correspondem aos potenciais de oxidação e redução da água. SHE = Eletrodo Padrão de Hidrogênio (do inglês, Standard Hydrogen Electrode)

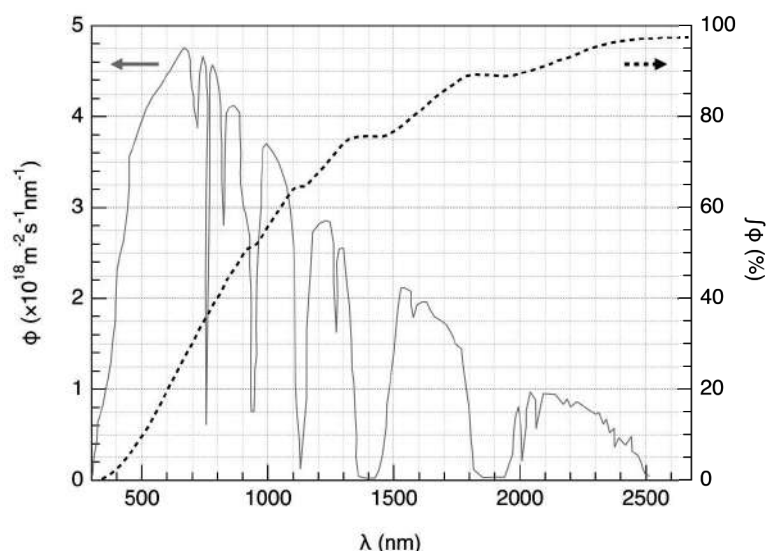


Fig. 3 – Eixo esquerdo: Distribuição espectral do fluxo de fótons solares,  $\phi$ . O fluxo de fótons é o número de fótons por unidade de área por unidade de tempo que chegam ao semicondutor. Eixo direito e linha tracejada: Fluxo de fótons acumulado (i.e. fração do fluxo de fótons com menor comprimento de onda).

6. Estime a fração do fluxo solar de fótons que pode ativar os seguintes semicondutores:  $\text{TiO}_2$ , CdS, Si. Mostre explicitamente as equações e unidades usadas nos cálculos.

	Fração aproximada
$\text{TiO}_2$	%
CdS	%
Si	%

A ativação do semicondutor resulta em uma modificação dos potenciais da superfície, de modo que ele pode ser visto como dois eletrodos de potenciais diferentes.

7. Usando os dados da Fig. 2, selecione na lista seguinte o(s) semicondutor(es) que, uma vez ativado(s), pode(m) desempenhar ambos os papéis de ânodo e cátodo para a reação de decomposição da água.

<input type="checkbox"/> ZrO <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> ZnO	<input type="checkbox"/> TiO <sub>2</sub>	<input type="checkbox"/> WO <sub>3</sub>
<input type="checkbox"/> CdS	<input type="checkbox"/> Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<input type="checkbox"/> CdSe	<input type="checkbox"/> Si

8. Indique o semicondutor que, usado desempenhando ambos os papéis de cátodo e ânodo, espera-se que seja o mais eficiente para a decomposição da água sob um determinado brilho solar.

A evolução da formação de H<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> quando um semicondutor é irradiado por luz solar simulada a  $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $p_{atm}$  foi estudada recentemente. Usando uma luz incidente de potência  $P = 1,0\text{ kW m}^{-2}$  e um fotoeletrodo com uma superfície  $S = 16\text{ mm}^2$ , a produção de  $V = 0,37\text{ cm}^3$  de H<sub>2</sub>(g) foi medida depois de  $\Delta t = 1$  hora de reação.

4. **Calcule** a eficiência de potência,  $\eta_{direct}$ , da conversão.

$\eta_{direct} =$ <span style="float: right;">%</span>
<i>Se você não conseguir calcular <math>\eta_{direct}</math>, o valor <math>\eta_{direct} = 10\%</math> pode ser usado no restante do problema.</i>

Dois modos de converter energia solar em hidrogênio podem então ser comparados: fotocatalise direta e foto-eletrólise indireta combinando um painel fotovoltaico com um eletrolisador. A eficiência dos painéis fotovoltaicos existentes no mercado é cerca de  $\eta_{panels} = 20\%$ .

5. **Compare** as eficiências de potência dos dois modos,  $\eta_{direct}$  e  $\eta_{indirect}$ , usando eletrodos de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Pt na eletrólise.

$\eta_{direct} =$ <span style="float: right;">%</span>
<i>Se você não conseguir calcular <math>\eta_{direct}</math>, o valor <math>\eta_{direct} = 10\%</math> pode ser usado no restante do problema.</i>

Problema	Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
T3 5%	Pontos	1	3	3	3	4	2	7	2	2	3	4	6	40
	Nota													

---

## PROBLEMA T3 | Sobre o cloreto de prata

---

### Dados a 298 K:

$pK_{s1}(\text{AgCl}) = 9,7$ ;  $pK_{s2}(\text{Ag}_2\text{CrO}_4) = 12$

Constante de formação do complexo  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_n]^+$ :  $\beta_n = 107,2$

Potenciais padrão em relação ao eletrodo de hidrogênio:

Potencial padrão de  $\text{Ag}^+/\text{Ag(s)}$ :  $E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag(s)}) = 0,80 \text{ V}$

Potencial aparente de  $\text{O}_2(\text{aq})/\text{HO}^-(\text{aq})$  (na água do mar):  $E'(\text{O}_2(\text{aq})/\text{HO}^-(\text{aq})) = 0,75 \text{ V}$

### Parte A: Citações de uma aula de química de Louis Joseph Gay-Lussac

As citações a seguir de uma aula de química de Louis Joseph Gay-Lussac (químico e físico francês, 1778–1850) tratam de algumas propriedades do cloreto de prata.

**Citação A:** “Falarei sobre o cloreto de prata, um sólido branco leitoso. Ele é facilmente obtido despejando-se ácido clorídrico em uma solução aquosa de nitrato de prata.”

**Citação B:** “Esse sal não tem sabor algum, já que ele é insolúvel.”

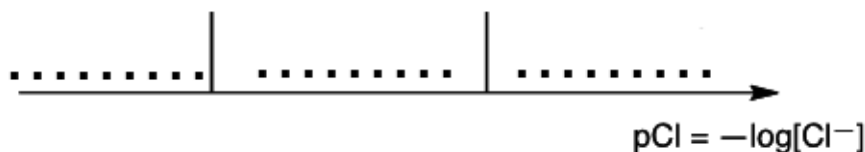
**Citação C:** “Esse composto é completamente insolúvel em álcool e até mesmo em ácidos, exceto em ácido clorídrico concentrado, que o dissolve completamente.”

**Citação D:** “Por outro lado, cloreto de prata é completamente solúvel em uma solução aquosa de amônia.”

**Citação E:** “Logo, podemos fazer o cloreto de prata aparecer novamente adicionando-se um ácido que reage com amônia.”

**Citação F:** “Se você usar uma tigela feita de prata para evaporar água salgada do mar, você terá cloreto de sódio impuro misturado com um sólido branco leitoso.”

1. **Citação A:** Escreva a equação química balanceada da síntese do  $\text{AgCl(s)}$ .
6. **Citação B:** Calcule a solubilidade do  $\text{AgCl(s)}$  em água a 298 K em  $\text{mol L}^{-1}$ .
7. **Citação C:** Em uma solução muito concentrada de íons cloreto, um complexo bem definido de estequiometria 1:2 é formado. No eixo qualitativo a seguir (no qual  $p\text{Cl}$  aumenta da esquerda para a direita), **indique em cada um dos três espaços a espécie que contém prata que é predominante (ou que existe, no caso de sólidos).** Valores de  $p\text{Cl}$ , não são esperados nas fronteiras.



**Citação D:** Quando amônia é adicionada a cloreto de prata, um complexo bem definido de estequiometria  $n$  é formado.

8. **Escreva** a equação balanceada correspondente à síntese do complexo  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_n]^+$  a partir de cloreto de prata e **calcule** a constante de equilíbrio correspondente.

*Se você não conseguir calcular  $K$ , o seguinte valor pode ser usado no restante do problema:  $K = 10^{-3}$*

9. Amônia é adicionada a 0,1 mol de cloreto de prata em 1 L de água até que o último grão de sólido desapareça. Nesse momento,  $[\text{NH}_3] = 1,78 \text{ mol L}^{-1}$ . **Determine** a estequiometria do complexo desprezando efeitos de diluição.

10. **Escreva** a equação química balanceada correspondente à **citação E**.

11. Considerando que a água do mar é levemente básica e rica em gás oxigênio, e que a prata metálica pode reduzir o gás oxigênio em tais condições, **escreva** uma equação química balanceada correspondente à formação do sólido mencionado na **citação F**. Um coeficiente estequiométrico igual a 1 deve ser escolhido para o gás oxigênio. **Calcule** a constante de equilíbrio para essa reação a 298 K.

### Parte B: O método Mohr

O método Mohr é baseado na titulação colorimétrica do  $\text{Cl}^-$  por  $\text{Ag}^+$  na presença de cromato de potássio ( $2\text{K}^+$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$ ). Três gotas ( $\sim 0,5 \text{ mL}$ ) de uma solução de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  cuja concentração é cerca de  $7,76 \cdot 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$  são adicionadas a  $V_0 = 20,00 \text{ mL}$  de uma solução de cloreto de sódio de concentração desconhecida  $\text{CCl}$ . Essa solução é então titulada por nitrato de prata ( $\text{Ag}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) de concentração  $\text{CAg} = 0,050 \text{ mol L}^{-1}$ , que imediatamente resulta na formação do sólido A. Um precipitado vermelho (sólido B) aparece quando  $V_{\text{Ag}} = 4,30 \text{ mL}$ .

12. **Escreva** as equações balanceadas das duas reações que ocorrem durante o experimento. **Calcule** as constantes de equilíbrio correspondentes a essas reações.

13. **Identifique** os sólidos.
14. **Calcule** a concentração desconhecida,  $C_{Cl}$ , de íons cloreto na solução de cloreto de sódio.  
*Se você não conseguir calcular  $C_{Cl}$ , o valor  $C_{Cl} = 0,010 \text{ mol L}^{-1}$  pode ser usado no restante do problema.*
15. **Calcule** o volume mínimo  $V_{Ag}$  (min) necessário para que  $AgCl(s)$  precipite.
16. **Calcule** a concentração residual  $[Cl^-]$ res de íons cloreto quando a prata começa a precipitar. **Justifique** porque  $CrO_4^{2-}$  é um bom indicador para o ponto final da titulação comparando matematicamente os dois valores.

Problema	Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
T4 7%	Pontos	6	9	8	5	6	2	2	12	50
	Nota									

#### PROBLEMA T4 | Da pólvora à descoberta do iodo

No século 19, o empreendedor francês B. Courtois, se especializou na produção do nitrato **A** ( $M_{A(NO_3)_m}$ ), usado na pólvora. Inicialmente importado da Ásia, **A** posteriormente passou a ser produzido a partir do nitrato **B** ( $MB(NO_3)_n$ ) usando uma reação de troca com o composto **C**, obtido a partir de algas.

1. **Determine** as fórmulas dos nitratos **A** e **B** sabendo que eles são sais anidros de metais alcalino e alcalino-terroso ( $M_{A \text{ e } MB}$ ). Um dos nitratos contém menos de 1 % em massa de impurezas não metálicas enquanto que o outro contém entre  $9 \pm 3$  % em massa de impurezas. O conteúdo dos metais **MA** e **MB** nas amostras é 38,4 % e 22,4 % em massa de metal, respectivamente. **Comprove** sua resposta com cálculos.

Para obter **A**, 262,2 g do composto sólido **C** foram adicionados a uma solução contendo 442,8 g de **B**. Sabe-se que **B** está em excesso. Como resultado, 190,0 g de um precipitado branco **D** foram formados e removidos da solução por filtração. O filtrado foi evaporado e a mistura sólida obtida, **E**, foi aquecida até que a massa da amostra (contendo apenas nitritos,  $NO_2^-$ ) se mantivesse constante. O único produto gasoso foi o gás oxigênio: 60,48 L a  $0^\circ C$  e 1 atm. (o gás oxigênio pode ser considerado como um gás ideal)

17. **Calcule** a composição (% em massa) da mistura **E** considerando que ela con-

têm apenas os compostos **A** e **B** e nenhuma outra impureza, e que a amostra **C** utilizada era pura e em sua forma anidra.

18. **Determine** as fórmulas dos compostos **C** e **D** e **escreva** a equação da reação balanceada entre **B** e **C**.

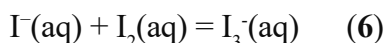
### Reação entre **B** e **C**:

Em 1811, quando trabalhou com cinzas de algas, Courtois observou que recipientes de cobre se desgastaram mais rapidamente que o normal. Enquanto ele estava estudando esse fenômeno, seu gato entrou no laboratório e derrubou uma solução de ácido sulfúrico concentrado nas cinzas de algas secas: vapores violetas instantaneamente saíram do recipiente (**1**, ácido sulfúrico é o agente oxidante): o iodo ( $I_2$ ) acabava de ser descoberto! O iodo foi a causa da corrosão do cobre (**2**). No entanto, devido às aplicações medicinais do iodo, Courtois abriu uma nova fábrica para produzi-lo a partir da reação de algas com cloro (**3**).

Hoje em dia, o iodo é preparado a partir do conjunto de reagentes ( $NO_3^-$ ,  $I^-$ ,  $H^+$ ) (**4**) ou ( $IO_3^-$ ,  $I^-$ ,  $H^+$ ) (**5**).

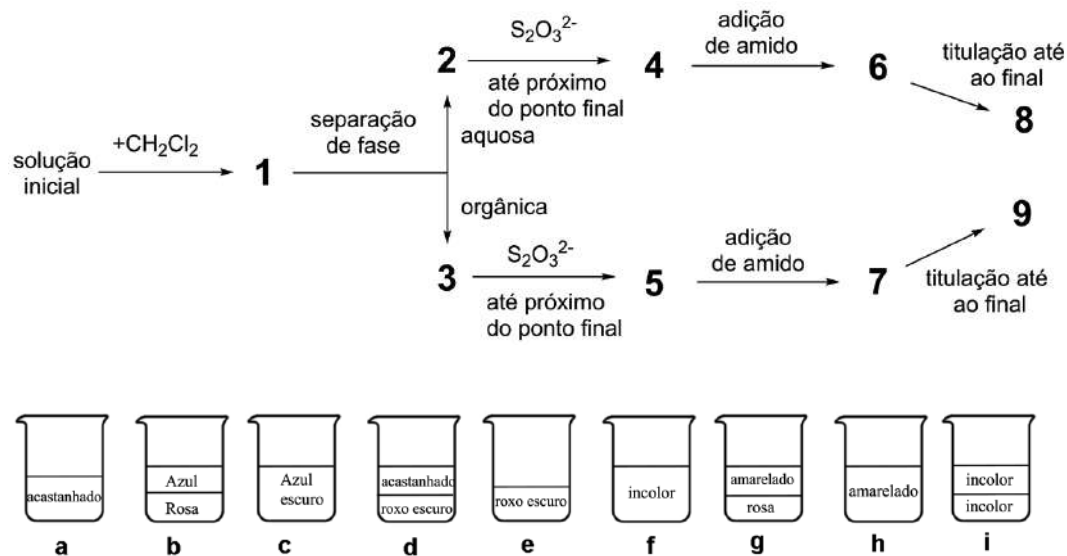
19. **Escreva** as equações balanceadas para as reações de 1 a 5.

A solubilidade do iodo em água é muito baixa, mas aumenta significativamente quando íons iodeto são adicionados. Juntos eles formam íons tais como o triiodeto,  $I_3^-$ :



O equilíbrio 6 pode ser estudado por meio da extração de  $I_2$  com diclorometano. Na verdade,  $I^-$  e  $I_3^-$  não se dissolvem em solventes orgânicos, mas o  $I_2$  se dissolve e, quando extraído, ele está 15 vezes mais concentrado no diclorometano que na água. O seguinte experimento foi realizado. Para preparar a solução inicial, alguns poucos cristais de iodo sólido foram dissolvidos em 50,0 mL de uma solução aquosa de iodeto de potássio (0,1112 g). Em seguida, 50,0 mL de diclorometano foram adicionados, e a mistura foi agitada vigorosamente até que ficasse em equilíbrio. Depois da separação de fases, cada fase foi titulada por 16,20 mL (fase orgânica) e por 8,00 mL (fase aquosa) de solução aquosa padrão de tiosulfato de sódio pentahidratado (14,9080 g em 1,000 L de solução) na presença de amido. O processo é representado esquematicamente a seguir:





20. **Encontre** a correspondência entre os estágios no esquema (1–9) e as figuras esquemáticas que os representam (a–i).

Estágios	Figura
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

21. **Escreva** equações balanceadas para as duas reações químicas possíveis na fase aquosa durante a titulação envolvendo as espécies de iodo e o tiossulfato de sódio.

1. **Calcule** a massa de iodo usada para preparar a solução inicial.
22. **Calcule** a constante de equilíbrio  $K^\circ$  para a reação em equilíbrio (6).

Problema	Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
<b>T5</b>	Pontos	3	4	4	2	5	5	4	3	5	2	2	2	41
<b>8%</b>	Nota													

### PROBLEMA T5 | Complexos Azobenzeno - $\beta$ -ciclodextrina para a formação de nanomáquinas

As nanomáquinas são conjuntos moleculares que permitem a transformação de uma fonte de energia em um nano-movimento para aplicações como o transporte de fármacos. Várias nanomáquinas fazem uso da isomerização de compostos azo ( $R - N = N - R'$ ) após irradiação.

1. **Desenhe** os estereoisômeros do azobenzeno ( $H_{5C6} - N = N - C_6H_5$ ) e desenhe uma linha ligando os dois átomos de carbono que estão mais afastados. Compare essas duas distâncias (dtrans e dcis).

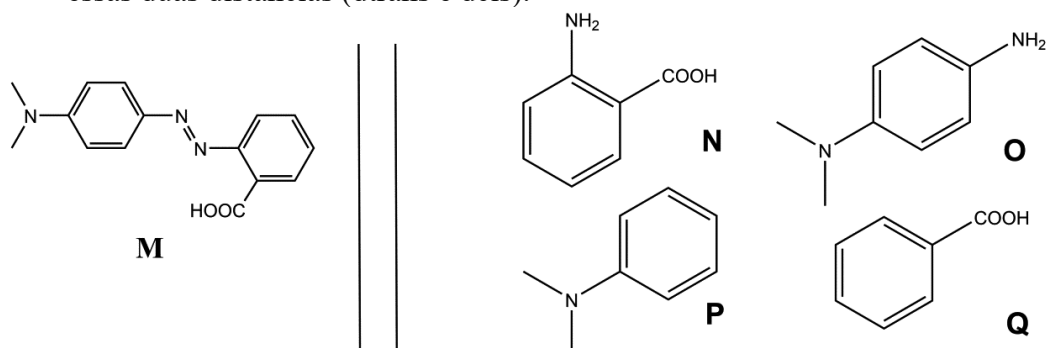


Fig. 1 – Possíveis reagentes para a síntese de **M**.

23. **M** pode ser sintetizado em duas etapas a partir de reagentes simples (Fig. 1). **Escolha** entre os reagentes sugeridos (N a Q), aqueles que podem fornecer **M** com regiosseletividade muito alta. O nitrito de sódio ( $NaNO_2$ ) em ácido clorídrico aquoso frio é utilizado como reagente para o primeiro passo da síntese.

### Determinação da constante de associação $K_i$

A  $\beta$ -ciclodextrina (C, Fig. 2) é um heptâmero cíclico de glicose, que pode formar complexos de inclusão com compostos azo. Nos itens 3 a 6, determinaremos por

espectroscopia a constante de associação  $K_t$ , correspondente à formação do complexo de inclusão CMtrans, conforme representado na Fig. 2.

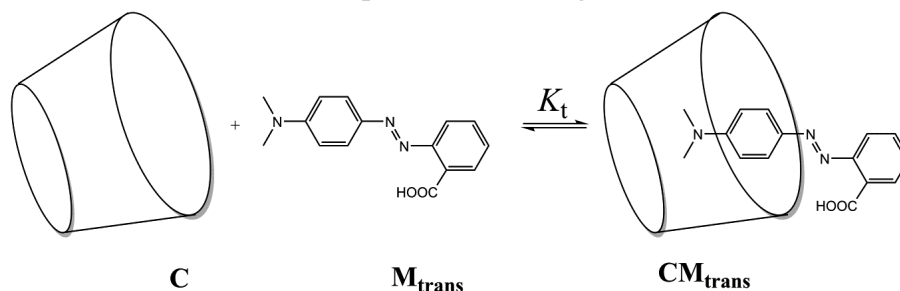


Fig. 2 – Formação de complexos de inclusão **CM<sub>trans</sub>**.

Várias soluções são preparadas pela mistura de C e M<sub>trans</sub> em diferentes proporções para atingir as concentrações iniciais  $[C]_0$  e  $[M_{trans}]_0$ . Enquanto  $[M_{trans}]_0$  é idêntico para todas as soluções,  $[C]_0$  varia. Seguimos, em um comprimento de onda fixo, a evolução da diferença de absorvância  $\Delta A$  entre a absorvância de cada solução e a solução pura de Mtrans. Anotou-se os coeficientes de absorção molar de **CMtrans** e **Mtrans**,  $\epsilon_{CMtrans}$  e  $\epsilon_{Mtrans}$ , respectivamente. L é o comprimento do caminho ótico do feixe através da amostra. A absorvância de C ( $\epsilon_C$ ) é insignificante.

24. **Demonstre** que  $\Delta A = \alpha \cdot [CMtrans]$  e **expresse**  $\alpha$  em termos de constante(s) conhecida(s).
25. **Demonstre** que, quando **C** está em grande excesso com relação a **M<sub>trans</sub>** (i.e.  $[C]_0 \gg [M_{trans}]_0$ ), a concentração de **C** pode ser considerada como constante,  $[C] \simeq [C]_0$ .
26. **Demonstre** que, quando **C** está em grande excesso com relação a **Mtrans** (i.e.  $[C]_0 \gg [M_{trans}]_0$ ), e **expresse**  $\beta$  em termos de constante (s) e concentração(ções) inicial.
27. **Determine**  $K_t$  usando a seguinte curva experimental (Fig. 3).

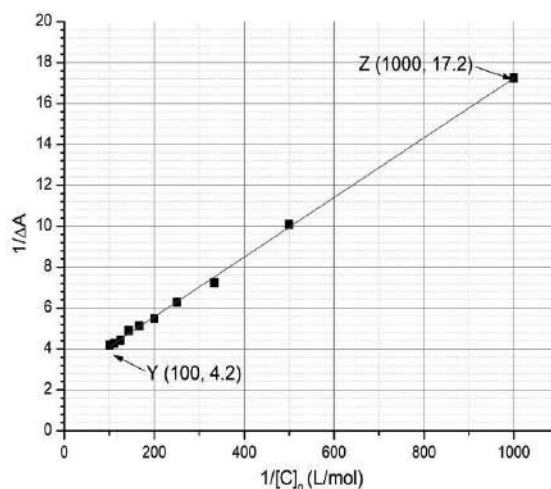


Fig. 3 – Evolução de  $1/\Delta A$  como uma função de  $1/[C]_0$ .

Cálculos:

### Determinação da constante de associação $K_c$

Nos itens de 7 a 9, determinaremos por estudos cinéticos a constante de associação  $K_c$ , correspondente à formação do complexo de inclusão com  $M_{cis, CM_{cis}}$ . Uma amostra que contém apenas  $M_{trans}$  é irradiada, produzindo assim uma quantidade conhecida de  $M_{cis}$ ,  $[M_{cis}]_0$ . Então,  $M_{cis}$  (livre ou dentro do complexo de inclusão) isomeriza termicamente em  $M_{trans}$ . Na ausência de  $C$ , a isomerização segue uma cinética de primeira ordem com uma constante de velocidade  $k_1$ . Todos os equilíbrios de complexação são mais rápidos que os processos de isomerização. O esquema cinético correspondente a esta experiência é fornecido na Fig. 4.

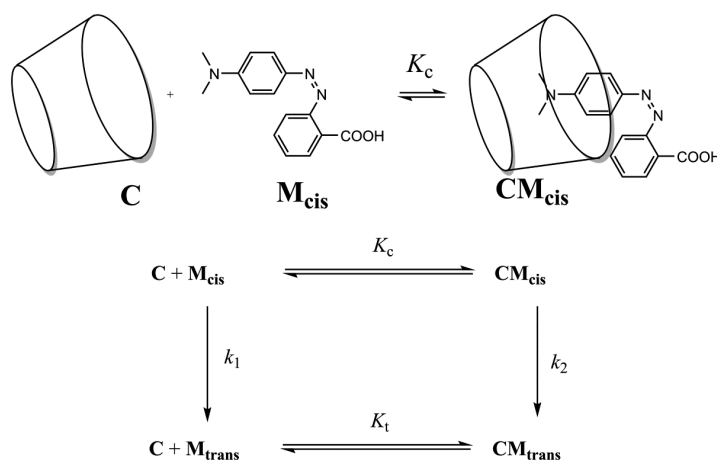


Fig. 4 – Esquema cinético para isomerização de  $M_{cis}$  na presença de  $C$ .

A taxa de desaparecimento  $r$  para a quantidade total de  $M_{cis}$  (livre e complexada) é definida como

$$r = k_1[M_{cis}] + k_2[CM_{cis}]$$

Experimentalmente,  $r$  segue uma aparente lei cinética de primeira ordem com uma constante de taxa aparente  $k_{obs}$ :

$$r = k_{obs}([M_{cis}] + [CM_{cis}])$$

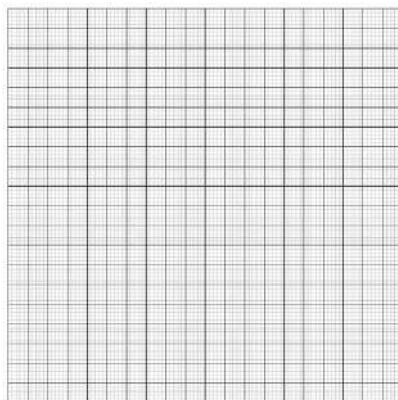
28. **Demonstre** que  $\gamma$  e  $\delta$  em termos de constantes(s) conhecida(s).

29. **Escolha** em que condição(ões) a meia-vida  $t_{1/2}$  correspondente a  $k_{obs}$  pode ser expressa como dado que  $[C]_0 \gg [M_{cis}]_0$ . **Justifique** matematicamente sua resposta.

- ☐ Isomerização muito lenta de  $M_{cis}$  dentro da ciclodextrina
- ☐ Isomerização muito lenta de  $M_{cis}$  livre.
- ☐  $CM_{cis}$  muito estável
- ☐  $CM_{trans}$  muito estável

30. Assumindo a(s) condição(ões) satisfeitas no item 8, **determine**  $K_c$  por regressão linear usando os dados abaixo. Você pode usar a calculadora ou traçar um gráfico.

$[C]_0$ (mol L <sup>-1</sup> )	$t_{1/2}$ (s)	$[C]_0$ (mol L <sup>-1</sup> )	$t_{1/2}$ (s)
0	3,0	$3,0 \cdot 10^{-3}$	5,9
$1,0 \cdot 10^{-4}$	3,2	$5,0 \cdot 10^{-3}$	7,7
$5,0 \cdot 10^{-4}$	3,6	$7,5 \cdot 10^{-3}$	9,9
$1,0 \cdot 10^{-3}$	4,1	$1,0 \cdot 10^{-2}$	12,6



### Formação de nanomáquinas

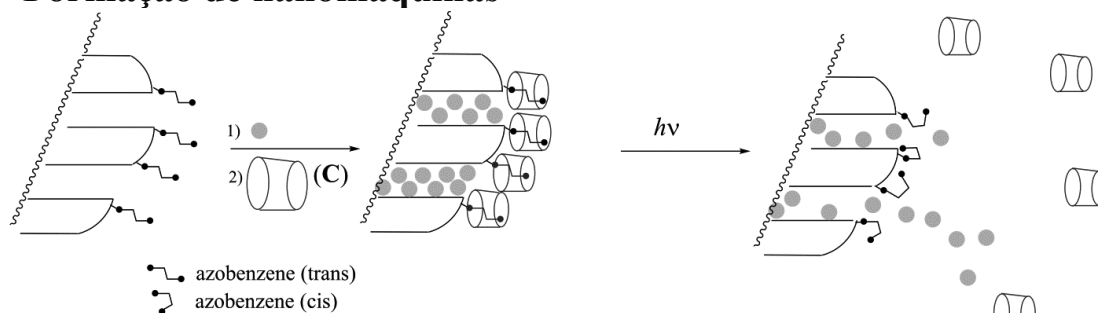


Fig. 5 – Clivagem de um complexo de inclusão de azobenzeno–ciclodextrina induzido por uma isomerização acionada por luz, que permite a liberação de um corante (esfera cinza).

Outro composto de azobenzeno (para o qual  $K_c \ll K_t$ ), inicialmente na forma trans, é covalentemente enxertado em sílica (Fig. 5). Os poros de sílica são preenchidos com um corante (rodamina B, círculos cinzentos na Fig. 5). Após a adição de C, forma-se um complexo de inclusão que bloqueia os poros e impede a liberação do corante.

31. **Escolha** a condição mais apropriada (apenas uma escolha) para que os poros sejam inicialmente bloqueados na presença de C, e o corante possa ser liberado após a irradiação.

- ☐  $K_t \gg 1$
- ☐  $K_t \gg 1$  e  $K_c \ll 1$
- ☐  $K_t / K_c \ll 1$
- ☐  $K_t \gg 1$  e  $K_c \gg 1$
- ☐  $K_c \ll 1$

Este pó de azobenzeno-sílica carregado com um corante é colocado no canto de uma cubeta (Fig. 6) de modo que esse pó não pode mover-se para a solução. O pó é irradiado em um comprimento de onda  $\lambda_1$  para acionar a liberação do corante dos poros (Fig. 5). Para monitorar essa liberação por espectroscopia de absorvância, medimos a absorvância da solução no comprimento de onda  $\lambda_2$ .

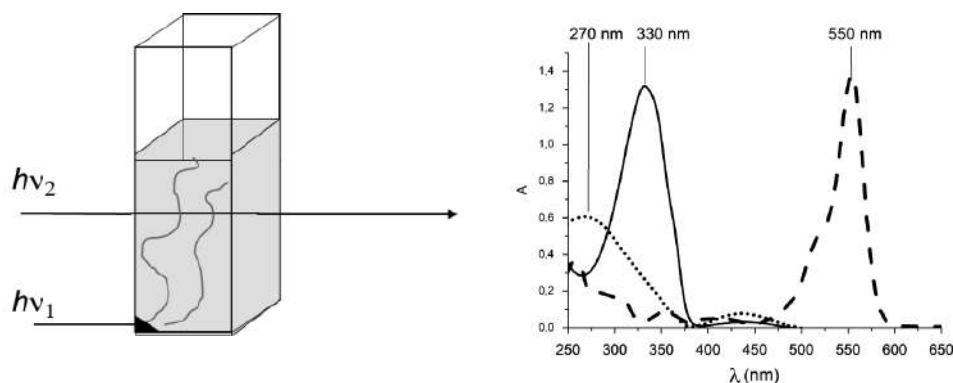


Fig. 6 – Esquerda: configuração experimental usada para monitorar a liberação do corante; à direita: espectros de absorção de trans-azobenzeno (linha contínua), cis-azobenzeno (linha pontilhada) e rodamina B (linha tracejada).

32. Determine  $\lambda_1$ .

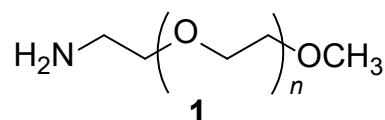
33. Determine  $\lambda_2$ .

Problema	Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
T6 8%	Pontos	4	4	5	3	10	2	9	6	5	48
	Nota										

## PROBLEMA T6 | Caracterização de um copolímero em bloco

Os copolímeros em bloco, obtidos pela ligação de diferentes polímeros (blocos), possuem propriedades únicas, como a capacidade de se auto-montar. Neste problema, a síntese e caracterização de tais macromoléculas são estudadas.

### Estudo do primeiro bloco



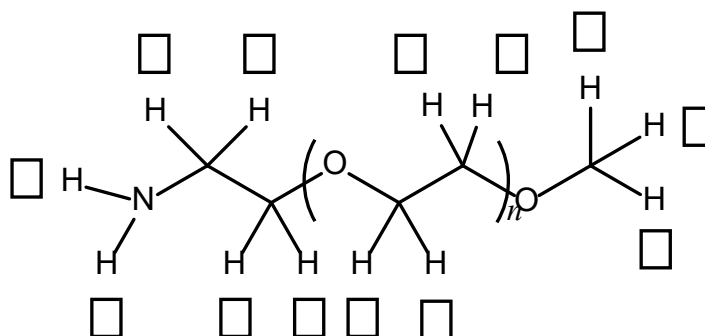
Nesta primeira parte, vamos estudar o homopolímero **1** solúvel em água ( $\alpha$ -metoxi- $\omega$ -aminopoli(etilenoglicol)).

O espectro de RMN  $^1\text{H}$  de **1** ( $\text{DMSO-}d_6$ , 60 °C, 500 MHz) contém os seguintes sinais:

Sinal	$\delta$ (ppm)	Área do pico
a	2,7*	0,6
b	3,3	0,9
c	3,4	0,6
d	$\sim 3,5$	133,7

Tabela 1, \*na presença de  $D_{2O}$ , o sinal em 2,7 ppm desaparece.

1. **Associe** os sinais de RMN  $^1\text{H}$  (a, b, c, d) da Tabela 1 aos correspondentes prótons.



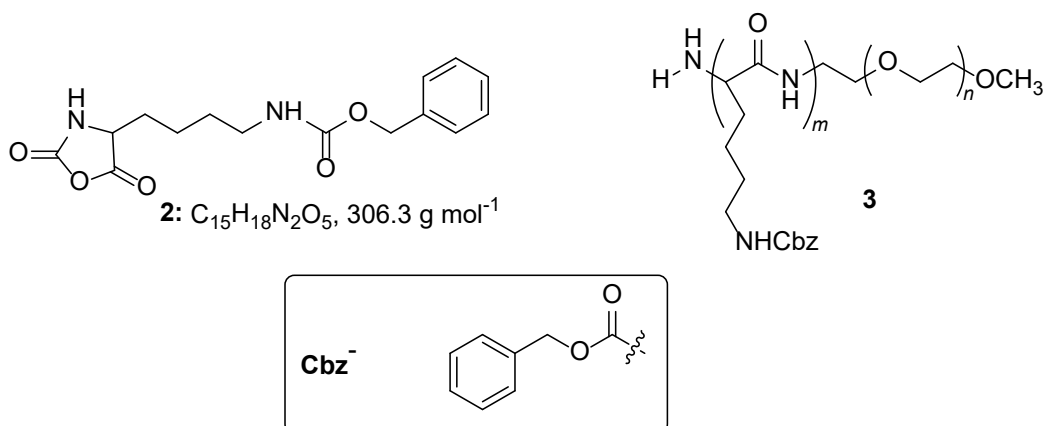
34. **Expresse** o grau médio de polimerização  $n$  em função da área  $A_{O-C_2H_4}$  do pico de RMN da unidade de repetição e da área  $A_{OCH_3}$  do pico de RMN do grupo terminal metoxil. **Calcule**  $n$ .

*Se você não conseguiu calcular  $n$ , o valor de  $n = 100$  pode ser usado no restante do problema.*

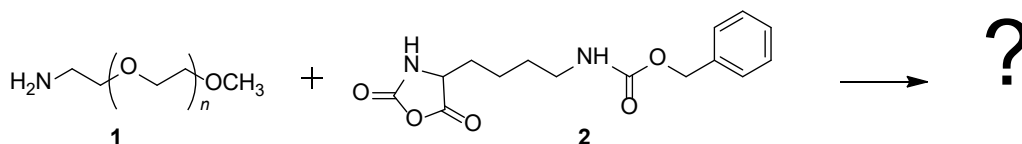
### Estudo de um copolímero-dibloco

A síntese do segundo bloco do copolímero é realizada através da reação de **1** com **2** ( $\epsilon$ -(benziloxycarbonil)-lisina  $N$ -carboxianhidrido). Isto produz o copolímero em bloco **3**.

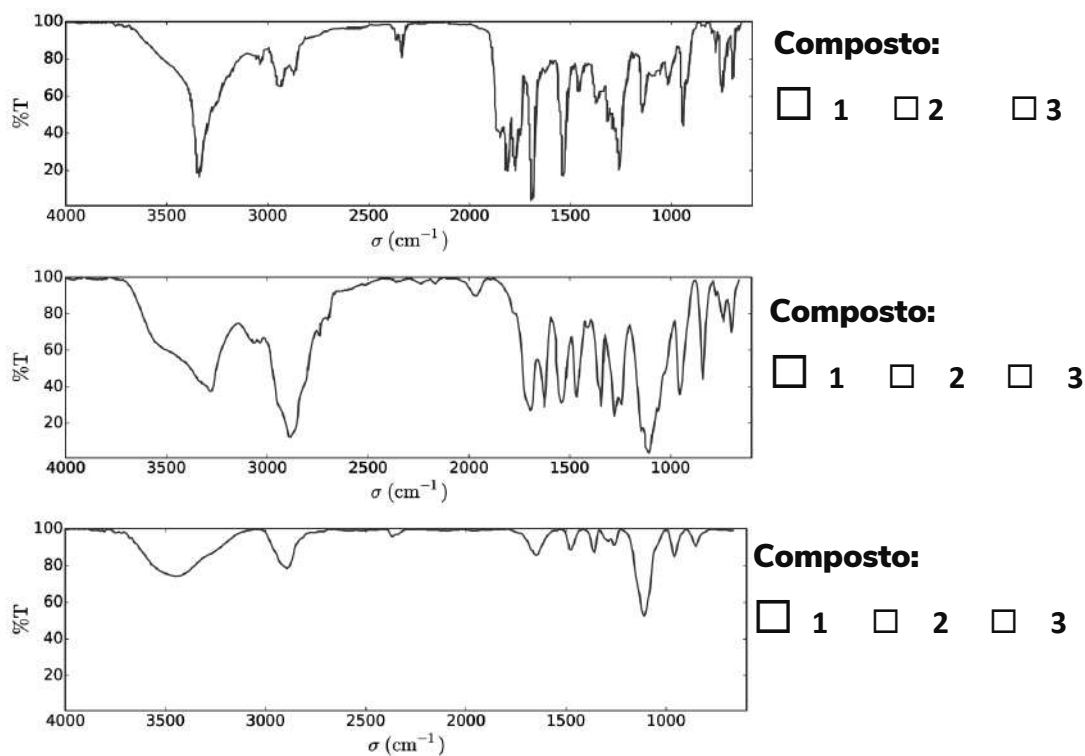




35. **Desenhe** o intermediário de reação intermediária que é formado na primeira etapa da adição de **1** a **2**. A segunda etapa do mecanismo leva à formação de uma molécula de gás, **G**. **Desenhe** sua estrutura.



36. Medidas de infravermelho (IV) são realizadas para caracterizar os compostos. **Associe** os três espectros de IV com os compostos **1**, **2** e **3**.



37. O espectro de RMN  $^1\text{H}$  do copolímero **3** (em  $\text{DMSO-}d_6$ , a  $60^\circ\text{C}$ , 500 MHz) é mostrado na Fig. 1. Usando alguns ou todos os sinais de RMN, cujas áreas são relatadas na Tabela 2, **calcule** sua massa molar numérica média  $M_n$ , considerando  $n$  da questão 2. Para os seus cálculos, **desenhe** um círculo em torno do (s) grupo (s) de átomos que você usou e **dê** seu (s) símbolo (s) correspondente ( $\alpha$ ,  $\beta$ ...).

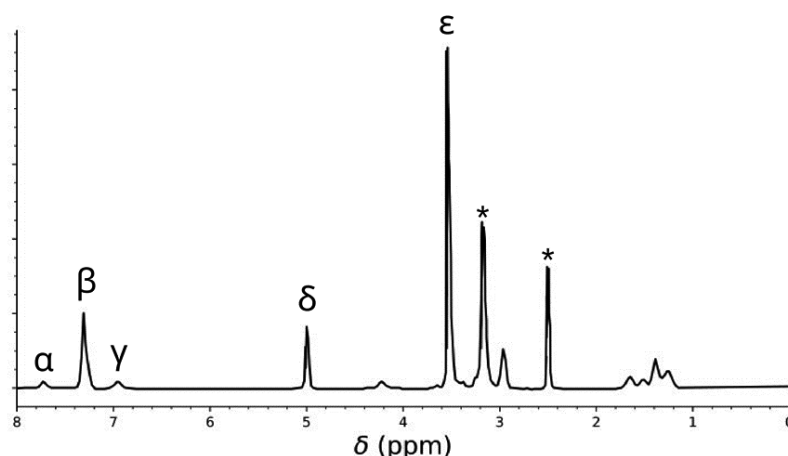
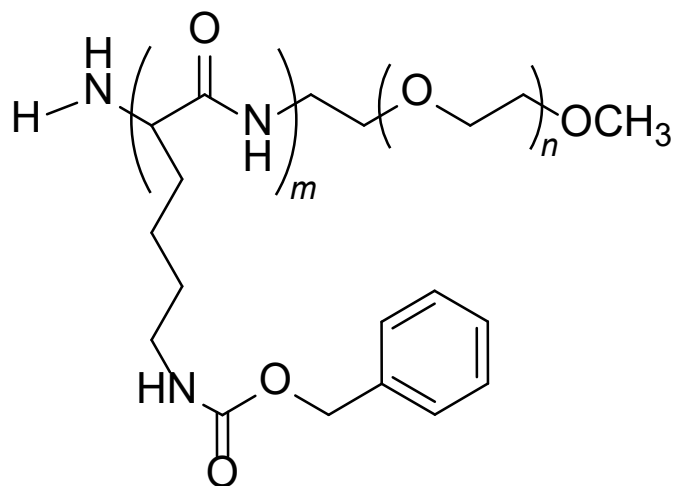


Fig. 1 – os sinais marcados com \* correspondem ao solvente e à água.



Escreva suas respostas com duas casas decimais.

Esta reação de **1** com **2** produziu os copolímeros **3a** após 20 h, **3b** após 25 h e **3c** após 30 h de reação, a  $40^\circ\text{C}$ . Os resultados de experimentos de cromatografia de exclusão por tamanho (SEC, do inglês Size Exclusion Chromatography) são apresentados na Fig. 2.

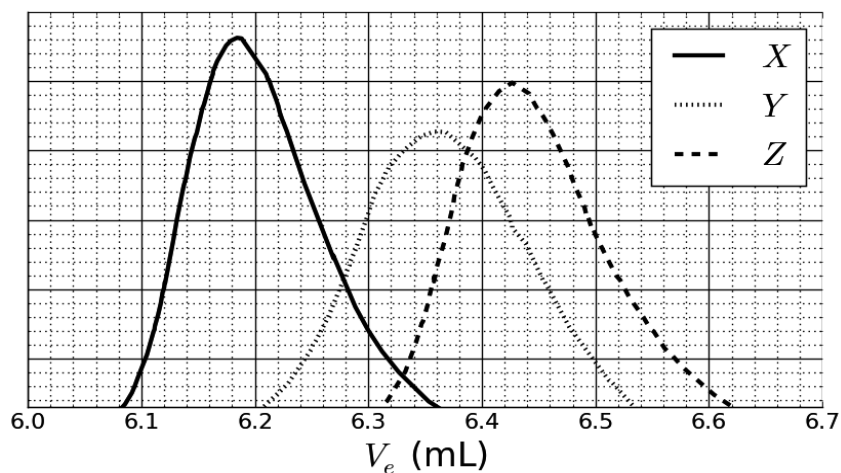


Fig. 2 – Cromatogramas SEC de 3a, 3b e 3c como uma função do volume de eluição,  $V_e$ .

38. **Associe** os sinais da Fig. 2 com os copolímeros 3a, 3b e 3c.

- |     |                            |                            |                            |
|-----|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 3a: | <input type="checkbox"/> X | <input type="checkbox"/> Y | <input type="checkbox"/> Z |
| 3b: | <input type="checkbox"/> X | <input type="checkbox"/> Y | <input type="checkbox"/> Z |
| 3c: | <input type="checkbox"/> X | <input type="checkbox"/> Y | <input type="checkbox"/> Z |

Para calibrar o cromatograma, uma mistura de polímeros padrão de massas conhecidas (3, 30, 130, 700 e 7000 kg mol<sup>-1</sup>) foi estudada (Fig. 3).

O valor do log da massa molar é uma função linear do volume de eluição,  $V_e$ .

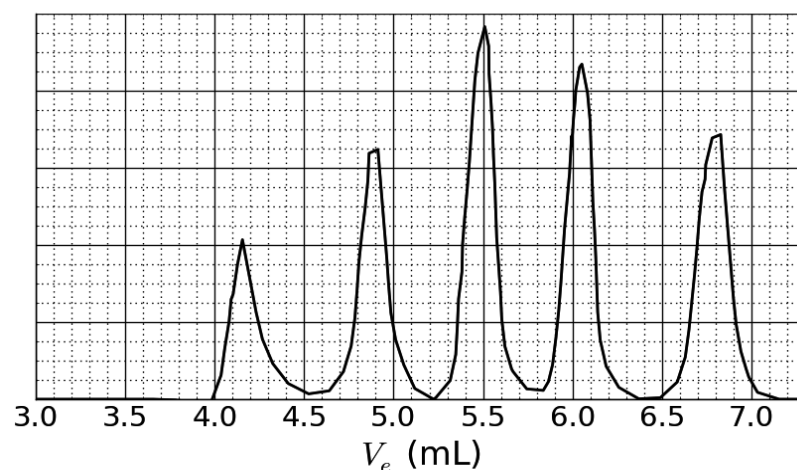
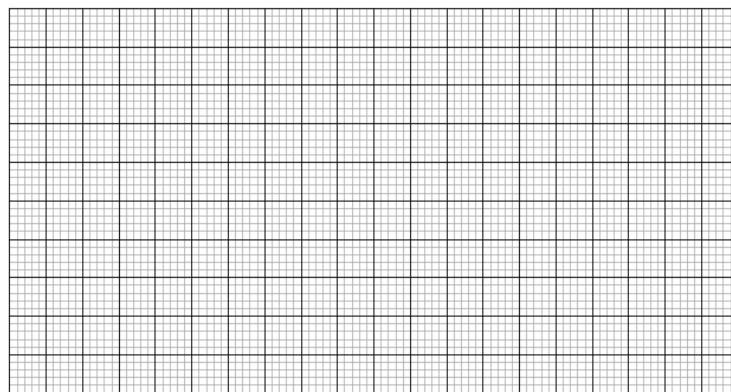


Fig. 3 – Cromatograma SEC da mistura de padrões.

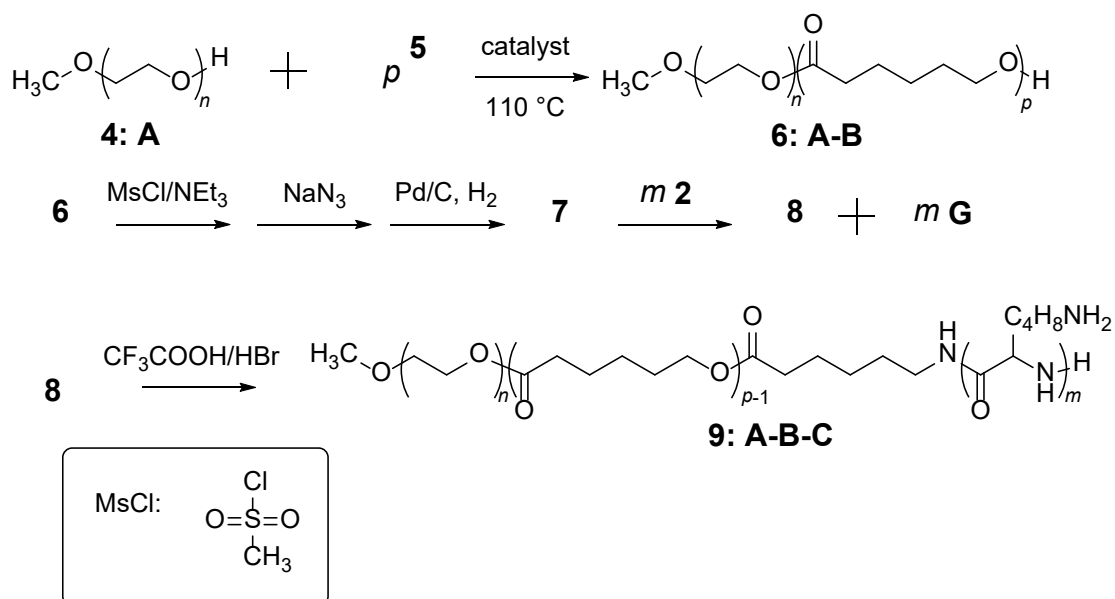
39. Com base nas curvas SEC das Fig. 2 e 3, **determine**  $V_e$  do polímero correspondente à curva X e use-o para **estimar** o grau de

polimerização  $m$  do segundo bloco. **Detalhe** seu cálculo; você pode usar uma calculadora ou plotar um gráfico



### Síntese de copolímero tribloco

Para aplicações biológicas, envolvendo a formação de micelas, um copolímero tribloco **9** pode ser sintetizado através da introdução de um bloco intermediário, **B**, usando monômero **5**.



40. **Desenhe** as estruturas de **5**, **7** e **8**.

**5** (nenhum outro produto além de **6:A-B** é obtido)

**7** (um gás é formado na etapa final)

**8**

41. Os copolímeros em bloco anfifílicos, tais como **9: A-B-C**, podem ser usados para aplicações médicas, pois se auto-montam em micelas em água (pH = 7), que podem ser usadas como transportadores de fármacos. **Associe** cada bloco do copolímero a uma propriedade. **Desenhe** um esquema da micela com apenas 4 cadeias poliméricas.

**A:** ☐ hidrofóbico ☐ hidrofílico

**B:** ☐ hidrofóbico ☐ hidrofílico

**C:** ☐ hidrofóbico ☐ hidrofílico

**A :** ☐ hydrophobic ☐ hydrophilic

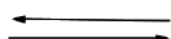
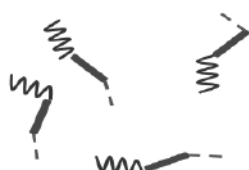
**B :** ☐ hydrophobic ☐ hydrophilic

**C :** ☐ hydrophobic ☐ hydrophilic

**A** 

**B** 

**C** 



Problema T7 6%	Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
	Pontos	4	12	2	2	2	5	5	8	4	5	5	54
	Nota												

## PROBLEMA T6 | Movimento de anéis no [2]catenano

Em 2016, J.-P. Sauvage, Sir J. F. Stoddart e B. L. Feringa foram laureados com o Prêmio Nobel de Química pela “*concepção e síntese de máquinas moleculares*”. Um exemplo disso é o [2]catenano, uma molécula que consiste em dois anéis interligados. Neste sistema, um dos macrociclos contém um único ligante de fenantrolina (bidentado) e o segundo macrociclo contém dois ligantes: uma fenantrolina e um ligante de terpiridina (tridentado). O íon cobre é coordenado por um ligante de cada macrociclo. Dependendo do estado de oxidação do cobre (+ I ou + II) as duas configurações são obtidas (Fig. 1).

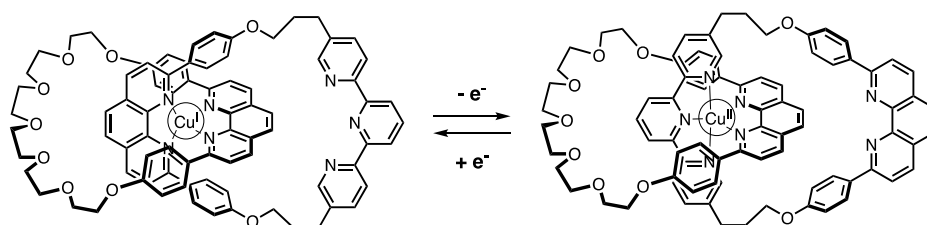
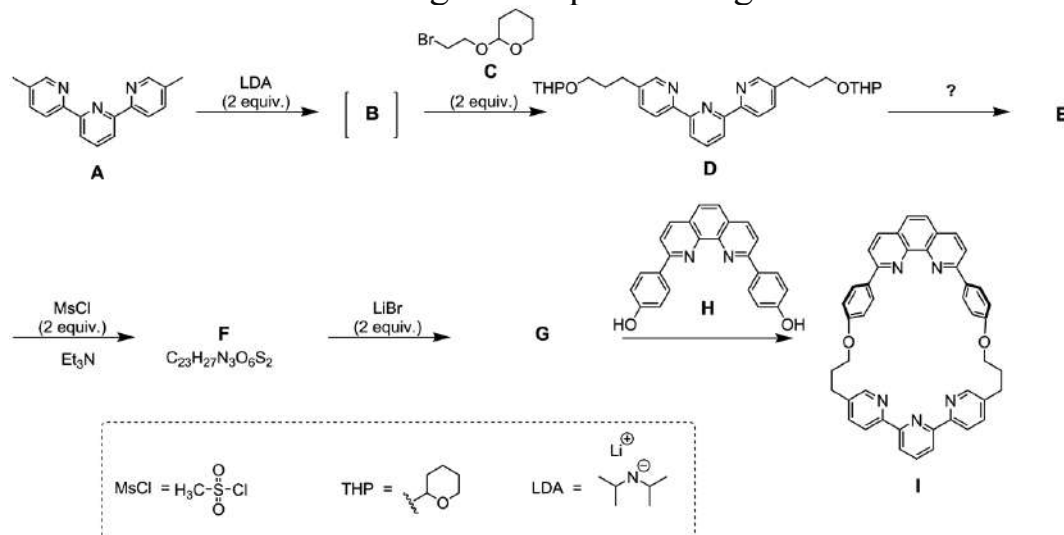


Fig. 1 – configurações estáveis do anel no [2]catenano.

A síntese do macrociclo segue o esquema a seguir:



1. **Desenhe** a estrutura do composto **B**.
42. **Desenhe** a estrutura dos compostos **E**, **F** e **G**.

43. Das condições reacionais a seguir, **escolha** aquela(s) que pode(m) produzir **E** a partir de **D**:

- ☐  $\text{H}^+, \text{H}_2\text{O}$
- ☐  $\text{OH}^-, \text{H}_2\text{O}$
- ☐  $\text{NaBH}_4, \text{CH}_3\text{OH}$
- ☐  $\text{H}_2, \text{Pd/C}, \text{THF}$

44. Na estratégia sintética apresentada,  $\text{MsCl}$  é utilizado para se obter:

- ☐ um grupo abandonador
- ☐ um grupo protetor
- ☐ um grupo desativante
- ☐ um grupo dirigente

45. O composto **G** é obtido por reação entre o composto **F** e  $\text{LiBr}$  em acetona. Esta reação é:

- ☐ substituição aromática eletrofílica
- ☐ substituição aromática nucleofílica
- ☐  $\text{SN}_1$
- ☐  $\text{SN}_2$

46. **Desenhe** o estado de transição da etapa determinante da reação  $\text{F} \rightarrow \text{G}$ , mostrando a sua geometria 3D. Desenhe apenas 1 centro reacional. A cadeia carbônica principal pode ser representada como um grupo R.

A síntese do [2]catenano **L** aproveita o efeito template induzido pelo complexo de cobre:

47. **Escreva** a configuração eletrônica completa do  $\text{Cu}(0)$  no estado fundamental. Apresente o estado de oxidação do Cu no complexo **J** e escreva a configuração eletrônica do Cu no íon livre correspondente a **J**.

48. **Selecione** a geometria que o íon cobre adquire em **L**. Assumindo

do a geometria ideal dos ligantes ao redor do cobre central, **re-presente** os níveis eletrônicos dos orbitais d sujeitos ao campo cristalino. **Preencha** o diagrama de orbitais. **Dê** o valor de spin máximo ( $S$ ) para este complexo.

A geometria do Cu em **L** é:

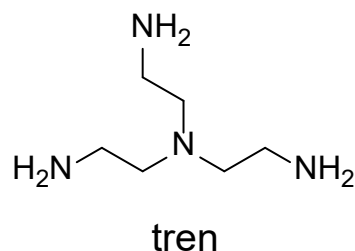
- ☐ Octaédrica
- ☐ Tetraédrica
- ☐ Quadrado planar
- ☐ Bipirâmide trigonal

Desdobramento e preenchimento dos orbitais d:

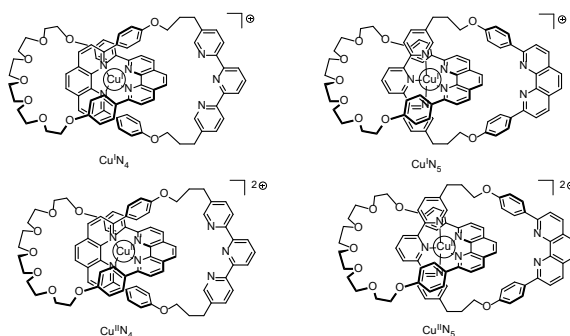
$S =$

49. Dentre os compostos a seguir, **selecione** aquele que pode remover o íon cobre em **L** para obter o [2]catenano livre:

- ☐  $\text{CH}_3\text{CN}$
- ☐  $\text{NH}_4\text{PF}_6$
- ☐ KCN
- ☐ tren



No [2]catenano **L**, o íon cobre pode existir em dois estados de oxidação (+I) ou (+II), e cada um deles exibe uma esfera de coordenação diferente (tetra- ou penta-coordenado, respectivamente).



*Fig. 2 – Estados do [2]catenano **L***




A estabilidade dos complexos de Cu(I) pode ser inferida comparando-se suas estruturas eletrônicas àquelas de um gás nobre.

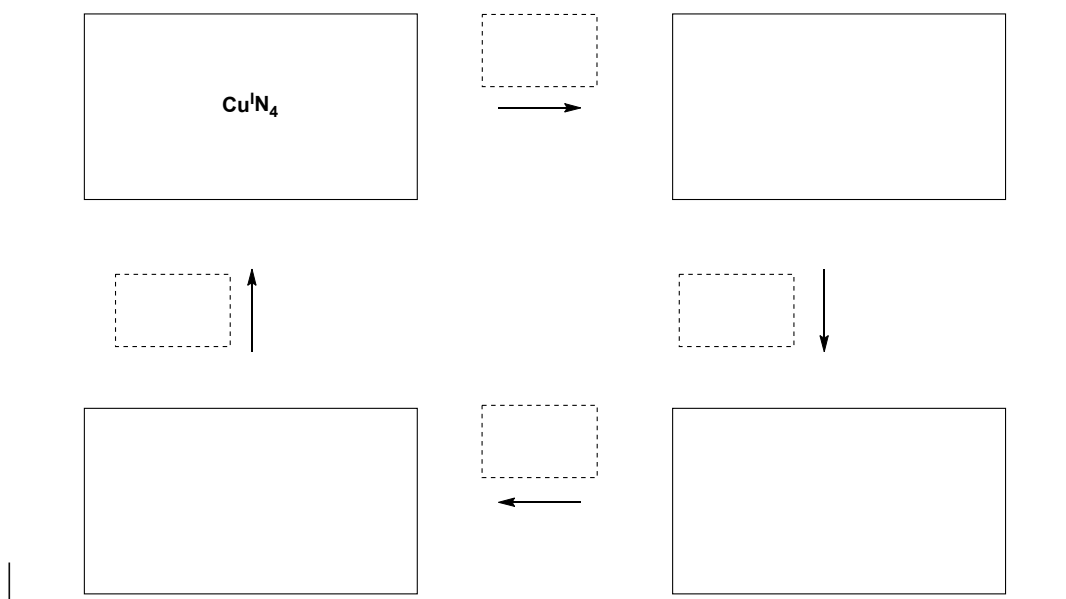
50. **Preencha** os espaços em branco com um número e marque um dos quadrados:

O complexo  $\text{Cu}^{\text{IN}}_4$  tem ... elétrons na esfera de coordenação do metal

O complexo  $\text{Cu}^{\text{IN}}_5$  tem ... elétrons na esfera de coordenação do metal.

O complexo  $\text{Cu}^{\text{IN}}_4$  é ☐ mais / ☐ menos estável que o complexo  $\text{Cu}^{\text{IN}}_5$ .

51. **Preencha** as caixas sólidas com a designação dos complexos envolvidos na Fig. 2 e **complete** a sequência para alcançar o controle eletroquímico do sistema usando a seguinte notação para as caixas tracejadas:  (rotação);  $+e^-$ ;  $-e^-$ .



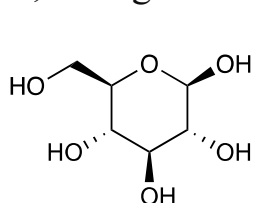
Problema	Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
T8 6%	Pontos	2	6	2	2	11	2	4	3	4	2	6	8	2	6	4	64
	Nota																

---

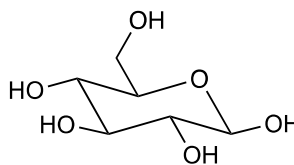
## PROBLEMA T8 | Identificação e síntese de inositóis

---

Neste problema, definimos como “estrutura 3D” (3D structure) e “fórmula em perspectiva” (perspective formula), como indicado para a  $\beta$ -glicose, na seguinte figura



3D structure



perspective formula

Inositóis são ciclo-hexan-1,2,3,4,5,6-hexóis. Alguns destes carbociclos de seis membros, em particular o *myo*-inositol, estão envolvidos em um número considerável de processos biológicos.

### Estrutura do *myo*-inositol

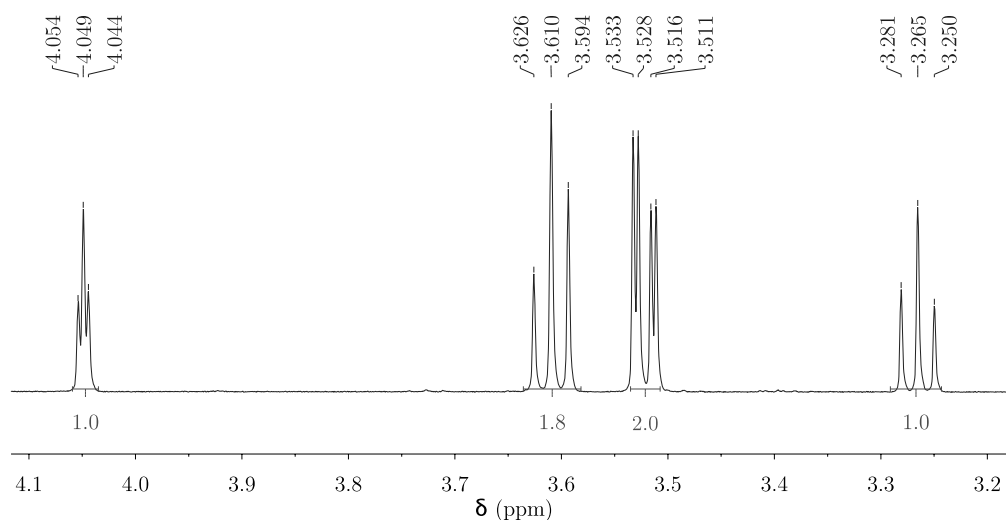
1. **Desenhe** a estrutura dos inositóis, sem detalhar a estereoquímica.

Esta família de moléculas tem 9 estereoisômeros diferentes, incluindo os enantiômeros.

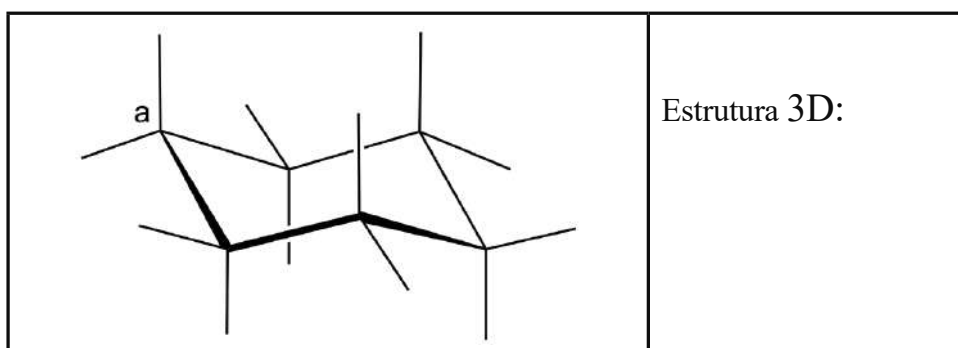
52. **Desenhe** todas as estruturas 3D dos estereoisômeros que são opticamente ativos

A estrutura de um inositol específico, o *myo*-inositol, é estudada aqui. Apenas um dos seus conformeros em cadeira é predominante e a sua estrutura pode ser deduzida a partir do seu espectro de RMN  $^1\text{H}$ .

O espectro a seguir foi obtido a 600 MHz em  $\text{D}_2\text{O}$ . Nenhum outro sinal desse composto foi observado no espectro. A integração é indicada no espectro abaixo de cada sinal.

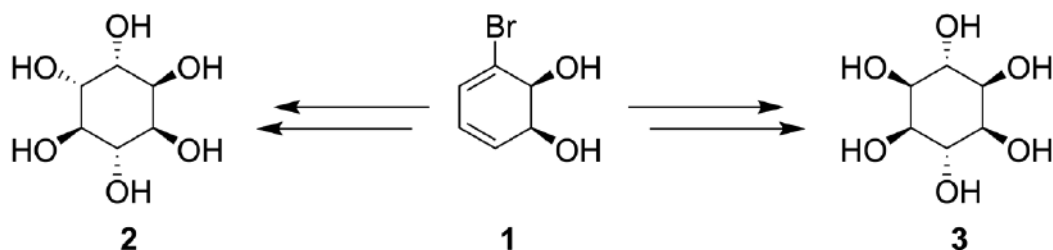


53. **Indique** a fórmula molecular do derivado de *myo*-inositol presente na amostra, que é consistente com o número de prótons observados no espectro de RMN  $^1\text{H}$ .
54. Tendo em consideração o número de sinais de prótons e a sua integração, **indique** o número de plano(s) de simetria presentes na molécula.
55. **Complete** a seguinte fórmula em perspectiva representando a conformação mais estável do *myo*-inositol. Depois, de acordo com o espectro de RMN  $^1\text{H}$ , **atribua** a cada hidrogênio a letra correspondente (**a**, **b**, **c** ou **d**). O Próton **a** deve ser o que está ligado ao carbono **a**. **Desenhe** a sua estrutura 3D.



## 56. Síntese de inositóis

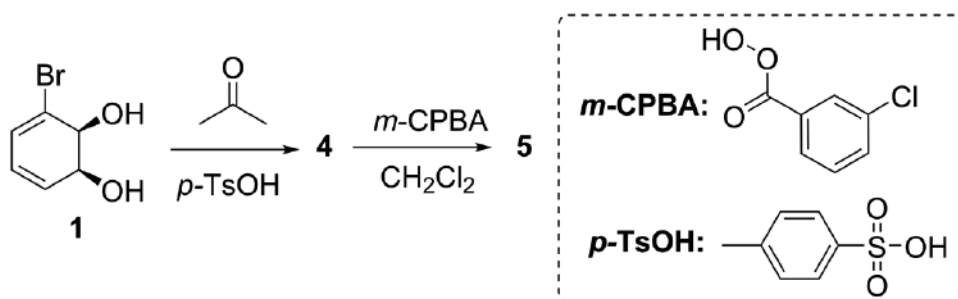
Para aplicações medicinais é útil sintetizar, em larga escala, alguns fosfatos de inositol. Vamos estudar a síntese do inositol **2** a partir do bromodiol **1**.

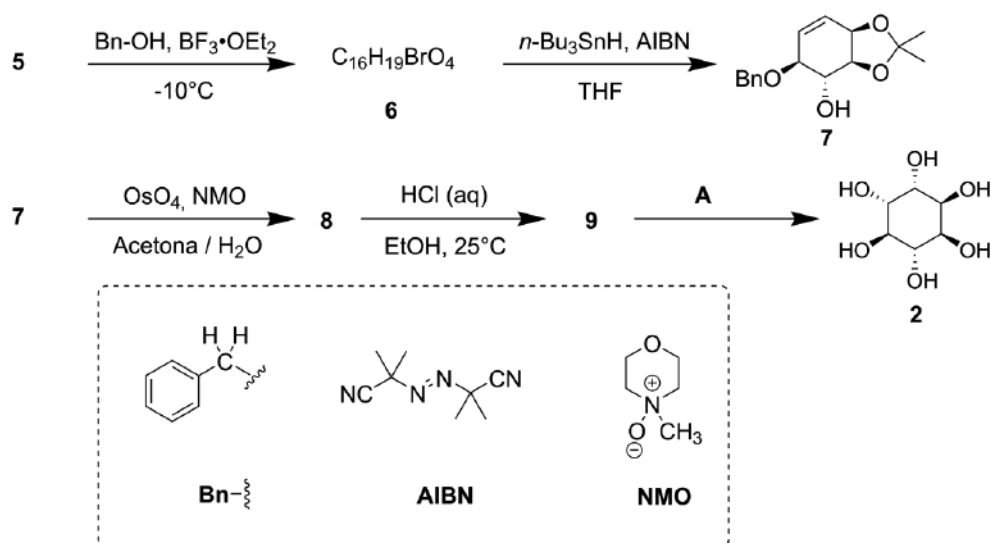


57. **Assinale** a(s) afirmação(ões) que define(m) corretamente a relação que existe entre os compostos **2** e **3**.

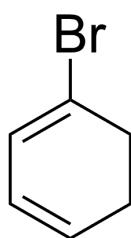
- ☐ enantiômeros
- ☐ epímeros
- ☐ diastereoisômeros
- ☐ atropoisômeros

O inositol **2** pode ser obtido, em 7 passos, a partir do composto **1**.





58. **Desenhe** a estrutura 3D do composto **4**.
59. A reação que possibilita a formação do composto **5** ocorre na ligação dupla com maior densidade eletrônica. Considere a estrutura do 1-bromo-1,3-ciclohexadieno representado a seguir, que é a estrutura do substrato **4**. **Circule** a dupla ligação que apresenta a maior densidade eletrônica. **Em estruturas separadas, represente** todos os efeitos eletrônicos devidos ao átomo de bromo.



60. **Desenhe** a estrutura 3D do diastereoisômero majoritário de **5**.
61. **Indique** o número total de estereoisômeros de **5** que podem ser obtidos por este processo de síntese, iniciado a partir do enantiômero puro **1**.
62. Na etapa da transformação de **5** em **6**, outro produto com a mesma fórmula molecular, designado por composto **6'**, pode ser formado. **Desenhe** a estrutura 3D dos compostos **6** e **6'**.

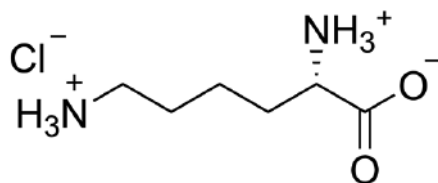
63. **Desenhe** as estruturas 3D dos diastereoisômeros majoritários de **8** e **9**.
64. **Selecione** o conjunto de condições **A** que possibilitam a síntese do composto **2**.
- ☐  $H_{2, Pd/C}$
- ☐  $K_2CO_3, HF$
- ☐  $HCOOH, H_2O$
- ☐  $BF_3 \cdot OEt_2$
65. Se o átomo de bromo não estivesse presente no composto **1**, além do composto **2**, seria obtido outro estereoisômero. Considerando que a estereoseletividade da reação não sofre alteração e que as etapas reacionais envolvem o mesmo número de equivalentes necessários para obter o composto **2**, **desenhe** a estrutura 3D desse novo estereoisômero e **indique** a sua relação com o composto **2**.
- ☐ enantiômeros
- ☐ epímeros
- ☐ diastereoisômeros
- ☐ atropoisômeros
66. Considere a síntese do composto **2** a partir do composto **1**, **marque dentre as opções** as etapas que envolvem a remoção de grupos protetores ou dirigentes.
- ☐ **1** → **4**
- ☐ **4** → **5**
- ☐ **5** → **6**
- ☐ **6** → **7**
- ☐ **7** → **8**
- ☐ **8** → **9**
- ☐ **9** → **2**

Problema	Questão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Total
T9 7%	Pontos	2	2	4	3	2	17	1	1	2	4	2	2	2	44
	Nota														

PROBLEMA T9 | Síntese da levobupivacaína

**Parte I.**

O anestésico local bupivacaína (Marcaine®) está na lista dos medicamentos essenciais difundida pela Organização Mundial de Saúde (WHO). Embora o medicamento seja vendido com a mistura racêmica do princípio ativo, está demonstrado que um dos enantiômeros, a levobupivacaína, é menos cardiotoxica e, conseqüentemente, mais segura que a mistura racêmica. Levobupivacaína pode ser sintetizada a partir do aminoácido natural, L-lisina.



Hidrocloreto de L-lisina

1. **Assinale** a configuração absoluta do centro estereogênico do hidrocloreto de l-lisina e **justifique** a sua resposta indicando as prioridades dos substituintes.

Configuração:	Prioridade 1 > 2 > 3 > 4:			
<input type="checkbox"/> R <input type="checkbox"/> S	 <input type="checkbox"/>	 <input type="checkbox"/>	 <input type="checkbox"/>	 <input type="checkbox"/>

O prefixo l na l-lisina refere-se à configuração relativa. **Marque** todas as afirmações que estiverem corretas:

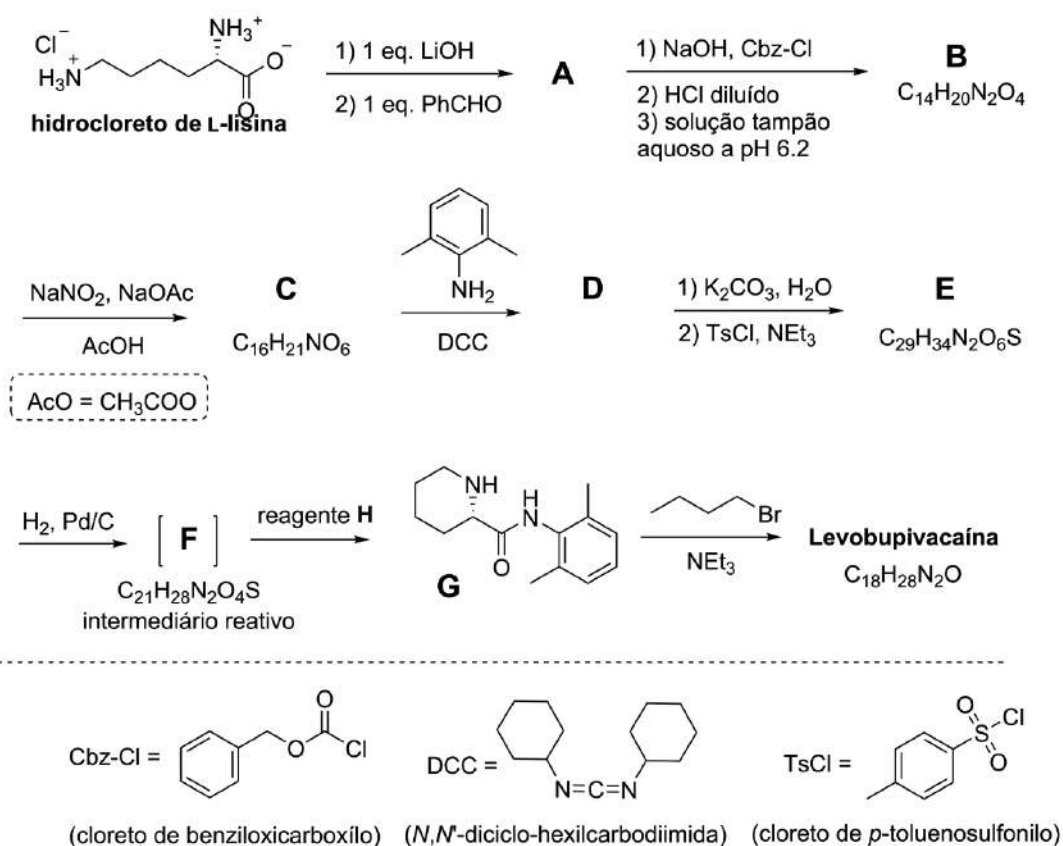
- ☐ Todos os l-aminoácidos naturais são levógiros.
- ☐ Os l-aminoácidos naturais podem ser levógiros ou dextrógiros.
- ☐ Todos os l-aminoácidos naturais são (S).
- ☐ Todos os l-aminoácidos naturais são (R).

Usualmente, queremos que apenas um dos grupos amino da l-lisina reaja. A adição de uma solução aquosa de um sal de  $\text{Cu}^{2+}$  na presença de um excesso de hidróxido pode, seletivamente, impedir a reatividade de um dos grupos amino. Isto porque, após a formação do

complexo, só o grupo  $\text{NH}_2$  não-complexado é que pode reagir.

67. Considerando que a l-lisina atua como ligante bidentado e que o íon  $\text{Cu}^{2+}$  fica coordenado com duas l-lisinas na presença de uma solução aquosa alcalina, **desenhe** a estrutura do complexo de cobre formado.

Felizmente, na síntese da levobupivacaína esquematizada abaixo, a mesma seletividade é observada, mesmo sem o sal de  $\text{Cu}^{2+}$ .



70. **Desenhe** as estruturas dos compostos **B** a **F**, incluindo a estereoquímica apropriada.

<b>B</b> $\text{C}_{14}\text{H}_{20}\text{N}_2\text{O}_4$	<b>C</b> $\text{C}_{16}\text{H}_{21}\text{NO}_6$
<b>D</b>	<b>E</b> $\text{C}_{29}\text{H}_{34}\text{N}_2\text{O}_6\text{S}$
<b>F</b> $\text{C}_{21}\text{H}_{28}\text{N}_2\text{O}_4\text{S}$	



71. Qual é o papel do DCC na transformação de **C** em **D**?

- ☐ Grupo protetor do grupo amino.
- ☐ Grupo protetor do grupo hidroxila.
- ☐ Agente ativante para a formação de ligações amida.

72. O TsCl é usado na síntese para promover a:

- ☐ Substituição nucleofílica do grupo amino.
- ☐ Substituição eletrofílica do grupo amino.
- ☐ Substituição nucleofílica do grupo hidroxila.
- ☐ Substituição eletrofílica do grupo hidroxila.

73. **Assinale** todos os reagentes que poderiam ser usados como o reagente **H**:

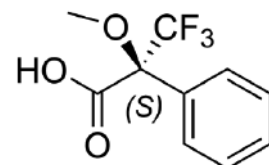
- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> HCl diluído                    | <input type="checkbox"/> Zn/HCl                         |
| <input type="checkbox"/> K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> | <input type="checkbox"/> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |
| <input type="checkbox"/> KMnO <sub>4</sub> diluído      | <input type="checkbox"/> NaOH diluído                   |
| <input type="checkbox"/> SOCl <sub>2</sub>              | <input type="checkbox"/> PCl <sub>5</sub>               |

74. **Desenhe** a estrutura da levobupivacaína, incluindo a estereoquímica apropriada.

Levobupivacaína C<sub>18</sub>H<sub>28</sub>N<sub>2</sub>O

## Parte II.

A síntese da levobupivacaína requer a utilização da l-lisina enantiomericamente pura. Um método comum para confirmar a pureza enantiomérica de aminoácidos é sua transformação em amidas usando o ácido de Mosher [ver a estrutura do isômero (*S*) abaixo].



(*S*)- Ácido de Mosher's

75. **Represente** a estrutura da amida formada quando o grupo α-amino da l-lisina é derivatizado com o (*S*)-ácido de Mosher. Represente claramente a estereoquímica de cada centro quiral.

76. **Quantos produtos serão formados** na reação de uma mistura racêmica de lisina com o (*S*)-ácido de Mosher (considere que só o grupo  $\alpha$ -amino da lisina é derivatizado)?
- ☐ Dois diastereoisômeros.
  - ☐ Quatro diastereoisômeros.
  - ☐ Uma mistura racêmica de dois enantiômeros.
  - ☐ Quatro compostos: dois enantiômeros e dois diastereoisômeros.
77. **Marque** o(s) método(s) que podem ser usados para determinar quantitativamente a pureza enantiomérica da lisina, após a sua derivatização com o (*S*)- ácido de Mosher:
- ☐ Espectroscopia de RMN.
  - ☐ Cromatografia Líquida.
  - ☐ Espectrometria de Massa.
  - ☐ Espectroscopia de UV-vis.



51st — International  
Chemistry Olympiad  
France — Paris — 2019

## Exame Prático

### Regras de segurança no laboratório

- Você deve usar jaleco e mantê-lo abotoado. O calçado deve ser fechado de modo a cobrir todo o pé e o calcanhar.
- Sempre use óculos de proteção, ou seus óculos de grau, quando estiver trabalhando no laboratório. Não use lentes de contato.
- Não coma nem beba no laboratório. Gomas de mascar não são permitidas.
- Trabalhe somente na área reservada para você. Mantenha arrumada sua área de trabalho e a área comum.
- É proibido realizar experimentos não autorizados. Nenhuma modificação nos experimentos deve ser feita.
- Não pipete com a boca. Use a pró-pipeta.
- Limpe, imediatamente, os líquidos derramados ou vidros quebrados na bancada ou no chão.
- Tudo que foi desperdiçado deve ser descartado de forma adequada para evitar contaminação ou outros danos. Soluções aquosas diluídas e não perigosas podem ser descartadas na pia. Resíduos orgânicos devem ser descartados no recipiente próprio e fechado.

### Constantes físicas e equações

Neste exame, assumimos que as atividades de todas as espécies aquosas são bem aproximadas por sua respectiva concentração em  $\text{mol L}^{-1}$ . Para simplificar ainda mais as fórmulas e expressões, a concentração padrão  $c^\circ = 1 \text{ mol L}^{-1}$  é omitida.

Constante de Avogadro:  
 Constante universal dos gases:  
 Pressão padrão:  
 Pressão Atmosférica:  
 Zero na escala Celsius:  
 Constante de Faraday:  
 Watt:  
 Kilowatt hora:  
 Constante de Planck:  
 Velocidade da luz no vácuo:  
 Carga elementar:  
 Força elétrica:  
 Eficiência energética:  
 Relação de Planck-Einstein:  
 Equação do gás ideal:  
 Energia livre de Gibbs:

Quociente de reação Q para uma reação  
 $a A(aq) + b B(aq) = c C(aq) + d D(aq)$ :

Equação Henderson–Hasselbalch:

Equação Nernst–Peterson:

na qual Q é o quociente de reação da meia reação de redução

Lei de Beer–Lambert:

Equações de velocidade de forma integrada:

- Ordem zero:
- Primeira ordem:
- Segunda ordem:

Meia-vida para um processo de primeira ordem:

Número de massa média  $M_n$ :

Massa molar média  $M_w$ :

Índice de polidispersão  $I_p$ :

### Nota

A unidade de concentração molar é “M” ou “mol L<sup>-1</sup>”:

$$1 \text{ M} = 1 \text{ mol L}^{-1} \quad 1 \text{ mM} = 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$$

$$\begin{aligned}
 N_A &= 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \\
 R &= 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \\
 p^\circ &= 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} \\
 P_{\text{atm}} &= 1 \text{ atm} = 1,013 \text{ bar} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\
 &273,15 \text{ K} \\
 F &= 9,649 \cdot 10^4 \text{ C mol}^{-1} \\
 1 \text{ W} &= 1 \text{ J s}^{-1} \\
 1 \text{ kWh} &= 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} \\
 h &= 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s} \\
 c &= 2,998 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1} \\
 e &= 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\
 P &= \Delta E \times I \\
 \eta &= P_{\text{obtained}} / P_{\text{applied}} \\
 E &= hc / \lambda \\
 pV &= nRT \\
 G &= H - TS \\
 \Delta_r G^\circ &= -RT \ln K^\circ \\
 \Delta_r G^\circ &= -n F E_{\text{cell}}^\circ \\
 \Delta_r G &= \Delta_r G^\circ + RT \ln Q
 \end{aligned}$$

$$Q = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{[A^-]}{[AH]}$$

$$E = E^\circ - \frac{RT}{zF} \ln Q$$

$$\text{Em } T = 298 \text{ K}, \frac{RT}{F} \ln 10 \approx 0,059 \text{ V}$$

$$A = \epsilon lc$$

$$\begin{aligned}
 [A] &= [A]_0 - kt \\
 \ln[A] &= \ln[A]_0 - kt \\
 1/[A] &= 1/[A]_0 + kt \\
 t_{1/2} &= \ln 2 / k
 \end{aligned}$$

$$M_n = \frac{\sum_i N_i M_i}{\sum_i N_i}$$

$$M_w = \frac{\sum_i N_i M_i^2}{\sum_i N_i M_i}$$

$$I_p = \frac{M_w}{M_n}$$

$$1 \mu\text{M} = 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$$

## REAGENTES

### Para todos os problemas

Reagentes	Rotulado como	Códigos de risco do GHS
Água deionizada em: - Frasco de lavagem (bancada) - Frasco plástico (bancada) - Vasilha grande com água (capela)	Deionized Water	Não apresenta perigo
Etanol, em um frasco lavador	Ethanol	H225, H319
Amostra de vinho branco, 300 mL, em frasco plástico âmbar	Wine sample	H225, H319

### Para o problema P1

Reagentes	Rotulado como	Códigos de risco do GHS
4-nitrobenzaldeído, 1,51g em frasco de vidro âmbar	4-nitrobenzaldehyde	H317, H319
Eluente A, 20 mL em frasco de vidro	Eluent A	H225, H290, H304, H314, H319, H336, H410
Eluente B, 20 mL em frasco de vidro	Eluent B	H225, H290, H304, H314, H319, H336, H410
Oxone® (peroxomonossulfato de potássio) 7,87 g em frasco plástico	Oxone®	H314
Amostra de 4-nitrobenzaldeído para TLC	TLC standard	H317, H319

### Para o problema P2

Reagentes	Rotulado como	Códigos de risco do GHS
Solução 1 M tiocianato de potássio, 20 mL, em frasco plástico.	KSCN 1 M	H302+H312+H332, H412
Solução 0,00200 M tiocianato de potássio, 60 mL, em frasco plástico.	KSCN 0.00200 M	Não apresenta perigo
Solução 1 M de ácido perclórico, 10 mL, em frasco plástico	HClO <sub>4</sub>	H290, H315, H319
Solução 0,00200 M de ferro(III), 80 mL, em frasco plástico	Fe(III) 0.00200 M	Not hazardous
Solução 0,000200 M de ferro(III), 80 mL, em frasco plástico	Fe(III) 0.000200 M	Not hazardous
Solução 0,3% de peróxido de hidrogênio, 3 mL, frasco de vidro âmbar	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Not hazardous

### Para o problema P3

Reagentes	Rotulado como	Códigos de risco do GHS
Solução de iodo 0,01 M, 200 mL em garrafa plástica marrom	$I_2$	H372
Solução de tiosulfato de sódio 0,03 M, 200 mL em garrafa plástica	$Na_2S_2O_3$	Não perigoso
Solução 1 M NaOH, 55 mL em frasco plástico	NaOH	H290, H314
Solução 2,5 M de ácido sulfúrico, 80 mL em frasco plástico	$H_2SO_4$	H290, H315, H319
Solução 0,5 M de iodeto de potássio, 25 mL em frasco plástico	KI	H372
Iodato de potássio, ca 100 mg (massa exata está escrita no rótulo), em frasco de vidro	$KIO_3$	H272, H315, H319, H335
Solução de amido, 25 mL em frasco plástico	Starch	Não perigoso

## REAGENTES

### Para todos os problemas

Equipamento pessoal	Quantidade
Pró-pipeta (pera de borracha)	1
Óculos de segurança	1
Garrafa plástica de 1 L para descarte orgânico, rotulada "Organic waste"	1
Toalhas de papel	15 folhas
Limpadores de papel de precisão	30 folhas
Espátula (grande)	1
Espátula (pequena)	1
Cronômetro	1
Lápis	1
Borracha	1
Caneta preta	1
Caneta de marcar vidro	1
Régua	1

Equipamento compartilhado	Quantidade
Lâmpada UV para visualização de TLC	2 por laboratório
Colorímetro	5 por laboratório
Luvas	Todos os tamanhos (P, M, G, GG) disponíveis sob pedido para um assistente de laboratório
Balde de gelo	1 por laboratório

### Para todos os problemas

Equipamento pessoal	Quantidade
Suporte universal com:	1
- Garra com braçadeira pequena	2
- Garra com braçadeira grande	3
Erlenmeyer esmerilhado, 100 mL	1
Erlenmeyer esmerilhado, 50 mL	1
Condensador de refluxo	1
Aquecedor com agitação magnética	1
Recipiente (cuba de vidro) para cristalização	1
Barra de agitação magnética ("peixinho")	1
Kitassato	1
Funil de Büchner com adaptador de borracha	1
Saco com fecho com 3 unidades de papel de filtro	1
Placa de Petri	1
Câmara de eluição, rotulada "TLC elution chamber"	1
Saco com fecho com 3 placas TLC (com indicador de fluorescência), rotulado com o código do estudante	1
Capilares TLC (na placa de Petri)	4
Pinça de plástico	1
Bastão de vidro	1
Proveta, 25 mL	1
Béquero, 150 mL	2
Funil de plástico	1
Pipeta de plástico descartável	2
Frasco de vidro âmbar, para amostra TLC, 1,5 mL, com tampa, rotulado C e R	2
Frasco de vidro âmbar pré-pesado, 10 mL, com tampa, rotulado com o Código do estudante	1
Recuperador ("pescador") de barra magnética	1

### Para o problema P2

Equipamento pessoal	Quantidade
Pipeta volumétrica, 10 mL	1
Pipeta graduada, 10 mL	3
Pipeta graduada, 5 mL	3
Estante de tubo de ensaio	1
Tubo de ensaio	15
Tampa de tubo de ensaio	7
Cubeta de colorímetro, caminho ótico 1,0 cm	2
Béquer, 100 mL	2
Pipeta de plástico descartável	15

### Para o problema P3

Equipamento pessoal	Quantidade
Suporte de laboratório com garra para bureta	1
Bureta, 25 mL	1
Funil de vidro	1
Erlenmeyer, 100 mL	3
Erlenmeyer, 250 mL	3
Béquer, 150 mL	1
Béquer, 100 mL	2
Balão volumétrico, 100 mL, com tampa	1
Pipeta volumétrica, 50 mL	1
Pipeta volumétrica, 25 mL	1
Pipeta volumétrica, 20 mL	1
Proveta, 25 mL	1
Proveta, 10 mL	1
Proveta, 5 mL	1
Pipeta plástica descartável	3
Parafilm	20 folhas



Problema P1 13% do total	Questão	Rendimento	Pureza	TLC	P1.1	P1.2	Total
	P1	12	12	8	2	3	37
	13% do total						

## PROBLEMA P1 | Tornando ecológica a oxidação do nitrobenzaldeído

Nas últimas décadas, químicos têm tentado substituir reagentes prejudiciais usados no processo de oxidação de modo a reduzir a formação de produtos indesejáveis. Neste problema, peroxomonossulfato de potássio foi escolhido como agente oxidante, porque ele produz somente sulfatos salinos não-tóxicos e não poluentes. Ele é aqui fornecido como Oxone®.

Além disso, a própria reação é executada numa mistura de água e etanol, os quais são classificados como “solventes verdes”.

**Sua tarefa é realizar a oxidação do 4-nitrobenzaldeído, para recrystalizar o produto, comparar eluentes TLC e checar a pureza do produto usando TLC.**

**Nota: Descartes de eluente e etanol devem ser depositados no frasco marcado “ORGANIC WASTE”.**

## Procedimento

### I. Oxidação do 4-nitrobenzaldeído

1. **Misture** 20 mL de água e 5 mL de etanol.
2. **Insira** a barra magnética no frasco Erlenmeyer com boca esmerilhada de 100 mL.
3. **Transfira** a amostra pré-pesada de 1,51 gramas de 4-nitrobenzaldeído para o frasco Erlenmeyer. **Adicione** toda a mistura de água/etanol previamente preparada. **Ponha** o Erlenmeyer na braçadeira presa ao suporte de ferro. Inicie agitando a mistura, depois adicione a quantidade pré-pesada de 7,87 g do Oxone.
4. Monte o condensador de refluxo afrouxando a garra grande e ajuste a garra. (veja Figura 1). **Levante** seu cartão HELP. Um assistente de laboratório virá para ligar a água e ajustar a placa de aquecimento.
5. **Aqueça** a mistura reacional com um refluxo suave (cerca de 1 gota por segundo) durante 45 minutos. A marca no aquecedor corresponde ao

valor necessário para obter um refluxo suave.

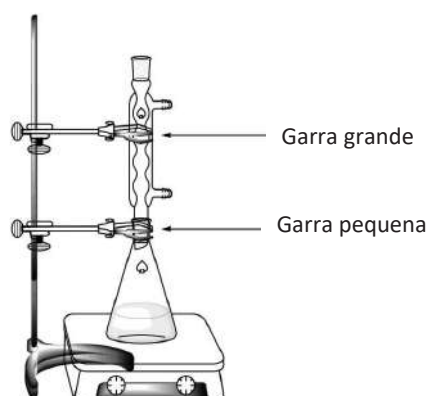


Figura 1. Montagem para aquecimento da mistura reacional sob refluxo

6. **Desligue** o aquecimento na placa de aquecimento e agitação. **Remova** a placa de aquecimento e deixe a mistura de reação esfriar por 10 minutos. Em seguida, **coloque** o recipiente contendo a mistura reacional, no recipiente para cristalização, preenchido com um banho de gelo-água. **Deixe** descansar por mais 10 minutos.
7. **Monte** um aparelho de filtração a vácuo (veja a Figura 2) usando um funil de Büchner, um papel de filtro e um kitassato, que deve ser fixado ao suporte de laboratório com a garra pequena. Levante seu cartão HELP. Um assistente de laboratório virá e mostrará como conectar o kitassato à fonte de vácuo.

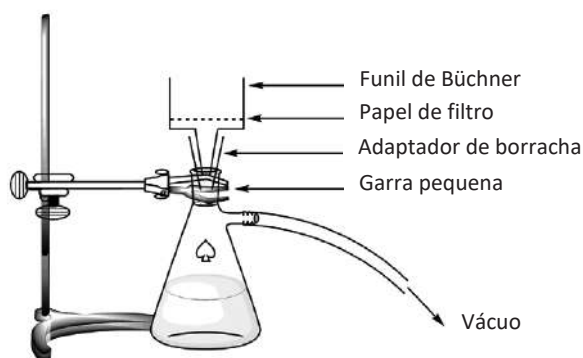


Figura 2. Montagem para a filtração a vácuo

8. Coloque o papel de filtro de modo a cobrir todos os orifícios do funil de Büchner e **molhe** com água.
9. **Transfira** a suspensão do produto bruto para o funil de Büchner e **aplique** vácuo. **Lave** o sólido completamente com água deionizada (pelo menos  $4 \times 20$  mL).

10. **Mantenha** a sucção a vácuo por 5 minutos para pré-secar o produto. **Desconecte** a fonte de vácuo. **Use** a pequena espátula para transferir uma ponta da espátula do produto no frasco de vidro âmbar de 1,5 mL, rotulado C. **Feche** o frasco e guarde-o para a parte III.
11. **Transfira** todo o restante do sólido para o Erlenmeyer de boca esmerilhada de 50 mL.
12. **Descarte** o filtrado no frasco rotulado com “Organic waste” e lave o kitassato e o funil de Büchner com etanol e água. **Use** o frasco rotulado com “Organic waste” para descartar resíduos de etanol.

## II. Oxidação do 4-nitrobenzaldeído

1. **Misture** 9 mL de água e 21 mL de etanol.
2. **Realize** a recristalização do produto bruto contido no Erlenmeyer de 50 mL com a quantidade apropriada desta mistura água / etanol, usando a mesma configuração que para o aquecimento a refluxo (ver Figura 1). **Levante** seu cartão HELP. Um assistente de laboratório virá para ligar a água e ajustar a placa de aquecimento. **Adicione** o solvente pelo topo do condensador.
3. Uma vez que o produto tenha cristalizado, **use** o mesmo procedimento descrito anteriormente (I.7 a I.10) para coletar o sólido. **Use** a espátula pequena para transferir uma ponta de espátula do produto recristalizado no frasco de vidro âmbar de 1,5 mL, rotulado R. **Feche** o frasco e guarde-o para a parte III.
4. **Transfira** o sólido purificado no frasco pré-pesado etiquetado com o seu Código do Estudante. **Feche** o frasco.
5. **Descarte** o filtrado no frasco rotulado como “Organic waste” e levante seu cartão HELP. Um assistente de laboratório virá para desligar a água do condensador.

## III. Análise TLC

1. **Prepare** a câmara de eluição. **Preencha** a câmara de eluição com o eluente A até cerca de 0,5 cm de altura. **Cubra** com uma placa de Petri. **Espere** que o eluente sature a atmosfera na câmara de eluição.
2. **Prepare** suas amostras. Você recebeu uma amostra de 4-nitrobenzal-

deído em um frasco de vidro âmbar rotulado como padrão TLC (referido como **S** na TLC). Você também reservou uma pequena amostra do seu produto bruto (frasco **C**) e o seu produto recristalizado (frasco **R**) em outros dois frascos de vidro âmbar. **Adicione** cerca de 1 mL de etanol em cada um desses frascos para dissolver as amostras.

3. **Prepare sua placa TLC.** Use um lápis para **desenhar** cuidadosamente a linha de partida (1 cm acima da borda inferior da placa) e **marque** as posições a fim de detectar as 3 amostras. **Rotule-as** como **S** (material de partida), **C** (produto bruto) e **R** (produto recristalizado), como descrito na Figura 3. No canto superior esquerdo da placa, **escreva** seu **Código de estudante**. No canto superior direito da placa, **escreva** o eluente que você usou (primeiro **Eluente A**, depois **Eluente B**). **Aplique** as três amostras na placa, usando capilares.

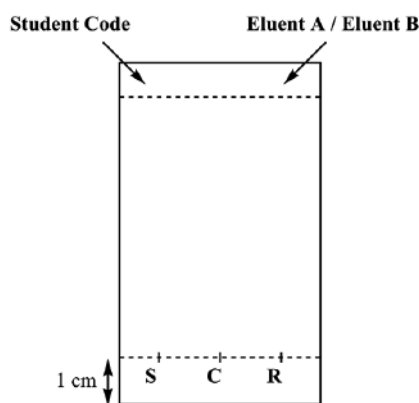


Figura 3. Preparação da placa TLC

4. **Execute** a análise de TLC. Usando uma pinça, **insira** a placa de TLC na câmara de eluição e cubra-a com a placa de Petri. **Deixe** o eluente atingir aproximadamente 1 cm abaixo do topo da placa. Usando uma pinça, **remova** a placa, marque a frente do eluente com um lápis e deixe a placa secar ao ar.
5. **Visualize** a placa TLC. **Coloque** a placa TLC sob a lâmpada UV mantida na bancada de uso coletivo. Com um lápis, **circule** todos os pontos visíveis.
6. **Descarte o eluente no frasco rotulado com "Organic waste".**
7. **Repita** as etapas 1, 3, 4, 5, e 6 com o eluente B.
8. **Coloque** suas placas no saco com fecho com o seu código do estudante.

- frasco de vidro rotulado com o seu **Código do Estudante** contendo o seu produto recristalizado;
- Placas TLC A e B em saco com fecho rotulado com o seu **Código do Estudante**.

Itens entregues		
<b>Produto recristalizado</b>	<input type="checkbox"/>	
<b>TLC placa A</b>	<input type="checkbox"/>	
<b>TLC placa B</b>	<input type="checkbox"/>	
<b>Assinaturas</b>	_____	_____
	Estudante	Supervisor do Lab

9. Proponha uma estrutura para o produto orgânico final a partir da reação de 4-nitrobenzaldeído e Oxone®.

10. Com base nos seus resultados na análise de TLC, responda às seguintes perguntas.

- Qual eluente é melhor para acompanhar o progresso da reação?

☐ A
☐ B

- O produto bruto (C) contém traços de 4-nitrobenzaldeído.

☐ Verdadeiro
☐ Falso

- O produto recristalizado (R) contém traços de 4-nitrobenzaldehyde.

☐ Verdadeiro
☐ Falso

Problema P2 14% do total	Questão	Calibração	Determinação de Ferro	P2.1	P2.2	P2.3	Determinação estequiométrica	P2.4	P2.5	Total
	Pontos	10	6	3	4	3	9	3	2	40
	Nota									

---

## PROBLEMA P2 | A idade do ferro no vinho

---

O ferro é um elemento que pode ser encontrado naturalmente no vinho. Quando sua concentração ultrapassa 10 a 15 mg por litro, a oxidação de ferro(II) a ferro (III) pode levar a uma perda de qualidade, por meio da formação de precipitados. Portanto, é necessário avaliar o teor de ferro no vinho durante sua produção.

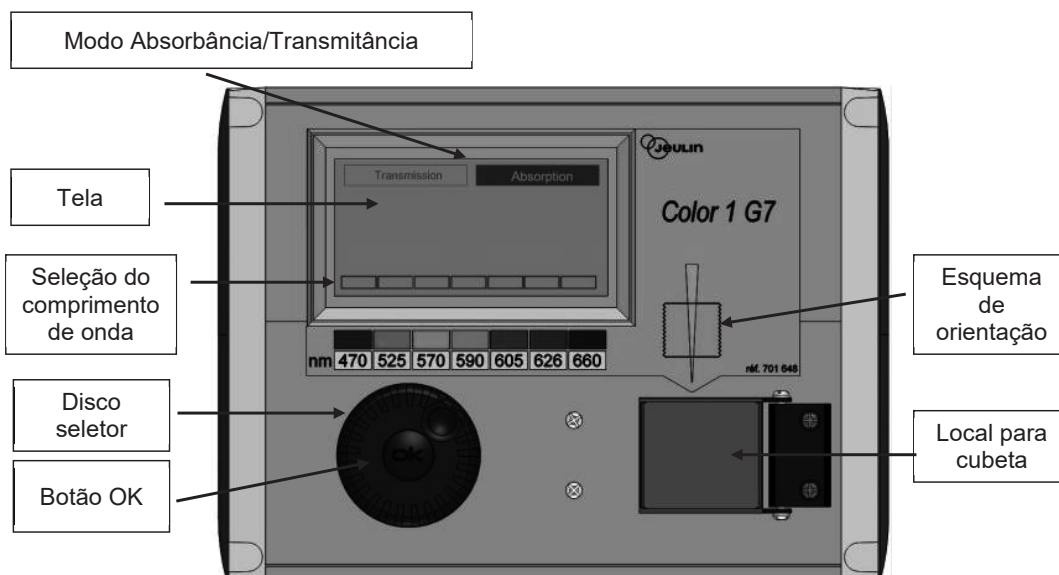
Dada a baixíssima concentração de espécies de ferro, um complexo colorido de ferro (III) com tiocianato SCN<sup>-</sup> como ligante é usado para determinar a quantidade de ferro por meio de medidas espectrofotométricas.

**Sua tarefa é determinar a concentração total de ferro do vinho branco fornecido, usando espectrofotometria, e determinar a estequiometria do complexo tiocianato – ferro(III).**

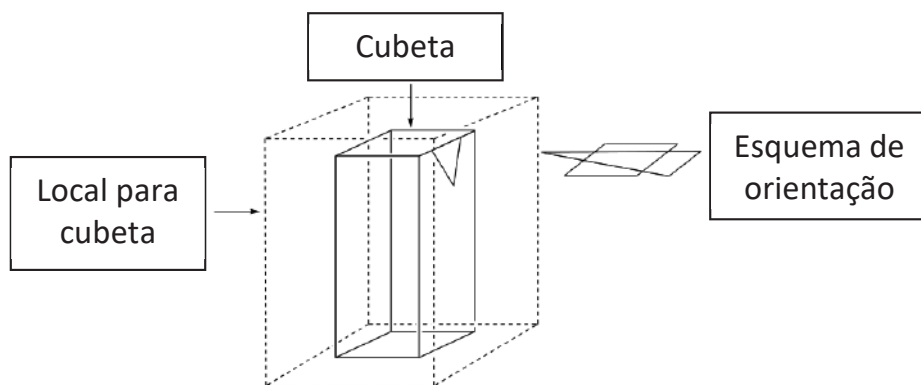
## ATENÇÃO

- Nessa tarefa, são fornecidas para você duas soluções de ferro (III) e duas soluções de tiocianato de potássio de diferentes concentrações. Tenha cuidado para não confundi-las.
- Uma vez que as soluções estiverem prontas para as medidas espectrofotométricas, registre a absorbância em até uma hora após a adição de tiocianato.
- Quando você precisar de um colorímetro, levante seu cartão HELP. Um assistente de laboratório fornecerá a você um colorímetro rotulado. Você terá acesso exclusivo a esse colorímetro por até 15 minutos. O assistente de laboratório terá o acesso ao colorímetro de volta assim que você terminar de usá-lo ou quando os 15 minutos tiverem terminado. Se nenhum colorímetro estiver disponível no exato momento, você será adicionado a uma lista de espera.
- Instruções para o uso do colorímetro são apresentadas na página seguinte.
- Você pode solicitar o uso do colorímetro apenas 3 vezes para esse problema.

## Instruções para o uso do colorímetro



- Conecte o colorímetro.
- Verifique se “Absorbance” está destacado. Se não estiver, gire o disco seletor até que uma linha tracejada apareça em volta de “Absorption” e então pressione o botão OK.
- Gire o disco seletor até que uma linha tracejada apareça em volta do comprimento de onda desejado (470 nm). Pressione o botão OK.
- Coloque a cubeta com cerca de 3 cm de altura da solução do branco no local para cubeta. Tenha cuidado para escolher a orientação correta (observe o esquema de orientação no colorímetro, o raio está na direção da seta amarela, veja a figura abaixo), e empurre a cubeta para baixo até atingir a posição final. Feche a tampa.
- Gire o disco seletor até que uma linha tracejada apareça em volta de “Absorbance” e então pressione o botão OK. Usando o disco seletor, selecione “Calibration” quando essa opção estiver em destaque e pressione o botão OK.
- Espere até que a tela mostre 0,00 (ou -0,00).
- Coloque a cubeta com cerca de 3 cm de altura da solução analisada no local para cubeta. Feche a tampa.
- Leia o valor da absorbância.





## I. Determinação do teor de ferro no vinho

Nessa parte, você irá precisar de uma solução 0,000200 M de ferro(III) e de uma solução 1 M de tiocianato de potássio.

### Procedimento

11. **Prepare** 6 tubos adicionando a cada tubo o volume solicitado das soluções fornecidas, como descrito na tabela abaixo.

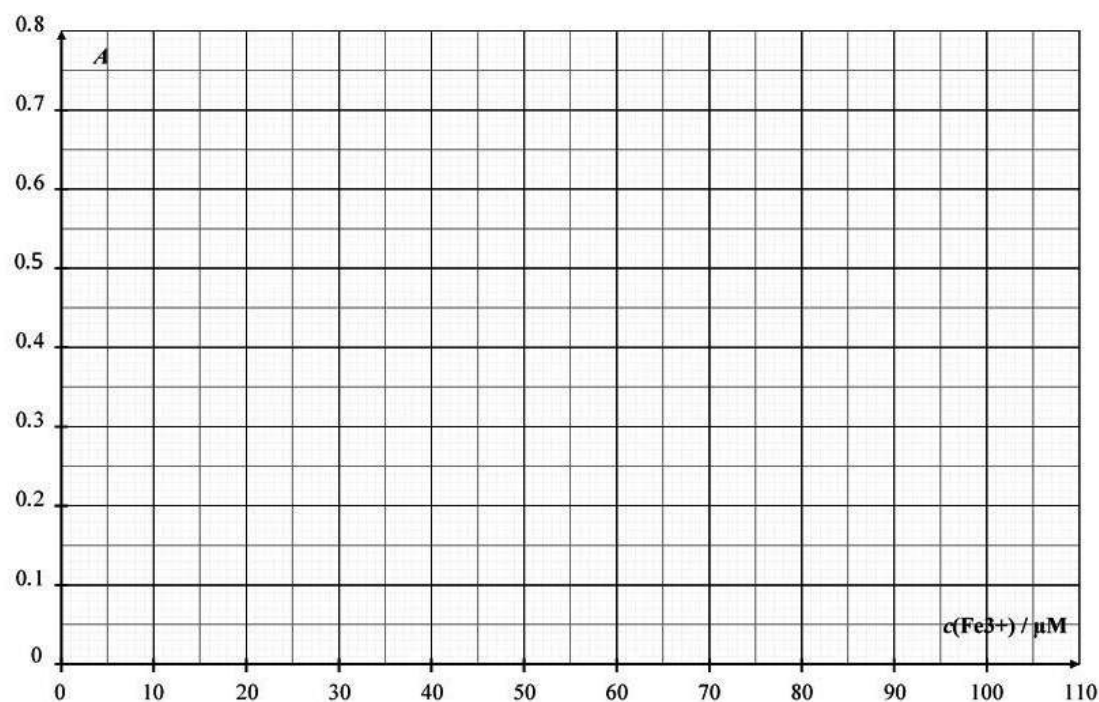
Tubo #	1	2	3	4	5	6
Solução 0,000200 M de ferro (III)	1,0 mL	2,0 mL	4,0 mL	6,0 mL		
Solução 1 M de ácido perclórico	1,0 mL	1,0 mL	1,0 mL	1,0 mL	1,0 mL	1,0 mL
Vinho					10,0 mL	10,0 mL
Solução de peróxido de hidrogênio					0,5 mL	0,5 mL
Água deionizada	9,5 mL	8,5 mL	6,5 mL	4,5 mL		1,0 mL

12. **Tampe** os tubos e **homogeneíze**.
13. **Adicione** 1,0 mL de solução 1 M de tiocianato de potássio aos tubos **1, 2 3, 4 e 5**. Não adicione ao tubo **6**. **Tampe** and **homogeneíze**.
14. Quando todos os tubos estiverem prontos, **levante** seu cartão HELP para conseguir um colorímetro com um assistente de laboratório.
15. **Prepare** o colorímetro usando o procedimento descrito anteriormente (veja a página 18). **Ajuste** o comprimento de onda em 470 nm. **Use** água deionizada para o branco.
16. **Registre** a absorbância de cada tubo (**1 a 6**) nesse comprimento de onda. **Anote** os resultados na tabela a seguir. **Levante** seu cartão HELP para liberar o colorímetro.

Tubo #	1	2	3	4	5	6
Absorbância (em 470 nm)						
Concentração analítica de $\text{Fe}^{3+}$ no tubo $c(\text{Fe}^{3+}) / \mu\text{M}$	16	32	64	96		
Código do colorímetro						

## Questões

1. **Faça o gráfico** da absorbância  $A$  dos tubos 1 a 4 em função da concentração analítica de  $\text{Fe}^{3+}$  no tubo.



- Na tabela a seguir marque as células correspondentes aos dados que você irá usar para construir a sua curva de calibração.

Tubo #	1	2	3	4
Valores de absorbância usados na curva de calibração				

2. Usando o gráfico anterior e os dados que você escolheu, **desenhe** a linha reta de calibração no gráfico anterior e **determine** a concentração analítica de  $\text{Fe}^{3+}$  (em  $\mu\text{mol L}^{-1}$ ) no tubo 5.

$$c(\text{Fe}^{3+})_{\text{TUBO 5}} = \text{_____} \mu\text{mol L}^{-1}$$

Se você não conseguiu calcular  $c(\text{Fe}^{3+})$ , o valor  $c(\text{Fe}^{3+}) = 50 \mu\text{mol L}^{-1}$  pode ser usado no resto do problema.

$$c_m(\text{Fe}^{3+})_{\text{TUBO 5}} = \text{_____} \text{mg L}^{-1}$$

## II. Determinação da estequiometria do complexo

Nessa parte, você irá precisar de solução 0,00200 M de ferro (III) e de solução 0,00200 M de tiocianato de potássio.

### Procedimento

Na parte I desse problema nós usamos a cor do complexo ferro(III)-tio-cianato para determinar a concentração de ferro na amostra de vinho. A parte II desse problema tem como objetivo investigar a estequiometria do complexo  $[\text{Fe}_a(\text{SCN})_b]^{(3a-b)+}$  (a coordenação da água não é mostrada), em que a e b são inteiros não maiores que 3.

Para essa parte são fornecidas a você as seguintes soluções aquosas:

- Solução de ferro (III) 0,00200 M (já acidificada) (80 mL)
- Solução de tiocianato de potássio 0,00200 M (80 mL)

Você também tem tubos de ensaio (com tampas que você pode lavar e secar), pipetas graduadas, uma cubeta, um colorímetro (que você pode requisitar), e qualquer outro material de laboratório na sua bancada que você considerar achar útil.

1. **Preencha** as primeiras três linhas da tabela a seguir com os valores de volume que permitirão que você determine a estequiometria do complexo, por medidas espectrofotométricas. Você não precisa preencher todas as colunas. **Calcule** a fração molar de ferro (III) em cada tubo usando a seguinte equação.

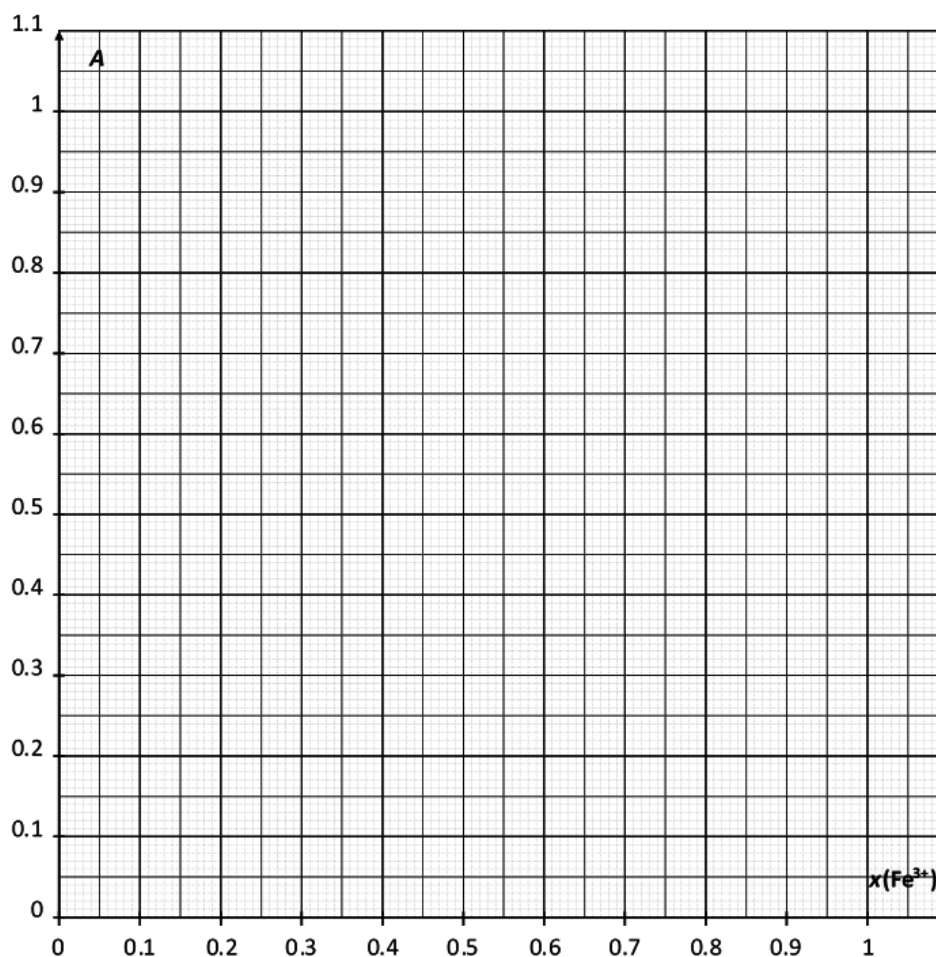
$$x(\text{Fe}^{3+}) = \frac{V_{\text{Fe(III)}}}{V_{\text{Fe(III)}} + V_{\text{SCN}^-}}$$

Tubo #	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Volume de solução 0,00200 M de ferro(III) $V_{\text{Fe(III)}}$ / mL									
Volume de solução 0,00200 M de tiocianato de potássio $V_{\text{SCN}^-}$ / mL									
Fração molar de ferro(III) $x(\text{Fe}^{3+})$									
Absorbância (em 470 nm)									
Código do colorímetro									

2. **Prepare** os tubos. Quando todos os tubos estiverem prontos, **levante** seu cartão HELP para conseguir um colorímetro com um assistente de laboratório.
3. **Prepare** o colorímetro usando o procedimento descrito anteriormente (veja a página 18). **Ajuste** o comprimento de onda em 470 nm. **Use** água deionizada para o branco.
4. **Registre** a absorbância de cada tubo nesse comprimento de onda. **Anote** os resultados na tabela anterior.

## Questões

5. **Faça o gráfico** da absorbância  $A$  dos tubos em função da fração molar de ferro (III)  $x(\text{Fe}^{3+})$ .



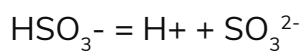
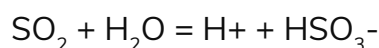
6. Baseado nos resultados dos experimentos que você realizou, **determine** a estequiometria do complexo  $[(\text{Fe})_a(\text{SCN})_b]^{(3a-b)+}$ .

<b>a = _____ b = _____</b>
----------------------------

Problema P3 13% do total	Questão	Titulação I	Titulação II	Titulação III	P3.1	P3.2	P3.3	P3.4	P3.5	Total
	Pontos	10	10	8	4	4	2	2	2	42
	Nota									

### PROBLEMA P3 | Vinho para guardar

O dióxido de enxofre,  $\text{SO}_2$ , é usado como conservante no vinho. Quando o  $\text{SO}_2$  é adicionado ao vinho, ele pode reagir com a água levando à formação de íons bissulfito,  $\text{HSO}_3^-$  e prótons,  $\text{H}^+$ . O bissulfito também pode ser convertido em sulfito,  $\text{SO}_3^{2-}$ , pela perda de um segundo próton.



Essas três formas diferentes de dióxido de enxofre na água podem reagir com substâncias presentes no vinho, tais como acetaldeído, pigmentos, açúcares etc. formando produtos **P**. A concentração total de dióxido de enxofre é a soma da concentração das formas “livres” ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{HSO}_3^-$  e  $\text{SO}_3^{2-}$ ) e **P**.

A concentração de conservantes é regulada porque os sulfitos e o dióxido de enxofre podem ser prejudiciais para algumas pessoas. Na UE, o teor máximo total de dióxido de enxofre é fixado em  $100 \text{ mg L}^{-1}$  para vinho tinto e  $150 \text{ mg L}^{-1}$  para branco ou rosé.

Sua tarefa é determinar, por titulação iodométrica, a concentração total de dióxido de enxofre do vinho branco fornecido.

## Procedimento

### I. Padronização da solução de tiosulfato de sódio.

- Você recebeu uma amostra de cerca de 100 mg de iodato de potássio puro  $\text{KIO}_3$ . A massa exata está escrita no rótulo do frasco. **Anote-a** na tabela abaixo.

2. **Prepare** 100 mL de solução de iodato de potássio no balão volumétrico de 100 mL, utilizando toda a amostra de iodato de potássio sólido e água deionizada. Esta solução é chamada **S**.
3. Em um Erlenmeyer de 100 mL, **adicione**:
  - 20 mL de solução **S**, usando uma pipeta volumétrica;
  - 5 mL de solução de iodeto de potássio (0,5 M), usando uma proveta de 5 mL;
  - 10 mL de solução de ácido sulfúrico (2,5 M) usando uma proveta de 10 mL.
4. **Agite** o Erlenmeyer, **cubra-o** com Parafilm e **deixe-o** no armário, por pelo menos cinco minutos.
5. **Encha** a bureta com a solução de tiosulfato fornecida, usando um béquer. **Titule** o conteúdo do Erlenmeyer, com agitação constante. Quando o líquido ficar amarelo pálido, **adicione** 10 gotas da solução de amido e continue titulando até que a solução se torne incolor. **Registre** o volume da titulação,  $V_1$ .
6. **Repita** o procedimento (etapas 3-5) quando necessário.

Massa de iodato de potássio.	
(anote o valor no rótulo)	
Análise nº	$V_1$ / mL
1	
2	
3	
Valor considerado $V_1$ / mL	

## II. Padronização da solução de iodeto

1. Com uma pipeta volumétrica, **transfira** 25 mL da solução de iodo, rotulada  $I_2$ , para um Erlenmeyer de 100 mL.
2. **Titule** o conteúdo do Erlenmeyer com a solução de tiosulfato de sódio.

Quando o líquido ficar amarelo pálido, **adicione** 10 gotas da solução de amido e **continue titulando** até que a solução se torne incolor. Registre o volume de titulação,  $V_2$ .

3. **Repita** o procedimento (etapas 1-2) quando necessário.

Análise nº	$V_2$ / mL
1	
2	
3	
Valor considerado $V_2$ / mL	

### III. Determinação de dióxido de enxofre total

- Com uma pipeta volumétrica, **transfira** 50 mL de vinho para um Erlenmeyer de 250 mL.
- Adicione** 12 mL da solução de hidróxido de sódio (1 M), usando uma proveta de 25 mL. Cubra o frasco com Parafilm, **agite** o conteúdo e deixe agir por pelo menos 20 minutos.
- Adicione** 5 mL da solução de ácido sulfúrico (2,5 M) e cerca de 2 mL de solução de amido usando uma pipeta de plástico descartável graduada.
- Titule** o conteúdo do Erlenmeyer com a solução de iodo na bureta, até que uma cor escura apareça, e persista por pelo menos 15 segundos. **Registre** o volume de titulação,  $V_3$ .
- Repita** o procedimento (etapas 1-4) quando necessário.

Análise nº	$V_3$ / mL
1	
2	
3	
Valor considerado $V_2$ / mL	

## Questões

1. **Escreva abaixo** as equações balanceadas de todas as reações que ocorrem durante a padronização da solução de tiosulfato de sódio.
2. **Calcule** a concentração molar da solução de tiosulfato de sódio. A massa molar de iodato de potássio é  $M(\text{KIO}_3) = 214,0 \text{ g mol}^{-1}$ .

$$c(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = \text{_____} \text{ mol L}^{-1}$$

Se você não conseguir calcular  $c(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$ , use o valor de  $c(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 0,0500 \text{ mol L}^{-1}$  no restante do problema.

3. **Calcule** a concentração molar da solução de iodeto.

$$c(\text{I}_2) = \text{_____} \text{ mol L}^{-1}$$

Se você não conseguir calcular  $c(\text{I}_2)$ , use o valor de  $c(\text{I}_2) = 0,00700 \text{ mol L}^{-1}$  no restante do problema.

4. **Escreva abaixo** a equação da reação entre o iodo  $\text{I}_2$  e o dióxido de enxofre  $\text{SO}_2$ , assumindo que o dióxido de enxofre é oxidado para íons sulfato,  $\text{SO}_4^{2-}$ .
5. Calcule a concentração em massa, em mg por litro, de dióxido de enxofre total no vinho. A massa molar do dióxido de enxofre é  $M(\text{SO}_2) = 64,1 \text{ g mol}^{-1}$ .

$$c_m(\text{SO}_2) = \text{_____} \text{ mol L}^{-1}$$



# CAPÍTULO 10



## EXAME TEÓRICO

O Vinho do Porto é mais do que um produto português e, com legitimidade, muito mais que um vinho. É também um produto cultural e um impulsionador do desenvolvimento técnico-científico e económico da sua região de origem, o Douro, e, em particular, da cidade do Porto que lhe dá o nome. Pela história que encerram e portugalidade que ostentam, a vinha do Douro e o vinho do Porto são os temas aglutinadores da XXIV edição das Olimpíadas Ibero-Americanas de Química.

### Tabela de constantes

Capacidade calorífica em massa da água líquida	$c_p = 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Capacidade calorífica em massa do gelo	$c_p = 2,11 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Capacidade calorífica em massa do alumínio	$c_p = 0,900 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Capacidade calorífica em massa do vinho	$c_p = 4,30 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Constante de Avogadro	$N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Constante de Boltzmann	$k_B = 1,381 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$
Constante de Faraday	$F = 9,648 \times 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$
Constante dos gases	$R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
Constante de Planck	$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
Constante de Rydberg	$R_H = 13,6 \text{ eV}$
Conversão de Celsius em Kelvin	$T/K = \Theta \text{ } ^\circ\text{C} + 273,15 \text{ K}$
Conversão de Elétron-volt em Joule	$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$
Densidade do alumínio	$\rho = 2,70 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$
Densidade da água líquida	$\rho = 1,00 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$
Densidade do vinho	$\rho = 0,978 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$
Velocidade da luz no vácuo	$c = 2,998 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

## Formulário

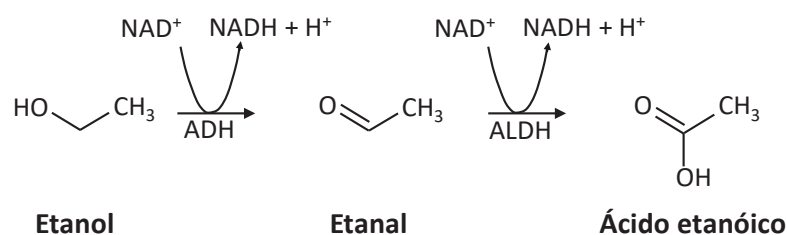
Equação de van't Hoff	$\ln K = -\frac{\Delta H}{RT} + \text{Constante}$ <p><math>K</math> é a constante de equilíbrio da reação, a uma dada temperatura <math>T</math>; <math>\Delta H</math> é a variação de entalpia da reação, considerada constante no intervalo de temperaturas em causa; <math>R</math> é a constante dos gases.</p>
Energia do fóton	$E = \frac{h \ c}{\lambda}$ <p><math>h</math> é a constante de Planck; <math>c</math> é a velocidade da luz no vácuo; <math>\lambda</math> é o comprimento de onda da radiação.</p>
Energia de um elétron no nível $n$ de um átomo hidrogenóide	$E_n = -R_H \frac{Z^2}{n^2}$ <p><math>R_H</math> é a constante de Rydberg; <math>Z</math> é a carga nuclear.</p>
Energia de um elétron no nível $n$ de um átomo multieletrônico	$E_n = -R_H \frac{(Z - B)^2}{n^2}$ <p><math>B</math> é a constante de blindagem.</p>
Volume do cilindro	$V = \pi \ r^2 \ h$ <p><math>r</math>: raio da base do cilindro  <math>h</math>: altura do cilindro</p>
Área total do cilindro	$A = 2\pi r^2 + 2\pi r h$ <p><math>r</math>: raio da base do cilindro  <math>h</math>: altura do cilindro</p>

## PERGUNTA 1 | 13% METABOLISMO DO ÁLCOOL

Questão	1.1	1.2	1.3.1	1.3.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	Total
Cotação	15	25	10	10	20	15	15	20	20	20	<b>170</b>
Classificação											

Após a ingestão de uma bebida alcoólica, o etanol é inteiramente absorvido pelo tubo digestivo sem sofrer prévia digestão, difundindo-se em todo o organismo através da corrente sanguínea.

A maior parte do etanol ingerido é metabolizado no fígado pela ação catalítica das enzimas álcool desidrogenase (ADH) e aldeído desidrogenase (ALDH) em duas etapas sequenciais. Este inicia-se com a sua transformação em etanal, que, depois, é transformado em ácido etanóico. O etanol restante é excretado sem qualquer alteração pela urina, suor e respiração.

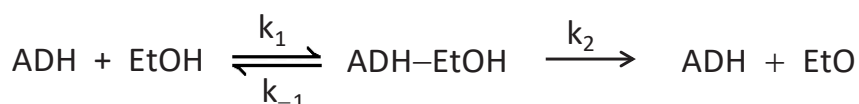


**1.1** Na primeira etapa, o etanol (EtOH) sofre uma reação de redox com o dinucleótido de nicotinamida e adenina ( $\text{NAD}^+$ ), que é um derivado metabólico derivado da vitamina B3 (niacina). A reação é catalisada pela enzima álcool desidrogenase, ADH.



Escreva as semireações que representam a reação de eliminação do etanol com produção de etanal e identifique o oxidante e o redutor.

**1.2** O mecanismo da reação anterior é descrito pela combinação inicial do etanol com a enzima álcool desidrogenase para formar um complexo enzima-etanol, (ADH-EtOH), com uma constante de velocidade  $k_1$ , seguida pela conversão desse complexo nos correspondentes produtos da reação (ADH + EtO), com uma constante de velocidade  $k_2$ , ou pela dissociação do complexo com uma constante de velocidade  $k_{-1}$ .



De uma maneira geral, a formação do complexo intermediário ADH-EtOH e a regeneração da enzima ADH ocorrem sob um regime de estado estacionário, que significa que a concentração do intermediário ADH EtOH é aproximadamente constante.

Nestas condições, a velocidade de formação de etanal,  $v$ , é expressa por:

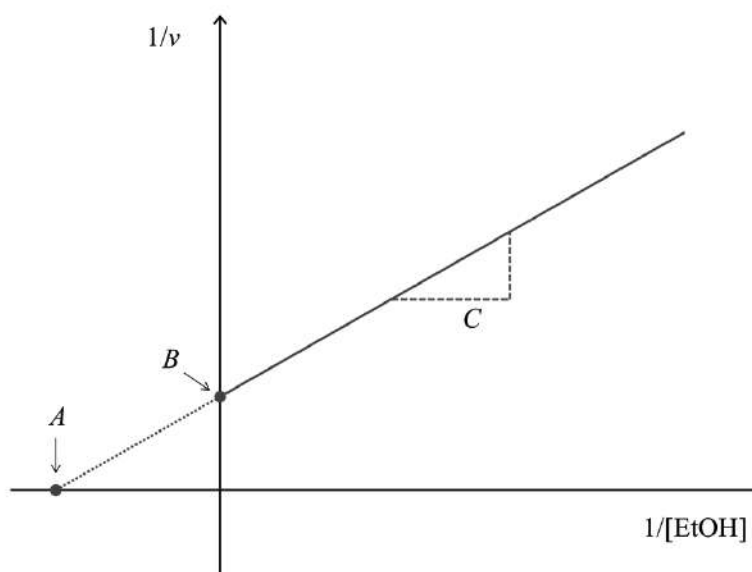
$$v = \frac{k_2 [\text{ADH}]_t [\text{EtOH}]}{K_M + [\text{EtOH}]}$$

em que  $[\text{ADH}]_t$  é a concentração total da enzima álcool desidrogenase e  $K_M$  é definido por:

$$K_M = \frac{(k_{-1} + k_2)}{k_1}$$

	$K_M = A$
	$K_M = B$
	$K_M = 1/A$
	$K_M = -1/A$
	$K_M = -1/B$
	$K_M = C$
	$K_M = 1/B$

A velocidade de formação do etanal pode ser representada graficamente na forma de  $1/v$  vs.  $1/[\text{EtOH}]$ :



Deduza a expressão linearizada correspondente.

**Considerando a representação anterior**, selecione a afirmação verdadeira (VE).

**1.3** Em certas condições, a expressão da velocidade de formação de etanal pode ser simplificada.

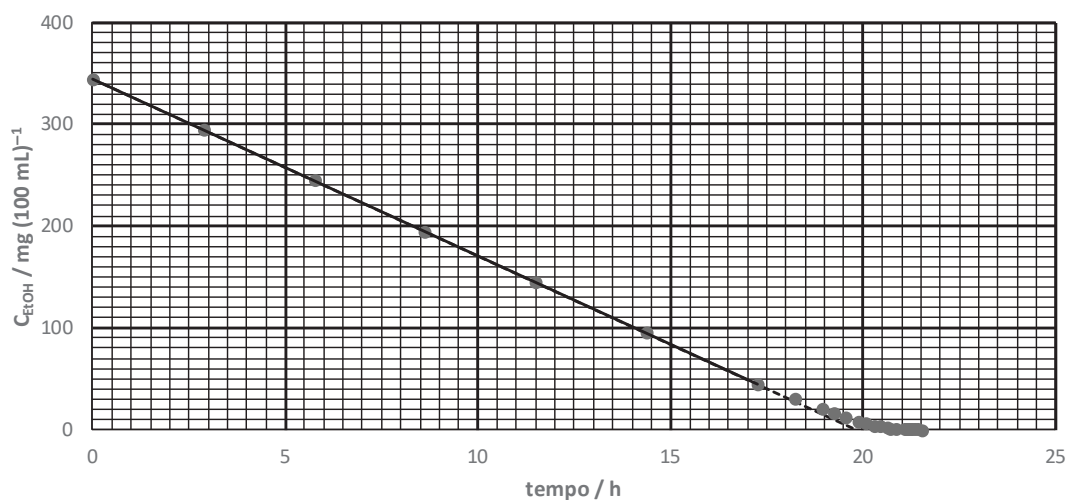
**1.3.1** Escreva a expressão da velocidade de formação de etanal quando a concentração de etanol é muito superior ao valor de  $K_M$ , e indique a ordem da reação para o EtOH.

**1.3.2** Escreva a expressão da velocidade de formação de etanal quando a concentração de etanol é muito inferior ao valor de  $K_M$ , e indique a ordem de reação para o EtOH.

**1.4** Em Portugal, é proibido conduzir com uma taxa de álcool no sangue igual ou superior a 50 mg de etanol por 100 cm<sup>3</sup> de sangue. Considere  $k_2 = 1,33 \text{ s}^{-1}$  e  $K_M = 1,00 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Indique a ordem de reação em relação ao etanol, quando um condutor está proibido de conduzir por efeito do álcool.

**1.5** A Figura 1.1 mostra como a concentração de etanol no sangue de um determinado indivíduo adulto varia com o tempo. Calcule a velocidade com que o etanol é eliminado em  $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ .



**Figura 1.1**

**1.6** Calcule a concentração total da enzima álcool desidrogenase no mesmo indivíduo adulto. Admita que  $[\text{ADH}]_t$  permanece constante ao longo do tempo.

Se não respondeu à questão anterior, considere  $v = -1,00 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ .

**1.7** Caso o mesmo indivíduo adulto tenha uma concentração de etanol no sangue de  $200 \text{ mg} / 100 \text{ cm}^3$ , quantas horas estará proibido de dirigir em Portugal?

**1.8** Além do etanol, a enzima álcool desidrogenase também metaboliza outros álcoois, como por exemplo o metanol, cuja lei cinética é descrita por  $k_2 = 1,10 \text{ s}^{-1}$  e  $K_M = 3,2 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Qual dos álcoois (metanol ou etanol) apresenta maior velocidade máxima de reação? Justifique.

(Note que a velocidade máxima é proporcional à concentração total de enzima)

**1.9** Qual dos álcoois (metanol ou etanol) tem vantagem na competição pela enzima álcool desidrogenase quando a concentração de ambos os álcoois é semelhante? Justifique.

---

## PERGUNTA 2 | 11% EMBALAGENS FUNCIONAIS

---

Questão	2.1	2.2	2.3.1	2.3.2	2.3.3	Total
Cotação	25	25	20	50	30	<b>150</b>
Classificação						

A comercialização de pequenas porções de vinho em embalagens de lata de alumínio vem sendo implementada desde 2009. Este novo conceito apresenta várias vantagens competitivas face à tradicional embalagem de vidro: é mais fácil de transportar, sem risco de se quebrar.

Sendo o alumínio um bom condutor térmico, a embalagem de lata esfria não só mais rapidamente como de forma mais uniforme do que qualquer outra embalagem no mercado.

Considere que se pretende esfriar, à pressão atmosférica, várias embalagens de lata de alumínio contendo vinho, com um formato cilíndrico (altura:  $8,00 \text{ cm}$  e diâmetro da base:  $5,00 \text{ cm}$ ), desde a temperatura ambiente ( $22,0^\circ\text{C}$ ) até  $10,0^\circ\text{C}$ . Como fonte de resfriamento usou-se  $10,0 \text{ kg}$  de gelo resfriado a  $-30,0^\circ\text{C}$  numa câmara frigorífica.

**2.1** Considerando os dados fornecidos na Tabela de constantes e que  $\Delta H_{\text{fusão}}(\text{H}_2\text{O}) = 6,01 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , calcule a energia absorvida pela massa de gelo inicial até alcançar a temperatura de  $10,0^\circ\text{C}$ .

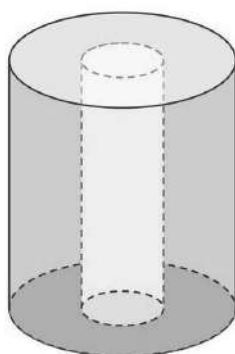
- 2.2** Quantas embalagens de lata de alumínio com vinho podem ser resfriadas, desde a temperatura ambiente (22,0 °C) até 10,0 °C com 10,0 kg de gelo? Considere que o alumínio tem uma espessura de 0,220 mm, e utilize os dados fornecidos na Tabela de constantes.

Caso não tenha resolvido a pergunta 2.1, considere que o valor da energia absorvida pela massa de gelo é  $5,0 \times 10^3$  kJ.

- 2.3** A aceitação das embalagens de alumínio deve-se também ao reconhecimento generalizado de que reúnem as condições necessárias para serem as precursoras das embalagens funcionais, em particular com a funcionalidade de autoresfriamento.

A tecnologia mais simples de autoresfriamento de um líquido baseia-se na dissolução endotérmica de um sal.

Considerando as características da lata de alumínio indicadas na Figura 2.1 e os dados fornecidos pela Tabela 2.1, propomos-lhe que projete o resfriamento da bebida alcoólica de 22,0 °C a 10,0 °C, usando as características termodinâmicas da dissolução em água do nitrato de amónio.



**Figura 2.1:** Volume total da lata de alumínio: 237,5 cm<sup>3</sup>, onde existe uma cavidade (amarela) de volume 80,4 cm<sup>3</sup> e cheia de água destinada ao autoresfriamento.

**Amarelo:** cavidade destinada ao autoresfriamento. Considere desprezível a espessura das paredes da lata e da cavidade.

**Tabela 2.1:** Dados termodinâmicos referentes ao sal NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>.

Reação	$\Delta H / \text{kJ mol}^{-1}$
$\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$	-----?-----
$\text{NH}_4^+(\text{g}) + \text{NO}_3^-(\text{g}) \rightarrow \text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$	— 646
$\text{NH}_4^+(\text{g}) \rightarrow \text{NH}_4^+(\text{aq})$	— 307
$\text{NO}_3^-(\text{g}) \rightarrow \text{NO}_3^-(\text{aq})$	— 314

- 2.3.1** Calcule a entalpia de dissolução do  $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$ .
- 2.3.2** Calcule a energia necessária para satisfazer os requisitos do projeto, tendo em consideração que a massa total de alumínio da lata é 19,1 g.  $\Delta T = 12^\circ\text{C}$
- 2.3.3** Calcule a massa mínima de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  necessária para satisfazer os requisitos do projeto.

Se não respondeu à questão 2.3.1, considere a entalpia de dissolução do  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  como  $30 \text{ kJ/mol}$ . Se não respondeu à questão 2.3.2, considere que há a absorção de  $11 \text{ kJ mol}^{-1}$  de energia no processo de dissolução do sal.

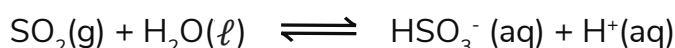
---

**PERGUNTA 3 | 15% ENXOFRE, UM ALIADO DA VINHA**

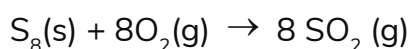
---

Questão	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	Total
Cotação	30	20	10	50	25	20	50	25	30	<b>260</b>
Classificação										

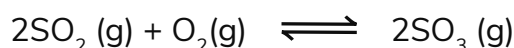
A utilização de aditivos químicos é uma prática comum utilizada na conservação de alimentos. Um exemplo é o ânion hidrogenosulfito, empregue como agente antimicrobiano e antioxidante em diversos alimentos e bebidas fermentadas, como o vinho. Este aditivo é produzido por dissolução de dióxido de enxofre em água, sendo o processo representado pela equação química seguinte:



O dióxido de enxofre pode ser obtido por combustão do enxofre sólido em atmosfera de oxigênio:



Na presença de oxigênio em excesso, o dióxido de enxofre é parcialmente oxidado a trióxido de enxofre.



- 3.1** Apesar da forma mais estável do enxofre, no estado sólido, ser o alótropo  $\text{S}_8$ , em certas condições experimentais ocorrem também outros alótropos, nomeadamente as formas  $\text{S}_6$  e  $\text{S}_4$ . Classifique as afirmações seguintes em verdadeiras (VE) ou falsas (FA).

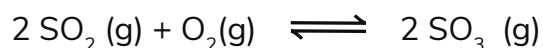


	As 3 formas alotrópicas ( $S_8$ , $S_6$ e $S_4$ ) têm a mesma massa molar.
	O número de moléculas por mol é igual para as 3 formas alotrópicas ( $S_8$ , $S_6$ e $S_4$ ).
	O número de átomos por mol é igual para as 3 formas alotrópicas ( $S_8$ , $S_6$ e $S_4$ ).
	Massas iguais das 3 formas alotrópicas ( $S_8$ , $S_6$ e $S_4$ ) têm o mesmo número de átomos.
	As 3 formas alotrópicas ( $S_8$ , $S_6$ e $S_4$ ) têm a mesma fórmula empírica.

**3.2** Represente as estruturas de Lewis para as moléculas de  $SO_2$  e  $SO_3$ .

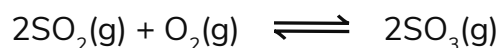
**3.3** Indique a geometria provável das moléculas de  $SO_2$  e  $SO_3$ .

**3.4** A partir da combustão de 100 toneladas de enxofre sólido, na sua forma alotrópica mais estável, na presença de grande excesso de  $O_2$  gasoso, formaram-se 207 toneladas de uma mistura gasosa de  $SO_2$  e  $SO_3$ . Calcule a percentagem de  $SO_2$  produzido.



**3.5** O efeito da temperatura no valor da constante de equilíbrio de uma reação, a pressão constante, é quantificado pela equação de van't Hoff.

Para a reação de oxidação do dióxido de enxofre, traduzida pela equação química seguinte:



a dependência da constante de equilíbrio com a temperatura, no intervalo entre 250 K e 1000 K, pode ser linearizada segundo a Figura 3.1.

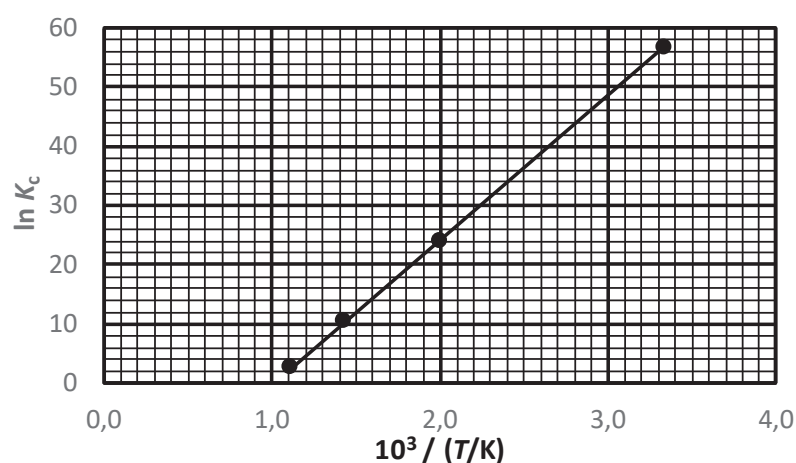
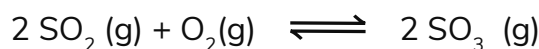


Figura 3.1

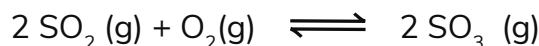
Diga, justificando, se a reação é exotérmica ou endotérmica no referido intervalo de temperaturas e qual o valor da respectiva variação de entalpia de reação.

- 3.6** Calcule o valor da constante de equilíbrio,  $K$ , da reação de oxidação do dióxido de enxofre,



à temperatura de 600 °C, a partir da equação da reta representada na Figura 3.1.

- 3.7** Num reator com capacidade de 5000 dm<sup>3</sup> foram introduzidos 416 kg de SO<sub>2</sub> e 200 kg de SO<sub>3</sub>. Admitindo que o reator funciona como um sistema fechado, calcule a fração molar de O<sub>2</sub> no interior do reator, após se ter atingido o estado de equilíbrio à temperatura de 600 °C. Considere que  $K_c = 30$  para



Nota: Justifique todas as aproximações realizadas para o cálculo.

- 3.8** Preveja como variará a composição de SO<sub>3</sub> no equilíbrio considerado anteriormente, quando o sistema é sujeito às seguintes perturbações:

	Aumenta	Diminui	Não varia
Adição de O <sub>2</sub>			
Diminuição da pressão do sistema reacional por aumento do volume			
Aumento de pressão do sistema reacional por adição de um gás inerte, sem ocorrer variação do volume.			
Remoção de SO <sub>2</sub>			

- 3.9** Considere ainda o equilíbrio referente à reação de oxidação do dióxido de enxofre num sistema fechado. A Figura 3.2 apresenta os esboços dos gráficos da relação entre a temperatura do reator,  $T$ , e a concentração de equilíbrio,  $C_{eq}$ , de uma das espécies reacionais, quando a pressão total no sistema é  $P_A$  ou  $P_B$ , em função do volume do reator.

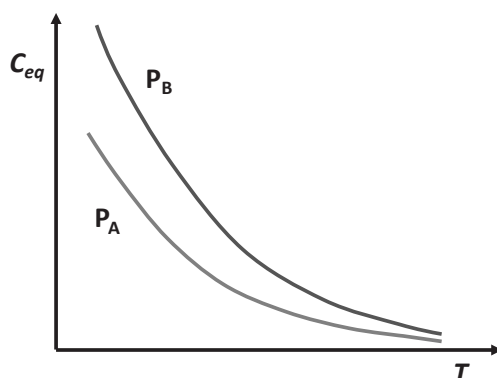


Figura 3.2

Indique, justificando, se a espécie a qual o gráfico se refere é um reagente ou um produto da reação e conclua sobre qual das pressões,  $P_A$  ou  $P_B$ , é menor.

Se não respondeu à pergunta 3.5, suponha um cenário para a reação (exo-térmica/endotérmica) e responda de acordo com sua suposição.

Pergunta 4: Consequências da Quantização da Energia do Átomo (10%)

---

**PERGUNTA 4 | 10% CONSEQUÊNCIAS DA QUANTIZAÇÃO DA ENERGIA DO ÁTOMO**

---

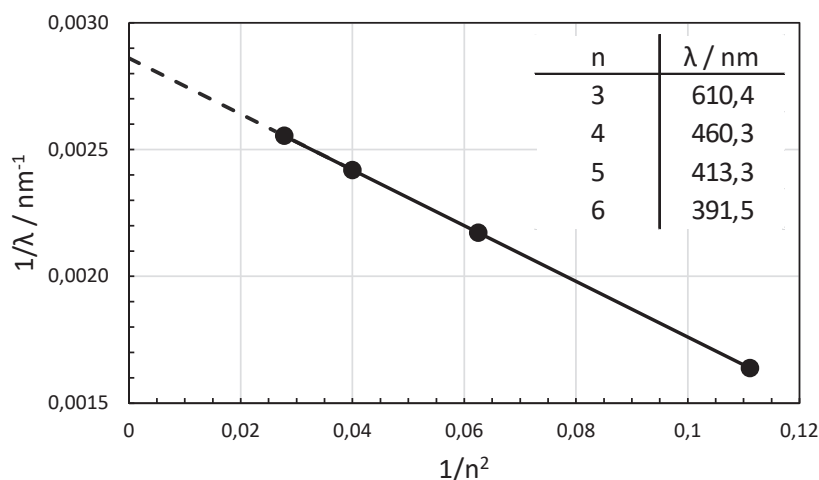
Questão	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	Total
Cotação	20	10	15	10	15	20	90
Classificação							

As espectroscopias de emissão e absorção atômica são as técnicas de análise química oficialmente reconhecidas pela OIV, Organização Internacional da Vinha e do Vinho, para identificar e quantificar os elementos metálicos presentes no vinho. O princípio do funcionamento destas técnicas faz uso da emissão ou da absorção de radiação pelos átomos livres dos elementos metálicos no estado gasoso. Dado que as amostras a analisar não são constituídas por átomos livres, é necessário submetê-las a um tratamento prévio de modo a transformá-las num vapor atômico. A

atomização é conseguida a temperaturas próximas de 2300 °C, em que a maioria dos átomos livres irá manter-se no seu estado fundamental, estando aptos para absorverem e posteriormente emitirem radiação eletromagnética apropriada.

De acordo com o modelo da quantização da energia do átomo, o mecanismo da emissão atômica resulta da excitação de um elétron do átomo para um nível de energia mais elevado, seguindo-se uma emissão de uma quantidade discreta de energia radiante, quando o elétron regressa ao nível inicial (de uma só vez ou numa série de passos correspondentes às transições eletrônicas para níveis de energia intermediários).

- 4.1 Calcule a energia de ionização do átomo de hidrogénio no estado fundamental, expressa em  $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$ .
- 4.2 Calcule a frequência da radiação emitida referente à transição eletrónica  $2p \rightarrow 1s$  no átomo de hidrogênio, conhecida por linha de Lyman- $\alpha$ .
- 4.3 A linha Lyman- $\alpha$  do hidrogênio e de alguns íons monoeletrônicos (partículas hidrogenóides) é usada frequentemente para investigar as estrelas formadas no Universo longínquo. Por exemplo, o espectro de emissão remanescente da Supernova E0102-72 apresenta várias linhas de Lyman- $\alpha$ , em que uma delas se refere à radiação emitida pelo átomo de hidrogênio e as restantes à radiação emitida por íons monoeletrônicos de outros elementos.
  - 4.3.1 Uma das linhas Lyman- $\alpha$  mais intensa do espectro de emissão remanescente da Supernova E0102-72 ocorre na frequência de  $1,58 \times 10^{17}$  Hz. Identifique o elemento que lhe deu origem. Determine a carga do íon monoeletrônico do elemento
  - 4.4 O espectro de emissão do lítio inclui uma série de linhas espectrais, entre outras, provenientes da transição do elétron de valência de orbitais  $nd$  ( $n$  é o número quântico principal) para o orbital  $2p$ , que tem a particularidade de que o inverso do comprimento de onda da radiação emitida ( $1/\lambda$ ) é diretamente proporcional a  $(1/n^2)$  (Figura 4.1).



**Figura 4.1**

A relação linear entre  $(1/\lambda)$  e  $(1/n^2)$  se deve a que  $(1/n^2)$  é proporcional à energia de ionização (EI) de um átomo de lítio excitado num nível energético nd.

$$EI(nd) = k \frac{1}{n^2}$$

onde k é uma constante.

Explique porque a série de linhas espectrais provenientes da transição nd  $\rightarrow$  2p não contém as linhas correspondentes a  $n = 1$  e  $n = 2$ .

**4.5** Determine o valor da energia de ionização para um átomo de lítio excitado no nível energético 2p, expressa em  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , usando a informação contida na representação gráfica da Figura 4.1.

**4.6** A cor vermelha da chama de lítio, cujo comprimento de onda é 670,8 nm, é atribuída à transição do elétron de valência, entre o nível excitado de mais baixa energia (2p) e o estado fundamental (2s). Demonstre que o valor da 1ª energia de ionização do átomo de lítio é  $519 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

Se não resolveu o item anterior considere  $EI = 350 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

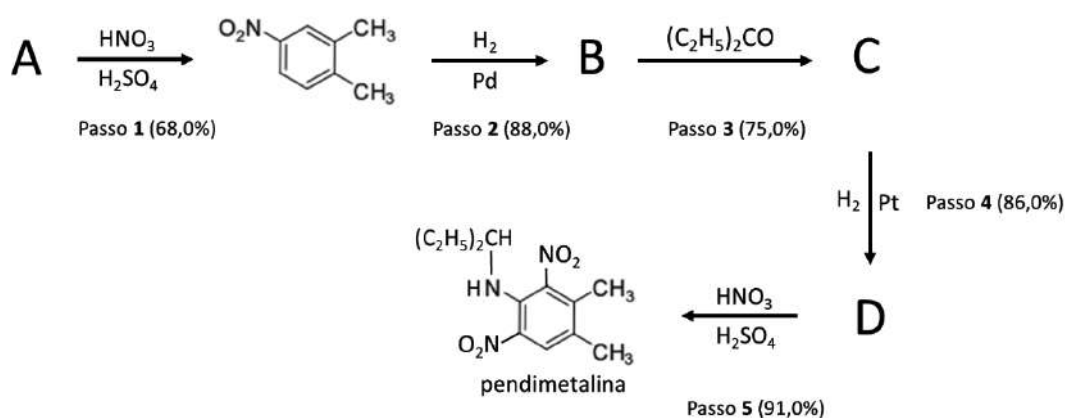
PERGUNTA 5 | **11%** O HERBICIDA PENDIMETALINA

<b>Questão</b>	<b>5.1</b>	<b>5.2</b>	<b>5.3</b>	<b>5.4</b>	<b>5.5</b>	<b>5.6</b>	<b>5.7</b>	<b>Total</b>
<b>Cotação</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>125</b>
<b>Classificação</b>								

As espécies invasoras, vulgarmente designadas por ervas daninhas, causam prejuízos na vinha em virtude da competição que estabelecem com as videiras em relação à água e aos nutrientes existentes no solo durante o período crítico de maior desenvolvimento vegetativo. Essa competição traduz-se na diminuição do crescimento de videiras jovens e na redução da quantidade e qualidade da produção.

A prática do coberturas vegetais e do manejo do solo são duas formas de controle sustentável das invasoras, promovendo o equilíbrio entre as relações solo/videira e garantindo menores perdas de água por evapotranspiração no verão e facilitando a criação de alternativas para insetos predadores. Todavia, estes procedimentos não são totalmente eficazes no combate de certos invasores, como por exemplo as vivazes que se propagam por rizomas, estolhos e bulbos, para as quais é necessário recorrer ao controle químico com herbicida sistêmico.

Um desses herbicidas é a pendimetalina, cuja síntese está descrita no esquema reacional seguinte:



Durante a preparação da pendimetalina, os compostos A, B, C e D foram submetidas a ensaio de análise elementar. O resultado para o composto C está registado na **Tabela 5.1**

**Tabela 5.1:** Resultado da análise elementar efetuada no composto C.

Composto	Elemento / % em massa		
	Carbono	Hidrogênio	Nitrogênio
C	82,5	10,1	7,4

**5.1** Escreva as estruturas dos compostos A, B, C e D.

Composto A	Composto B
Composto C	Composto D

**5.2** Escreva as equações químicas, devidamente balanceadas, que representam as reações referentes aos passos 1, 3, 4 e 5.

**5.3** Escreva a equação química global devidamente balanceada, que representa a reação do passo 2, a partir das respectivas equações de semi-reação.

**5.4** A pendimetalina é comercializada sob a forma de uma microemulsão com uma concentração de

$330 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ . O combate às ervas daninhas é extremamente eficaz quando a pendimetalina comercial é aplicada em doses anuais de  $4,5 \text{ dm}^3$  por hectare de área de terreno.

Determine a massa de 1,2-dimetil-4-nitrobenzeno necessária para produzir a quantidade anual de pendimetalina usada no combate das ervas daninhas numa área de 26 mil hectares de terreno.

**5.5** A solubilidade da pendimetalina em água é bastante baixa e depende do pH. Por exemplo, à temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , a solubilidade da pendimetalina é de  $0,33 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  a pH 7 e de  $0,54 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  a pH 4.

Explique a variação da solubilidade da pendimetalina com o pH.

**5.6** A adição de  $\beta$ -ciclodextrina,  $\beta$ -CD, a uma solução de pendimetalina numa mistura água/etanol origina um único produto formado pela combinação direta das duas substâncias e que tem a designação de aduto.

Com o objetivo de se conhecer a proporção de combinação entre a pendimetalina e a  $\beta$ -CD, prepararam-se separadamente soluções equimolares de pendimetalina e de  $\beta$ -CD em misturas iguais de água/etanol. Por misturas de diferentes volumes destas duas soluções prepararam-se várias alíquotas para análise com o mesmo volume total. Estas alíquotas foram analisadas por espectrofotometria na região UV, tendo-se registrado a absorbância no comprimento de onda de 246 nm.

Na Figura 5.2 está representada a absorbância das diferentes alíquotas analisadas em função da fração molar da pendimetalina .

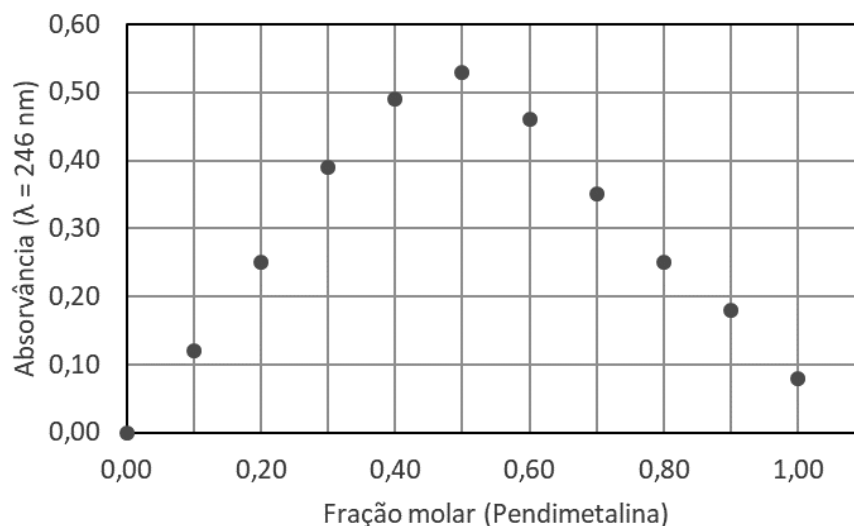


Figura 5.2



Classifique as afirmações seguintes em verdadeiras (**VE**) ou falsas (**FA**).

	A $\beta$ -CD absorve radiação UV com $\lambda = 246$ nm.
	O aduto absorve radiação UV com $\lambda = 246$ nm.
	A pendimetalina absorve radiação UV com $\lambda = 246$ nm.
	A contribuição da $\beta$ -CD para a absorbância medida ( $\lambda = 246$ nm) diminui quando a fração molar da pendimetalina aumenta até 0,50.
	A contribuição do aduto para a absorbância medida ( $\lambda = 246$ nm) diminui quando a fração molar da pendimetalina aumenta desde 0,50 até 1,00.
	A contribuição da pendimetalina para a absorbância medida ( $\lambda = 246$ nm) diminui quando a sua fração molar aumenta desde 0,50 até 1,00.

- 5.7** Determine a proporção de combinação entre a pendimetalina e a  $\beta$ -CD no aduto.

# CAPÍTULO 10



## EXAME PRÁTICO

### PROVA DE LABORATÓRIO

O Vinho do Porto é mais do que um produto português e, com legitimidade, muito mais que um vinho. É também um produto cultural e um impulsionador do desenvolvimento técnico-científico e económico da sua região de origem, o Douro, e, em particular, da cidade do Porto que lhe dá o nome.

Pela história que encerram e portugalidade que ostentam, a vinha do Douro e o vinho do Porto são os temas aglutinadores da XXIV edição das Olimpíadas Ibero-Americanas de Química.

### Instruções do Exame

Material	Tarefa
1 suporte universal	1, 2 e 3
1 garra para bureta	1, 2 e 3
1 bureta de 25 cm <sup>3</sup>	1, 2 e 3
1 funil de polietileno para bureta	1, 2 e 3
2 Erlenmeyers de 250 cm <sup>3</sup>	1, 2 e 3
1 pipeta volumétrica de 10,00 cm <sup>3</sup>	1 e 2
1 pipeta volumétrica de 25,00 cm <sup>3</sup>	3
1 pipeta graduada de 5 cm <sup>3</sup>	2 e 3
1 proveta de polietileno de 50 cm <sup>3</sup>	1, 2 e 3
3 pipetas de Pasteur	1, 2 e 3
1 béquer de 250 cm <sup>3</sup>	1, 2 e 3
1 pera de borracha	1, 2 e 3
1 pisseta de água deionizada de 500 cm <sup>3</sup>	1, 2 e 3
1 folha de papel branco	1, 2 e 3

1 rolo de papel higiênico	1, 2 e 3
1 suporte de pipetas (uso compartilhado)	1, 2 e 3

---

## TAREFA 1 | TITULAÇÃO VOLUMÉTRICA DE UMA SOLUÇÃO DE NaOH 0,1 mol · dm<sup>-3</sup>

---

Questão	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	Total
Pontos	10	2	20	50	20	40	142
Pontuação							

### Introdução

A análise da qualidade do vinho do Porto inclui a determinação acidez total e volátil. Isso requer o uso de uma solução padrão de NaOH. Não sendo o NaOH sólido um padrão primário, as soluções padrão de NaOH não podem ser preparadas por pesagem exata daquele sólido. Um procedimento correto é preparar uma solução de NaOH com concentração próxima da requerida e depois determinar sua concentração utilizando uma solução padrão de um ácido. Todavia, as soluções padrão de NaOH não mantêm a concentração durante muito tempo, razão pela qual devem ser tituladas antes da sua utilização como solução padrão.

O objetivo desta tarefa consiste em determinar a concentração exata de uma solução de NaOH 0,1 mol · dm<sup>-3</sup> usando a fenolftaleína como indicador.

**1.1** Indique por que é que a concentração das soluções de NaOH varia ao longo do tempo.

### Procedimento

- 1 Prepare a bureta com a solução de NaOH 0,1 mol · dm<sup>-3</sup> a ser titulada. Preste atenção para não derramar solução de NaOH durante o enchimento da bureta.
- 2 A um Erlenmeyer, boca larga, de 250 cm<sup>3</sup>, previamente lavado, adicione 10,00 cm<sup>3</sup> de uma solução padrão de HCl 0,1 mol · dm<sup>-3</sup>, cuja concentração exata está assinalada no rótulo do frasco que contém a solução. Adicione, ainda, 50 cm<sup>3</sup> de água deionizada e 4 gotas da solução de fenolftaleína.
- 3 Agite suavemente o Erlenmeyer para homogeneizar a solução, que deverá permanecer incolor.

- 4 Inicie a titulação, prolongando-a até atingir o ponto final, que é assinalado pelo aparecimento da primeira cor rósea persistente à agitação.
- 5 Repita a titulação usando o segundo Erlenmeyer.
- 6 Verifique se a diferença dos volumes utilizados da solução de NaOH obtidos nos dois ensaios,  $\Delta V$ , satisfaz o seguinte critério de concordância:  $|\Delta V| \leq 0,10 \text{ cm}^3$ .
- 7 Se o critério de concordância não for satisfeito, repita a titulação, até um máximo de mais dois ensaios, de modo a encontrar um par de ensaios que cumpra o critério de concordância.
- 8 A tarefa 1 estará concluída quando encontrar um par de ensaios que cumpra o critério de concordância ou quando concluir o limite máximo de 4 ensaios.
- 9 As soluções residuais que permanecem nos Erlenmeyers devem ser descartadas no coletor de resíduos que se encontra no laboratório.
- 10 Mantenha a bureta com a solução de NaOH  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

## Registo dos Resultados Experimentais

- 1.2 Escreva no quadro abaixo a concentração exata da solução de HCl usada na titulação volumétrica da solução de NaOH  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ .
- 1.3 Complete a tabela abaixo com os resultados dos ensaios da titulação da solução de NaOH  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Ensaio	Leitura da bureta / $\text{cm}^3$		Sol. NaOH $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
	inicial	final	Volume gasto / $\text{cm}^3$
Ensaio 1			
Ensaio 2			
Ensaio 3			
Ensaio 4			

- 1.4 Escreva o par de ensaios que cumpre com o critério de concordância ou o que mais se aproxima do critério de concordância e complete a tabela de resultados.

Ensaio	Solução NaOH 0,1 mol · dm <sup>-3</sup>		
	Volume gasto / cm <sup>3</sup>	Diferença / cm <sup>3</sup>	Volume médio / cm <sup>3</sup>
nº:			
nº:			

**1.5** Escreva a equação química que representa a reação de titulação da solução de NaOH 0,1 mol · dm<sup>-3</sup> com a solução padrão de HCl.

**1.6** Calcule a concentração exata da solução de NaOH, expressa em mol · dm<sup>-3</sup>. Apresente todos os cálculos que efetuar.

---

## TAREFA 2 | DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ TOTAL DO VINHO DO PORTO

---

Questão	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	Total
Pontos	30	30	2	2	80	30	50	30	254
Pontuação									

### Introdução

Segundo a Organização Internacional da Vinha e do Vinho, OIV, designa-se por acidez total de um vinho a acidez titulável com uma base forte até pH 7. Do somatório dos ácidos tituláveis exclui-se o dióxido de carbono.

Os ácidos são constituintes fundamentais do vinho, ajudando a promover não apenas o aroma e o sabor, mas também a cor, a estabilidade e a longevidade do vinho. Na análise sensorial, a acidez dá uma sensação de frescura ao vinho quando o nível de concentração ácida é moderado ou de manifesta agressividade quando é exageradamente elevado.

Os ácidos que se encontram no vinho têm várias proveniências. Uns provêm da uva, como por exemplo o ácido málico, o ácido cítrico e o ácido tartárico, que além de ser o ácido mais forte e mais importante, é o ácido predominante. Enquanto outros resultam da atividade de leveduras e bactérias, de processos químicos naturais que ocorrem durante a evolução do mosto ou vinho e de práticas enológicas. Os ácidos acético, láctico, succínico, glucónico, pirúvico e fórmico são alguns dos ácidos formados em consequência da atividade de leveduras, bactérias e de reações de envelhecimento.

A acidez total de um vinho é vulgarmente expressa em unidades de “miliequivalentes (meq) por unidade de volume de vinho” para expressar a contribuição dos vários ácidos para a acidez total. **O nº de miliequivalentes ácidos é numericamente igual ao nº total de milimols de  $H^+$  cedidos pelos diferentes ácidos e tituláveis com uma base forte até pH 7.**

A acidez total dos vinhos do Porto, de acordo com o caderno de especificações da Denominação de Origem Porto, deve apresentar um teor superior a  $34,6 \text{ meq} \cdot \text{dm}^{-3}$  ( $2,6 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ , expresso em massa de ácido tartárico) e  $40 \text{ meq} \cdot \text{dm}^{-3}$  ( $3,0 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ , expresso em massa de ácido tartárico), para os vinhos brancos e tintos respetivamente.

**2.1** De acordo com a definição de acidez total de um vinho, os ácidos mais fracos têm apenas uma contribuição parcial para a acidez total, podendo mesmo ser nula, dependendo do respetivo valor de  $pK_a$ . Classifique as afirmações seguintes em verdadeiras (VE) ou falsas (FA).

	Um ácido com um $pK_a = 5,5$ contribui totalmente para a acidez total
	Um ácido com um $pK_a = 8,0$ tem uma contribuição nula para a acidez total
	Um ácido com um $pK_a = 6,0$ contribui totalmente para a acidez total
	Um ácido com um $pK_a = 9,5$ tem uma contribuição nula para a acidez total
	Um ácido com um $pK_a = 4,5$ contribui totalmente para a acidez total
	Um ácido com um $pK_a = 7,0$ contribui parcialmente para a acidez total

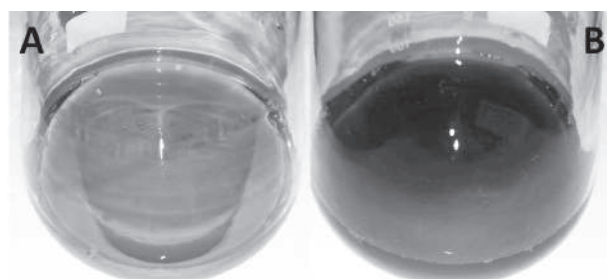
## Procedimento

Complete o enchimento da bureta com a solução de  $\text{NaOH } 0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Tenha atenção para não derramar solução de  $\text{NaOH}$  durante o enchimento da bureta.

### Ensaio Prévio para Definição da Cor da Solução Titulada no Ponto Final da Titulação

- 1 A um Erlenmeyer, boca larga, de  $250 \text{ cm}^3$ , previamente lavado, adicione  $10,00 \text{ cm}^3$  de amostra de vinho do Porto. Adicione, ainda,  $50 \text{ cm}^3$  de água desionizada e 10 gotas da solução de azul de bromotimol.
- 2 Agite o Erlenmeyer para homogeneizar a solução, que deverá desenvolver uma cor amarelo-avermelhado (Figura 2.1).
- 3 Inicie a titulação, interrompendo-a no momento em que a cor da solução mude para azul-esverdeada.
- 4 Ao Erlenmeyer, adicione  $5 \text{ cm}^3$  da solução tampão pH 7,0. Agite o Erlenmeyer e observe atentamente a cor da solução (Figura 2.1). Re-

serve o Erlenmeyer até à conclusão da determinação da acidez total do vinho, pois a cor da solução final tamponada a pH 7,0 vai servir de referência (solução de referência) para a detecção do ponto final da análise volumétrica da acidez total do vinho do Porto.



**Figura 2.1** A) Cor da solução titulada no início da titulação do vinho do Porto e após a adição do indicador azul de bromotimol. B) Cor da solução titulada a pH 7,0.

### Titulação Volumétrica do Vinho do Porto

- 1 Ao segundo Erlenmeyer, boca larga, de 250 cm<sup>3</sup>, previamente lavado, adicione sucessivamente 10,00 cm<sup>3</sup> de amostra de vinho do Porto, 50 cm<sup>3</sup> de água desionizada e 10 gotas da solução de azul de bromotimol.
- 2 Inicie a titulação, prolongando-a até que a solução titulada adquira a cor da solução de referência.
- 3 Descarte o conteúdo do segundo Erlenmeyer para o coletor de resíduos que se encontra no laboratório.
- 4 Repita a titulação do vinho do Porto após a lavagem do Erlenmeyer.
- 5 Se necessário, repita a titulação até um máximo de mais dois ensaios.
- 6 A tarefa 2 estará concluída quando encontrar um par de ensaios que o satisfaça ou quando atingir o n<sup>o</sup> máximo de 4 ensaios.
- 7 As soluções residuais que permanecem nos Erlenmeyers devem ser descartadas para o coletor de resíduos que se encontra no laboratório.
- 8 Mantenha a bureta com a solução de NaOH 0,1 mol · dm<sup>-3</sup>.

**2.2** Atendendo às características dos indicadores assinalados na Tabela abaixo, indique no quadro abaixo da tabela, os que poderiam ser usados na titulação volumétrica da acidez total do vinho do Porto.

Indicador	Zona de viragem	Mudança de cor
-----------	-----------------	----------------

Tornassol	5,0 – 8,0	vermelho - azul
Alizarina	5,9 – 6,9	Amarelo - vermelho
$\alpha$ -Naftolftaleína	7,3 – 8,7	Amarelo - azul
Fenolftaleína	8,2 – 9,8	Incolor - rosa

## Registro dos Resultados Experimentais

**2.3** Escreva a concentração exata da solução padrão de NaOH usada na titulação.

**2.4** Complete a Tabela abaixo com os resultados dos ensaios da determinação da acidez total do vinho do Porto.

Ensaio	Leitura da bureta / $\text{cm}^3$		Sol. NaOH
	inicial	final	Volume gasto / $\text{cm}^3$
Ensaio 1			
Ensaio 2			
Ensaio 3			
Ensaio 4			

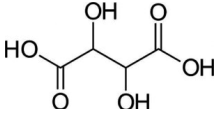
**2.5** Escreva o par de ensaios que selecionou para proceder à determinação da acidez total do vinho do Porto e complete a tabela de resposta.

Ensaio	Solução NaOH $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$		
	Volume gasto / $\text{cm}^3$	Diferença / $\text{cm}^3$	Volume médio / $\text{cm}^3$
nº:			
nº:			

## Tratamento dos Resultados Experimentais

**2.6** Admitindo que a acidez total do vinho é atribuída ao ácido tartárico ( $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$ ), escreva a equação química que representa a reação de titulação.



	 <p>Fórmula de estrutura do ácido tartárico</p> <p><math>pK_{a1} = 3,0</math> <math>pK_{a2} = 4,4</math></p>
--	--

**2.7** Calcule a acidez total do vinho do Porto, expressa em miliequivalentes ácidos por volume de vinho do Porto (dm<sup>3</sup>) para os dois ensaios selecionados na resposta 2.5. Apresente todos os cálculos que efetuar e complete a tabela de resposta.

Ensaio	Acidez total do vinho do Porto ( $A_{tot}$ ) / meq · dm <sup>-3</sup>		
	Atot	Diferença	Média
nº:			
nº:			

Cálculos

**2.8** Calcule a acidez total do vinho do Porto, expressa em massa (g) de ácido tartárico por volume de vinho do Porto (dm<sup>3</sup>) para os dois ensaios selecionados na resposta 2.5. Apresente todos os cálculos que efetuar e complete a Tabela de resposta.

Ensaio	Acidez total do vinho do Porto ( $A_{tot}(C_4H_6O_6)$ ) / g · dm <sup>-3</sup>		
	$A_{tot}(C_4H_6O_6)$	Diferença	Média
nº:			
nº:			

Cálculos

---

### TAREFA 3 | DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ VOLÁTIL DO VINHO DO PORTO

---

Questão	Pontos	Pontuação	Questão	Pontos	Pontuação	Questão	Pontos	Pontuação
---------	--------	-----------	---------	--------	-----------	---------	--------	-----------

3.1	40		3.7	60		3.13	40	
3.2	2		3.8	2		3.14	40	
3.3	2		3.9	60		3.15	40	
3.4	60		3.10	20		3.16	40	
3.5	2		3.11	40		3.17	30	
3.6	2		3.12	40		Σ	190	
Σ	108		Σ	222		Total	520	

## Introdução

Segundo a definição da OIV, a acidez volátil de um vinho identifica-se com a acidez titulável da fração destilada do vinho com uma base forte, usando a fenolftaleína como indicador. Não se incluem neste parâmetro os ácidos salicílico, succínico, carbônico, sulfuroso e sórbico. Quando um ou mais destes ácidos está presente na fração destilada do vinho, é necessário proceder-se à respectiva correção da acidez volátil.

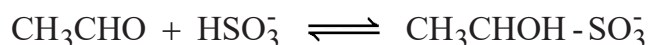
O ácido acético representa mais de 90% dos ácidos voláteis, forma-se durante a fermentação alcoólica e malolática. Podem ocorrer formação de teores anormalmente elevados por ação de bactérias lácticas por decomposição de açúcares, ácido tartárico ou glicerol ou simplesmente por ação de bactérias acéticas com oxidação do etanol. Durante o envelhecimento dos vinhos, o ácido acético pode ser originado por via química.

Quando a concentração da acidez volátil aumenta há o perigo do odor avinagrado se destacar do resto da matriz aromática, o que é indesejável que aconteça. Por esta razão, a acidez volátil admissível para o vinho do Porto está relacionada a concentrações que dependem da idade do vinho.

O procedimento de determinação da acidez volátil no vinho do Porto proposto nesta tarefa é uma adaptação do método OIV-MA-AS313-02 de modo a torná-lo exequível dentro das limitações temporais e materiais desta prova de laboratório. O vinho do Porto não será destilado durante a prova. Foi destilado previamente na presença de água, tendo-se recolhido 1,25 unidades de volume de fração destilada por cada unidade de volume de vinho do Porto submetido a destilação.

Os ensaios preliminares efetuados à fração destilada revelaram a presença de ácido sulfuroso sob a forma livre e ligada. Por esta razão, esta tarefa incluirá também a quantificação das formas livre e ligada do ácido sulfuroso na fração destilada para permitir a correção da acidez volátil obtida pela titulação ácido/base.

Ressalte-se que a chamada forma ligada do ácido sulfuroso resulta da formação de adutos (produto formado pela combinação direta de duas substâncias A e B sem que se produzam mudanças estruturais nas porções A e B do aduto) entre o ânion hidrogenossulfito e vários compostos orgânicos, como por exemplo os compostos carbonílicos, açúcares, quinonas e antocianinas. Outras estequiometrias diferentes da proporção 1:1 são também possíveis de ocorrer, mas dado que a estequiometria do aduto é irrelevante para satisfazer o objetivo desta tarefa, pode considerar, sempre que necessitar, que a forma ligada do ácido sulfuroso ocorre na proporção de 1:1 com os vários compostos orgânicos. A reação de formação do aduto é exemplificada com a forma ligada do ácido sulfuroso ao etanal, cuja equação química é representada por:



Como se pode inferir da equação química, a forma ligada do ácido sulfuroso exibe comportamento ácido/base característico de uma partícula monoprótica.

As titulações das formas livre e ligada do ácido sulfuroso baseiam-se na reação do ácido sulfuroso com o ânion triiodeto. Neste trabalho, o ânion triiodeto é gerado no meio reacional da solução titulada por adição de uma solução padrão de  $\text{KIO}_3$   $2 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ , em meio ácido e na presença de grande excesso de ânion iodeto. Nestas condições, os ânions iodato e iodeto reagem entre si quantitativamente, dando origem ao ânion triiodeto.

**3.1** Escreva as equações químicas das semi-reações e da reação global, devidamente balanceadas, que representam a formação do ânion triiodeto na solução titulada por adição de uma solução padrão de  $\text{KIO}_3$  nas condições acima referidas. Pares redox:  $(\text{IO}_3^-/\text{I}_3^-)$  e  $(\text{I}_3^-/\text{I}^-)$ .

## Procedimento

Complete o enchimento da bureta com a solução de  $\text{NaOH}$   $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  previamente titulada. Preste atenção para não derramar solução de  $\text{NaOH}$  durante o enchimento da bureta.

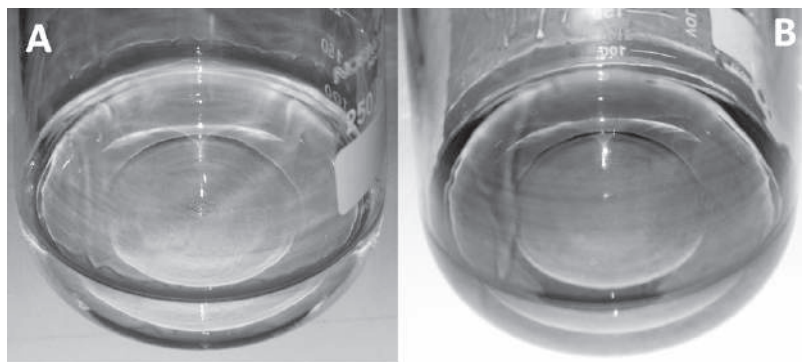
## Titulação Volumétrica da Acidez da Fração Destilada do Vinho do Porto

- 1 A um Erlenmeyer, boca larga, de  $250 \text{ cm}^3$ , previamente lavado, adicione sucessivamente  $25,00 \text{ cm}^3$  da fração destilada do vinho do Porto,  $50 \text{ cm}^3$  de água desionizada e 4 gotas da solução de fenolftaleína.

- 2 Agite suavemente o Erlenmeyer para homogeneizar a solução, que deverá permanecer incolor.
- 3 Inicie a titulação, prolongando-a até atingir o ponto final, que é assinalado pelo aparecimento da primeira coloração rósea persistente à agitação. Reserve a solução final, conservando-a no Erlenmeyer.
- 4 Repita a titulação usando o segundo Erlenmeyer.
- 5 No fim da titulação, reserve e mantenha a solução final no interior dos Erlenmeyers.

### Titulação da Forma Livre de Ácido Sulfuroso na Fração Destilada do Vinho do Porto

- 6 Descarte a solução de NaOH  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  que se encontra na bureta no coletor de resíduos que se encontra no laboratório.
- 7 Lave a bureta com água deionizada.
- 8 Prepare a bureta com uma solução padrão de  $\text{KIO}_3$   $2 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ , cuja concentração exata está assinalada no rótulo do frasco que contém a solução.
- 9 Para cada Erlenmeyer, adicione sucessivamente  $1 \text{ cm}^3$  de solução de HCl  $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ,  $2 \text{ cm}^3$  de solução de cozimento (indicadora) de amido e  $2 \text{ cm}^3$  de solução de KI 5%. Agite suavemente. A solução final deve perder a cor rosa e manter-se incolor (Figura 3.1).
- 10 Inicie a titulação, prolongando-a até atingir o ponto final, que é assinalado pelo aparecimento da primeira coloração azul persistente à agitação (Figura 3.1). Reserve a solução final, conservando-a no Erlenmeyer.



**Figura 3.1:** A) Cor da solução titulada no início da titulação do ácido sulfuroso na fração destilada de vinho do Porto depois da adição de amido. B) Cor da solução titulada no ponto final da titulação.

- 11 Repita a titulação usando o segundo Erlenmeyer. No fim da titulação, reserve e mantenha a solução final no interior do Erlenmeyer.
- 12 Mantenha a bureta com a solução padrão de  $\text{KIO}_3$   $2 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

### **Titulação da Forma Ligada de Ácido Sulfuroso na Fração Destilada do Vinho do Porto**

- 13 A cada Erlenmeyer, adicione  $5 \text{ cm}^3$  de solução de borax  $55 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$  (para separar o sulfito do aduto). Agite suavemente durante cerca de 1 minuto. A solução final deve perder a cor azul e adquirir de novo a cor rósea.
- 14 Para apenas um dos Erlenmeyers, adicione  $5 \text{ cm}^3$  de solução de  $\text{HCl}$   $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Agite suavemente por breves instantes. A solução final deve perder a cor rosa e manter-se incolor. Inicie, imediatamente, a titulação.
- 15 Prolongue a titulação até atingir o ponto final, que é assinalado pelo aparecimento da primeira coloração azul persistente à agitação.
- 16 Ao segundo Erlenmeyer, adicione  $5 \text{ cm}^3$  de solução de  $\text{HCl}$   $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Agite suavemente por breves instantes e inicie, imediatamente, a titulação.
- 17 Uma vez concluída a titulação, as soluções residuais que permanecem nos Erlenmeyers devem ser descartadas no coletor de resíduos que se encontra no laboratório.
- 18 Descarte a solução padrão de  $\text{KIO}_3$   $2 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$  que se encontra na bureta no coletor de resíduos que se encontra no laboratório.
- 19 Lave a bureta com água deionizada.
- 20 Se necessário, repita o procedimento integral da determinação da acidez da fração destilada do vinho do Porto até um máximo de mais dois ensaios. Comece por preparar a bureta com a solução padrão de  $\text{NaOH}$   $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$  e repita o procedimento experimental a partir do item 1.
- 21 A tarefa 3 estará concluída quando encontrar um par de ensaios que o satisfaça ou quando atingir o nº máximo de 4 ensaios.

## Registro dos Resultados Experimentais

### Titulação Volumétrica da Acidez da Fração Destilada do Vinho do Porto

**3.2** Escreva a concentração exata da solução padrão de NaOH usada na titulação.

**3.3** Complete a Tabela abaixo com os resultados dos ensaios da titulação da fração destilada do vinho do Porto com a solução padrão de NaOH  $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ .

Ensaio	Leitura da bureta / $\text{cm}^3$		Sol. NaOH $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$
	inicial	final	Volume gasto / $\text{cm}^3$
Ensaio 1			
Ensaio 2			
Ensaio 3			
Ensaio 4			

**3.4** Escreva o par de ensaios selecionado e complete a tabela de resposta.

Ensaio	Solução NaOH $0,1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$		
	Volume gasto / $\text{cm}^3$	Diferença / $\text{cm}^3$	Volume médio / $\text{cm}^3$
nº:			
nº:			

### Titulação da Forma Livre de Ácido Sulfuroso da Fração Destilada do Vinho do Porto

**3.5** Escreva a concentração exata da solução padrão de  $\text{KIO}_3$   $2 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$  usada na titulação da forma livre de ácido sulfuroso da fração destilada do vinho do Porto.

**3.6** Complete a Tabela abaixo com os resultados dos ensaios da titulação da forma livre de ácido sulfuroso da fração destilada do vinho do Porto.

Ensaio	Leitura da bureta / cm <sup>3</sup>		Sol. Padrão KIO <sub>3</sub> 2 mmol · dm <sup>-3</sup>
	inicial	final	Volume gasto / cm <sup>3</sup>
Ensaio 1			
Ensaio 2			
Ensaio 3			
Ensaio 4			

**3.7** Escreva o par de ensaios selecionado e complete a Tabela de resposta.

Ensaio	Solução Padrão KIO <sub>3</sub> 2 mmol · dm <sup>-3</sup>		
	Volume gasto / cm <sup>3</sup>	Diferença / cm <sup>3</sup>	Volume médio / cm <sup>3</sup>
nº:			
nº:			

### Titulação da Forma Ligada de Ácido Sulfuroso da Fração Destilada do Vinho do Porto

**3.8** Complete a tabela abaixo com os resultados dos ensaios da titulação da forma ligada de ácido sulfuroso da fração destilada do vinho do Porto.

Ensaio	Leitura da bureta / cm <sup>3</sup>		Sol. Padrão KIO <sub>3</sub> 2 mmol · dm <sup>-3</sup>
	inicial	final	Volume gasto / cm <sup>3</sup>
Ensaio 1			
Ensaio 2			
Ensaio 3			
Ensaio 4			

**3.9** Escreva o par de ensaios selecionado e complete a tabela de resposta.

Ensaio	Solução Padrão $\text{KIO}_3$ $2 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$		
	Volume gasto / $\text{cm}^3$	Diferença / $\text{cm}^3$	Volume médio / $\text{cm}^3$
nº:			
nº:			

### Tratamento dos Resultados Experimentais

#### Titulação Volumétrica da Acidez da Fração Destilada do Vinho do Porto

**3.10** Admitindo que a acidez volátil do vinho do Porto é atribuída ao ácido acético, escreva a equação química que representa a reação de titulação.

**3.11** Calcule a acidez volátil do vinho do Porto, expressa em miliequivalentes ácidos por volume de vinho do Porto ( $\text{dm}^3$ ), para os dois ensaios selecionados na resposta 3.4. Apresente todos os cálculos que efetuar e preencha a Tabela de resposta.

Ensaio	Acidez volátil do vinho do Porto ( $A_{\text{vol}}$ ) / $\text{meq} \cdot \text{dm}^{-3}$		
	$A_{\text{vol}}$	Diferença	Média
nº:			
nº:			

**3.12** Calcule a acidez volátil do vinho do Porto, expressa em massa (mg) de ácido acético por volume de vinho do Porto ( $\text{dm}^3$ ) para os dois ensaios selecionados na resposta 3.4. Apresente todos os cálculos que efetuar e preencha a Tabela de resposta.

Ensaio	Acidez volátil do vinho do Porto ( $A_{\text{vol}}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2)$ ) / $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$		
	$A_{\text{vol}}$	Diferença	Média



nº:			
nº:			

### Titulação da Forma Livre de Ácido Sulfuroso na Fração Destilada do Vinho do Porto

- 3.13** Escreva as equações químicas das semi-reações e da reação global, devidamente balanceadas, que representam a reação de titulação da forma livre de ácido sulfuroso na fração destilada do vinho do Porto. Pares redox: ( $\text{SO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{SO}_3$ ) e ( $\text{I}_3^-/\text{I}^-$ ).
- 3.14** Calcule a concentração da forma livre de ácido sulfuroso no vinho do Porto, expresso em  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  para os dois ensaios selecionados na resposta 3.7. Apresente todos os cálculos que efetuar e complete a Tabela de resposta.

Ensaio	Concentração livre de $\text{H}_2\text{SO}_3$ no vinho do Porto ( $C_{\text{livre}}(\text{H}_2\text{SO}_3)$ ) / $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$		
	$C_{\text{livre}}(\text{H}_2\text{SO}_3)$	Diferença	Média
nº:			
nº:			

### Titulação da Forma Ligada de Ácido Sulfuroso na Fração Destilada do Vinho do Porto

- 3.15** Calcule a concentração da forma ligada de ácido sulfuroso no vinho do Porto, expresso em  $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , para os dois ensaios selecionados na resposta 3.9. Apresente todos os cálculos que efetuar e preencha a Tabela de resposta.

Ensaio	Concentração ligada de $\text{H}_2\text{SO}_3$ no vinho do Porto ( $C_{\text{ligada}}(\text{H}_2\text{SO}_3)$ ) / $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$		
	$C_{\text{ligada}}(\text{H}_2\text{SO}_3)$	Diferença	Média
nº:			
nº:			

## Cálculos

### Correção da Acidez volátil do Vinho do Porto

**3.16** Calcule a acidez volátil corrigida do vinho do Porto, expressa em miliequivalentes ácidos por volume de vinho do Porto (dm<sup>3</sup>). Apresente todos os cálculos que efetuar e complete a Tabela de resposta.

Ensaio	Acidez volátil corrigida do vinho do Porto ( $A_{\text{voCorrl}}$ ) / meq · dm <sup>-3</sup>		
	$A_{\text{voCorrl}}$	Diferença	Média
nº:			
nº:			

**3.17** Calcule a acidez volátil corrigida do vinho do Porto, expressa em massa (mg) de ácido acético por volume de vinho do Porto (dm<sup>3</sup>). Apresente todos os cálculos que efetuar e complete a Tabela de resposta.

Ensaio	Acidez volátil corrigida do vinho do Porto ( $A_{\text{voCorrl}}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2)$ ) / mg · dm <sup>-3</sup>		
	$A_{\text{voCorrl}}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2)$	Diferença	Média
nº:			
nº:			

# Destaque Olímpicos

## Destaques Olímpicos

Quatro estudantes brasileiros foram destaque nas olimpíadas internacionais de química, em 2019. Na olimpíada Ibero-americana de Química, realizada na cidade de Porto, realizada com dezessete países dessa comunidade, a equipe brasileira manteve a hegemonia com primeira classificação por equipe. Ygor de Santana Moura e Joaquim Miguel Moreira Santiago, ambos de escolas cearenses conquistaram medalhas de ouro, Thiago Oliveira Sousa e Lucas Yutaka Kuroishi, o primeiro do Ceará e este de São Paulo, foram agraciados com medalhas de prata. Em Paris, sede da 51st International Chemistry Olympiad, a equipe brasileira retornou com duas medalhas de prata e duas de bronze. Importante destacar a atuação dos professores do Programa de Pós-graduação em Química da UFMG e os do Instituto de Química da UNICAMP responsáveis pelo Curso de Aprofundamento e Excelência em Química, na UFMG, e pelo treinamento laboratorial na UNIVAMP.



**Ygor**, medalha de prata na IChO, medalha de ouro na OIAQ.



**Joaquim**, medalha de prata na IChO, medalha de ouro na OIAQ.



**Lucas**, medalha de bronze na IChO, medalha de prata na OIAQ.



**Thiago**, medalha de bronze na IChO, medalha de prata na OIAQ.

# Mulheres na Química

Mulheres na Química é uma iniciativa do Programa Nacional Olimpíadas de Química que objetiva reduzir a desigualdade de gênero na participação e nos resultados dos certames mantidos pelo Programa Nacional Olimpíadas de Química. Objetivamente, pretende-se elevar a participação feminina nas ciências exatas, sobretudo na química. A quantidade de mulheres que se inscrevem nas diferentes olimpíadas de química é sempre menor que a dos homens e essa menor participação se reflete nos resultados. Para combater essa desigualdade instituímos o troféu Blanka Wladislaw adotado, de início, pela Dow que apoiou essa ideia. Afortunadamente, já percebemos os primeiros efeitos dessa empreitada ao ver meninas que se destacam pelo segundo ano consecutivo, Eliane de Sá Cavalcante Pacheco Neto e Marina Malta Nogueira.

O troféu tem concepção artística própria, mas tem sua base de homenageados semelhante aos demais troféus olímpicos de química. Os agraciados, além de seus nomes gravados em placa na base do troféu, recebem a medalha de ouro Mulheres na Química.

A cada ano, seis nomes de destacadas mulheres são anunciados, a placa deste ano é a segunda afixada em sua base e nela figuram as seguintes homenageadas:

## **Olimpíada Norte/Nordeste de Química**

Eliane de Sá Cavalcante Pacheco Neta - Farias Brito - Fortaleza, CE.

## **Olimpíada Brasileira de Química Júnior**

Jana Almeida Pacheco dos Santos - Colégio Militar - Salvador, BA.

## **Olimpíada Brasileira de Química Modalidade A**

Marina Malta Nogueira - Colégio de Aplicação da UFPE - Recife, PE

## **Olimpíada Brasileira de Química Modalidade B**

Laura Barros Silva - CEFET-MG - Timóteo, MG.

## **Olimpíada Brasileira do Ensino Superior de Química**

Rayssa Oliveira do Nascimento - Instituto de Química UFRJ - Rio de Janeiro, RJ.

## **Destaque de Escola Pública**

Evelyn Vitória de Castro Lopes - Escola Municipal Mário Faustino - Teresina, PI.



## Destaques Escolas Públicas

Objetivando incentivar o estudo da química nas escolas públicas municipais e estaduais do Brasil foi instituído um troféu para homenagear os mais destacados estudantes dessas escolas participantes da Olimpíada Brasileira de Química Júnior. Escolheu-se esse certame porque ele é o passo inicial de entrada no Programa Nacional Olimpíadas de Química e atinge jovens do ensino fundamental que ingressam nessa ciência.

O troféu foi inaugurado há quatro anos e, em 2018, teve sua base totalmente preenchida com os mais destacados estudantes de escolas públicas nesse quadriênio. Ao computar as escolas que mais vezes gravaram seus nomes no troféu no decorrer desse período constatou-se ser o Colégio Militar de Brasília o mais frequente, assim, tomou posse definitiva do troféu.

Neste ano um novo troféu recebe os primeiros destaques de escolas públicas, desta feita restrito àquelas municipais ou estaduais. O troféu é idêntico ao anterior e permanecerá ativo durante os próximos quatro anos.

Os destaques de escolas públicas, em 2019, são:

**Evelyn Vitória de Castro Lopes** – E. M. Mário Faustino – Teresina - PI

**Diogo Alves Brulio** – E. E. Prof. Antilhon R. Soares – Teresina - PI

**Ana Beatriz de Sousa Lira** – E. M. João Porfírio Lima Cordão – Teresina - PI

**Isaac Rafael Moraes dos Santos** – E. M. Prof. Maria Socorro P. Silva – Teresina - PI

**Amanda Lara Santos** – E. E. Dr Adiron G. Boaventura – Rio Paranaíba - MG



## Depoimentos

### **Minha vivência com as Olimpíadas de Química: Uma experiência além da transformação da matéria, mas uma transformação social**

Eu cresci na periferia de uma das cidades mais desiguais e violentas do planeta. Ser jovem e negro em Fortaleza, no Ceará, normalmente costuma ser uma combinação explosiva para que alguém apareça estampado nas páginas dos jornais pelas razões mais tenebrosas. É fácil perceber por uma análise da conjuntura que eu poderia ter me tornado uma estatística trivial numa dessas páginas de jornal. E foi exatamente numa delas em um desses jornais matinais que os meandros do destino me levaram a aparecer. Mas não pelos motivos fatalistas que o status quo parecia irresistivelmente me empurrar.

Era o ano de 2008. Eu ainda morava em Fortaleza sob este contexto e eu ainda me lembro da eternidade que foi aguardar o carregamento online do resultado da recém-criada Olimpíada Brasileira de Química Júnior, e, na mesma intensidade, recordo-me da profusa alegria que veio logo em seguida ao ver meu nome no cume da lista dos medalhistas da OBQ-Jr. A minha carreira olímpica nascia ali, junto com a concepção da 1ª OBQ-Jr, em que eu obtinha o primeiro lugar geral e um passe para o que viria a ser uma experiência profundamente transformadora da minha vida.

As olimpíadas de química das quais eu viria a participar nos anos seguintes viriam a satisfazer muito da minha grande vontade de aprender e da minha curiosidade científica. Mais do que aprofundamento científico, as olimpíadas me trouxeram a possibilidade de forjar amizades e interagir com meus professores numa dimensão que traspunha a relação tradicional em sala de aula. Só em ter participado de fases estaduais e regionais já teria sido por si só uma experiência que marcaria permanentemente minha passagem pelo Ensino Médio, contudo meu mundo virou do avesso literalmente quando fui selecionado para compor a delegação brasileira na 42ª IChO, em Tóquio, no Japão.

Nesse evento, as amizades com outros jovens entusiastas pela química de todas as partes do mundo, e o fato de ter recebido minha medalha de bronze das mãos de um Prêmio Nobel, Ryōji Noyori, cimentaram minha certeza que eu deveria investir com força total na área de química. Quando regressei ao Brasil, estava motivado mais do que nunca por mais

e continuei a estudar muito, tanto que ainda viria a participar de mais duas olimpíadas ibero-americanas, nas quais viria a conseguir sucessivamente as medalhas de ouro de primeiro lugar geral, e a participação na IChO do ano seguinte, na Turquia.

Passado o período olímpico durante meu Ensino Médio, optei por ingressar no curso de Bacharelado em Química em uma das mais dinâmicas e inovadoras universidades do país, a Unicamp. Ao ingressar no Ensino Superior em 2012, fui acometido por um mal: a sensação de abstenção de vivência olímpica. A falta de ter desafios me impeliu a inverter os papéis e, ao invés de estar do lado de quem respondia às provas, passei a querer tomar parte também da elaboração dos testes. Foi assim que me pareceu evidente tornar-me um dos colaboradores do Torneio Virtual de Química, uma competição olímpica paralela ao Programa Nacional das Olimpíadas de Química, que visava se capilarizar pelo país oferecendo aos estudantes a possibilidade de estudarem e se aperfeiçoarem em diversos tópicos de maneira online.

Posteriormente, dada a minha experiência com sua organização, assumi o papel de coordenador do certame. Tomei o Torneio com seriedade e, sob minha coordenação, a competição deixou de ser restrita a algumas poucas centenas de estudantes de alguns estados para se transformar numa competição de mais de mil participantes de todas as 27 unidades de Federação. Um resultado que se deveu a um esforço combinado de organizadores empenhados em produzir uma competição de alto nível junto com parcerias que eu pude estabelecer com professores e coordenadores de todo o país. Foi edificante ver meu conhecimento ser revertido em um evento que se tornou verdadeiramente nacional e que passou inclusive a retroalimentar as Olimpíadas Nacionais de Química com novos talentos revelados.

Diante dos meus resultados obtidos, recebi durante meu terceiro ano de graduação uma bolsa de estudos do Governo Francês para que eu realizasse uma formação sanduíche na *École Nationale Supérieure de Chimie de Paris*, a melhor instituição de Engenharia Química da França. Cheio de expectativas, embarquei para Paris, à época, eleita como a melhor cidade do mundo para ser estudante.

O desafio de aprender *une nouvelle langue étrangère* do zero, a vivência em uma das cidades mais cosmopolitas do planeta, a êxtase de poder estudar ao lado do lendário Instituto Curie, onde a família homônima fez descobertas de impacto incomensurável para a ciência no início do Século XX e a empolgação de ter podido realizar um estágio de pesquisa na área de Química dos Materiais na empresa Saint-Gobain, a mesma que fabricou os vidros do Palácio de Versalhes. Todas essas experiências que tive

durante os meses em que residi na França me catapultaram para a vida adulta, sedimentaram e cristalizaram de vez a ideia que eu realmente queria seguir carreira acadêmica.

Para essa virada de ano entre 2019 e 2020, sigo para realizar meu doutorado no Instituto de Tecnología Química da Universidad Politécnica de Valencia, na Espanha, na área de catálise e valorização de recursos energéticos renováveis, sob orientação do Professor Avelino Corma. Busco dessa forma investir assim em minha formação para que eu possa, um dia, regressar ao Brasil ciente que a química terá um papel no desenvolvimento nacional científico no tangente a novas fontes sustentáveis de exploração energética.

Somos todos uma construção social de todos os eventos que permearam nossas vidas. Hoje, olho com muito carinho para todo o arcabouço de experiências que tive e, reconheço que boa parte delas foram resultantes de um efeito dominó que foi iniciado pela minha participação nas olimpíadas de Química há mais de 10 anos. Continuo a ser um grande entusiasta das olimpíadas científicas e vejo nelas uma ferramenta profundamente transformadora e democratizante na vida de muitos estudante pela via da educação, da mesma forma como ela o foi pra mim.

Reverencio todos os mestres e professores que tive durante esse processo. Os nomes são muitos, e a lista seria igualmente extensa, porém meus particulares agradecimentos aos professores Emanuel Maciel, Regina Celi, Antonino Fontenelle, Sérgio Matos, Regina Buffon e Italo Mazali. Os demais não foram citados, mas deixo implícitos meus votos. Muito obrigado por me terem feito enxergar mais longe. Bem mais longe. E claro, um especial agradecimento aos meus pais, Isaac e Ana, que foram e são minha eterna fonte de inspiração e que, em todos os momentos da minha trajetória, jamais cessaram de torcer por mim. Tanto que ainda guardam uma folha amarelada recortada de um jornal fortalezense. Era uma propaganda de minha escola que me parabenizava pela minha medalha na da 1ª OBQ-Jr e o anúncio do início de uma longa e transformadora jornada.

### **Raul Bruno Machado da Silva**

Medalha Top Gold na 1ª Olimpíada Brasileira de Química Júnior, 2008.  
Medalha Top Gold nas 15ª e 16ª Olimpíadas Ibero-americanas de Química, 2010 e 2011.  
Medalha de Bronze nas 42ª e 43ª Olimpíadas Internacionais de Química, 2010 e 2011.  
Organizador e Coordenador do Torneio Virtual de Química.  
Bacharel em Química Tecnológica pela Universidade Estadual de Campinas, Brasil.  
Mestre em Química Inorgânica pela Universidade Estadual de Campinas, Brasil.  
Engenheiro Químico pela École Nationale Supérieure de Chimie de Paris, França.  
Doutorando pelo Instituto de Tecnología Química da Universidad Politécnica de Valencia, Espanha.





# Depoimento

## Um sonho realizado

As Olimpíadas de Química me abriram as portas para o mundo, e me ensinaram também a vê-lo de uma outra maneira. Eu não tinha contato com o mundo olímpico quando resolvi, em 2015, fazer a redação classificatória para a Olimpíada de Química de São Paulo (OQSP). Comecei a ler mais sobre essas competições e a estudar para suas provas, e logo isso se tornou uma parte muito grande da minha vida. Em 2016, ganhei medalha de ouro na OQSP e na Olimpíada Brasileira de Química (OBQ), e também passei a estudar em uma escola no Ceará que valorizava muito essas competições. Tudo mudou completamente—eu conheci pessoas incríveis de vários lugares do Brasil e aprendi muito, mas também tive momentos difíceis em que me perguntava se tudo aquilo valia a pena. Em 2017, minha trajetória olímpica culminou com a participação na Olimpíada Internacional de Química (IChO) e na Olimpíada Ibero-americana de Química (OIAQ). Foram momentos especiais para os quais eu tinha me dedicado muito, e os quais eu nunca esqueerei.

Com as olimpíadas, também percebi que o sonho distante de estudar fora do país poderia se tornar realidade: em 2017, mergulhei em mais um novo mundo, o do “application” para faculdades americanas. Foram meses de muita correria com testes padronizados e redações, mas que também me fizeram refletir sobre a minha trajetória e me ensinaram muito sobre mim mesma. Meu sentimento quando isso acabou foi de dever cumprido e de que tinha fechado essa fase da vida de tantas mudanças com chave de ouro, e com vontade de começar uma nova. Optei por estudar em Stanford University, onde hoje curso engenharia química e escrita criativa.

Hoje, sinto-me incrivelmente afortunada com as oportunidades que tenho—estou rodeada por professores que são líderes mundiais em suas áreas, sou vizinha do Vale do Silício, e tenho como colegas de turma pessoas que já fizeram coisas com as quais eu nem poderia sonhar—e, frequentemente, penso sobre como nada disso teria sido possível sem a OBQ. Estou distanciada das olimpíadas há alguns anos, e percebo como o sentimento que restou foi positivo, e como tudo hoje parece bem menos dramático do que parecia na época em que eu vivi isso. Quando penso nas olimpíadas, eu me lembro dos amigos que fiz do caminho, e de quanto eu me diverti aprendendo tudo o que estudei—incontáveis reações orgânicas, noções confusas de química quântica e orbitais moleculares, “bizus” para resolver

questões rapidamente. Penso em como sem as olimpíadas eu provavelmente nunca teria conhecido a princesa da Tailândia ou me encantado com a cultura Inca no Peru, e em como eu provavelmente não estudaria na Califórnia e minha melhor amiga provavelmente não seria de Singapura. Penso em como sem as olimpíadas eu seria uma pessoa totalmente diferente, e em como eu estou feliz com a pessoa que me tornei. Por isso, serei sempre grata ao Programa das Olimpíadas de Química.

**Ligia Oliveira Toscano de Melo**



## Considerações Finais

### Considerações finais

Fecha-se um novo ciclo do Programa Nacional Olimpíadas de Química no ano em que a Olimpíada Norte/Nordeste de Química-ONNeQ, embrião desse projeto, atinge 25 anos de contínua atividade. Muito há o que comemorar neste quinto lustro da ONNeQ. Depoimentos registrados nos Anais desse Programa, relatados por jovens oriundos dessa região geográfica, mostram o quanto as olimpíadas de química causaram neles transformações profundas. Ex-olímpicos de química que se apaixonaram por essa ciência, prosseguiram seus estudos no ensino superior e traçaram projetos de crescimento profissional na área acadêmica ou empresarial.

Projeto iniciado no Ceará e disseminado, inicialmente, na região Nordeste, fortaleceu o espírito olímpico no seio das escolas de ensino fundamental e médio dessa região e estabeleceu uma hegemonia que perdurou durante anos. Um espírito que nunca arrefeceu, ao contrário, criou novos mecanismos de estímulo exemplificados com o Dia do Estudante Medalhista em Olimpíadas Científicas, no Ceará ou o Programa Cidade Olímpica Educacional, em Teresina.

O Dia do Estudante Medalhista em Olimpíadas Científicas, 26 de agosto, data marcada no calendário oficial do Estado do Ceará, é anualmente comemorado na Assembleia Legislativa do Estado, que em sessão solene presta tributo aos alunos de escolas cearenses medalhistas nas olimpíadas brasileiras e internacionais.

O Programa Cidade Olímpica Educacional é um projeto desenvolvido pela Prefeitura de Teresina voltado para alunos carentes, objetiva preparar jovens com altas habilidades em competições de conhecimento. O sucesso deste projeto confirma-se nos resultados deste ano quando 10 jovens foram medalhados na ONC e 5 na OBQ. Desses cinco, quatro deles tiveram nomes gravados nos troféus Escola Pública e Feminino. Duas iniciativas do poder público nos estados nordestinos que deram o primeiros passos no sentido de lançar estratégias pró-ativas para identificar e lapidar talentos.

Vivemos um momento no qual a tecnologia caminha em ritmo loucamente acelerado, a globalização obriga as empresas mergulharem na inovação e reavaliarem seus processos e métodos de gestão decorrente de processos de disrupção. Com um mercado de trabalho em permanente mudança investir em talentos é absolutamente necessário para a empre-

sa para elevar o nível de inteligência e garantir permanência no mercado futuro.

Com olhos voltados para esse futuro o Programa Nacional Olimpíadas de Química faz permanente busca por talentos, identifica-os e revela-os para a indústria e a academia. Uma rotina que vai além de duas décadas, cujos principais beneficiários têm sido a academia e o sistema educacional básico, mas também outros foram absorvidos pelo sistema produtivo.

Presente em todas as 27 unidades federativas, segue Inspirando jovens a abraçar as carreiras do campo da química, neste ano superamos a marca dos 355 mil participantes dos quais 635 foram medalhados. Para alcançar esses números tivemos o apoio decisivo dos coordenadores estaduais, dos professores e coordenadores escolares que não pouparam esforços no sentido de capilarizar o projeto e estimular um maior número de estudantes a sentirem essa experiência e se dedicarem a uma carreira com a qual têm inteira afinidade.

É-me grato anunciar profícua parceria com o Conselho Federal de Química, agora formando um braço forte com o Programa Nacional Olimpíadas de Química em prol de uma intensiva atividade direcionada para identificar, lapidar e preservar talentos para a química.

Agradecemos, ainda, aos nossos apoiadores, entidades que reconhecem a importância desse trabalho no contexto educacional brasileiro, ABIQUIM, ABICLOR e Dow e CFQ, também, o importante apoio governamental oriundo do MCTIC, CNPq e MEC, valiosíssimo para o sucesso alcançado e à ABQ – Associação Brasileira de Química pela confiança e apoio ao trabalho realizado na sua Diretoria de Olimpíadas.

**Sérgio Melo**

# Endereços Coordenadores

ESTADO	COORDENADOR	ENDEREÇO PROFISSIONAL
<b>ACRE</b> acre.obquimica.org	<b>Prof. Ilmar Bernardo Graebner</b> ibgraebner@gmail.com	<b>UFAC – Universidade Federal do Acre</b> <b>Centro de Ciências Biológicas e da Natureza</b> <b>- CCBN</b> Rodovia BR 364, Km 04, s/n - Distrito Industrial, Rio Branco - AC, 69920-900 – Cxa Postal 500 Fone: (68) 3228.0474
<b>ALAGOAS</b> alagoas.obquimica.org/	<b>Prof. Demetrius Pereira Morilla</b> demetriusmorilla@ifal.edu.br	<b>Instituto Federal de Alagoas – IFAL / Campus Maceió</b> Avenida do Ferroviário, 360, Centro 57.020-600 - Maceió - AL Fones: (82) 2126-7000 - 2126.7016
<b>AMAPÁ</b> amapa.obquimica.org/	<b>Prof. Kelton Luis Belém dos Santos</b> olimpiadaquimica.ap@gmail.com	<b>Coordenação do Programa de Inclusão, Acesso e Permanência - PIAP</b> <b>Universidade Federal do Amapá</b> Rod. Juscelino Kubitschek, Km 02 68.902-280 Macapá - AP Fones: (96) 3312-1752 / (96) 4009.2834
<b>AMAZONAS</b> oaqfam.wixsite.com/oamq pt-br.facebook.com/ oaquimica	<b>Prof. Paulo Rogério da Costa Couceiro</b> oaq.ufam@gmail.com couceiro35@gmail.com	<b>Universidade Federal do Amazonas Bloco 10 - Departamento de Química/ICE/UFAM</b> <b>Setor Norte do Campus Universitário Senador Arthur Virgílio Filho</b> Av. Rodrigo Otávio, 6.200 - Coroado 69.077-000 Manaus, AM (92) 3305-2874
<b>BAHIA</b> www.obaq.ufba.br	<b>Prof. Lafaete Almeida Cardoso</b> lafaiete@ufba.br	<b>Universidade Federal da Bahia</b> <b>Instituto de Química - Depto. Qui. Orgânica</b> Rua Barão de Jeremoabo, s/n (Ondina) 40.170-115 Salvador - BA (71) 3283.6813 3237.4117 (Fax)
<b>CEARÁ</b> www.necim.ufc.br	<b>Profª. Leonilde Maria Câmara Jatahy</b> necim@bol.com.br leojatahy@ig.com.br Profª. Cláudia Christina B. S. Carneiro	<b>Universidade Federal do Ceará</b> <b>NECIM - Núcleo de Ensino de Ciências e Matemática</b> Av. da Universidade, 2470 60020-180 Fortaleza - Ceará (85) 3366.7796
<b>DISTRITO FEDERAL</b> brasil.obquimica.org/	<b>Profa. Elaine Rose Maia</b> petunbquimica@gmail.com petquimicaunb.herokuapp.com elaine.rose.maia@gmail.com	<b>Química - Universidade de Brasília</b> <b>Campus Universitário</b> Darcy Ribeiro - 70910-970 - Asa Norte - Brasília - DF (61) 3107-3895 ou 3999
<b>ESPÍRITO SANTO</b> www.ocq.ufes.br/	<b>Prof. Carlos Vital Paixão de Melo</b> carlos.melo@ufes.br	<b>Universidade Federal do Espírito Santo</b> <b>Departamento de Química - CCE</b> Av. Fernando Ferrari, 514 – Campus Universitário Alaor de Queiroz – Goiabeiras 29.075-910 Vitória – ES (27) 4009-2473

<b>GOIÁS</b> goias.obquimica.org/	<b>Renato Cândido da Silva</b> obqgoias@yahoo.com.br	<b>Universidade Federal de Goiás, Instituto de Química</b> Campos II Samambaia Bloco I - 74001-970 - Goiania, GO - Telefone: 62 3521.1167
<b>MARANHÃO</b> maranhao.obquimica.org/	<b>Prof. Roberto Batista de Lima</b> rblimas@gmail.com	<b>Universidade Federal do Maranhão Departamento de Química</b> Av. dos Portugueses, 1966 Campus da Bacanga 65.080-580 São Luis - MA Fone: (98) 3272.9241
<b>MATO GROSSO</b>	<b>Prof. Luiz Both</b> luiz.both@blv.ifmt.edu.br luiz_both@hotmail.com	<b>IFMT - Campus Bela Vista</b> Rua 28, Quadra 38, Casa 14, Jardim Universitário cep: 78.075-592 - Cuiabá-MT Fone: 65 3663.1374
<b>MATO GROSSO DO SUL</b>	<b>Prof. Onofre Salgado Siqueira</b> onofre.s.siqueira@gmail.com	<b>Universidade Federal do Mato Grosso do Sul Instituto de Química</b> Rua Filinto Muller, 1555 (Cidade universitária) 79.070-900 Campo Grande - MS (67) 3345.3556
<b>MINAS GERAIS</b> www.qui.ufmg.br/omq/ zeus.qui.ufmg.br/~omq/	<b>Prof. João Paulo Ataíde Martins</b> omq.ufmg@gmail.com	<b>Universidade Federal de Minas Gerais Departamento de Química Instituto de Ciências Exatas (ICEx)</b> Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 Pampulha 31.270-901 - Belo Horizonte -MG (31) 3409 5762 e 3409 5775 - Sala 287
<b>PARÁ</b> para.obquimica.org/ Instituto Federal do Pará -	<b>Prof. Márcio de Souza Farias</b> toraqk@gmail.com - toraqk@yahoo.com.br <b>Profa. Patrícia da Luz</b> pdaluz@yahoo.com	<b>IFPA Departamento de Química</b> Avenida Almirante Barroso, 1155 Bairro do Marco - 66093-020 Belém - PA
<b>PARAÍBA</b> paraiba.obquimica.org/	<b>Prof. Francisco Ferreira Dantas Filho</b> dantasquimica@yahoo.com.br comissaoopbq@gmail.com	<b>Universidade Estadual da Paraíba -UEPB - Centro de Ciências Tecnologia - Depto. Química</b> Rua Juvêncio Arruda, s/n - Campus Universitário Bodocongó, 58109-790 - Campina Grande -PB Telefone: (83) 3315.3356 (83) 99919 -7772
<b>PARANÁ</b> http://blogs.ct.utfpr.edu. br/oprq/	<b>Profa. Maurici Luzia Del Monego</b> mauriciluzia@gmail.com	<b>Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Curitiba - Sede Ecoville</b> Rua Dep. Heitor Alencar Furtado, 5000 Bloco C Departamento Acadêmico de Química e Biologia 81280-340 - Curitiba - PR - Brasil Fone: (41) 3279.6855
<b>PERNAMBUCO</b> pernambuco.obquimica.org/	<b>Prof. Cristiano Marcelino Almeida Cardoso Filho</b> cristianomarcelinojr@uol.com.br	<b>Universidade Federal Rural de Pernambuco</b> Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - Recife PE 52171-900 Fone: (81) 33206370/6371
<b>PIAUÍ</b> piaui.obquimica.org/	<b>Prof. Samuel Anderson Alves de Sousa</b> olimpiquimica@gmail.com	<b>Universidade Federal do Piauí Depto de Química - SG2 CCN - Campus da Ininga</b> 64049-550 - Teresina - PI - (86) 3215.5840

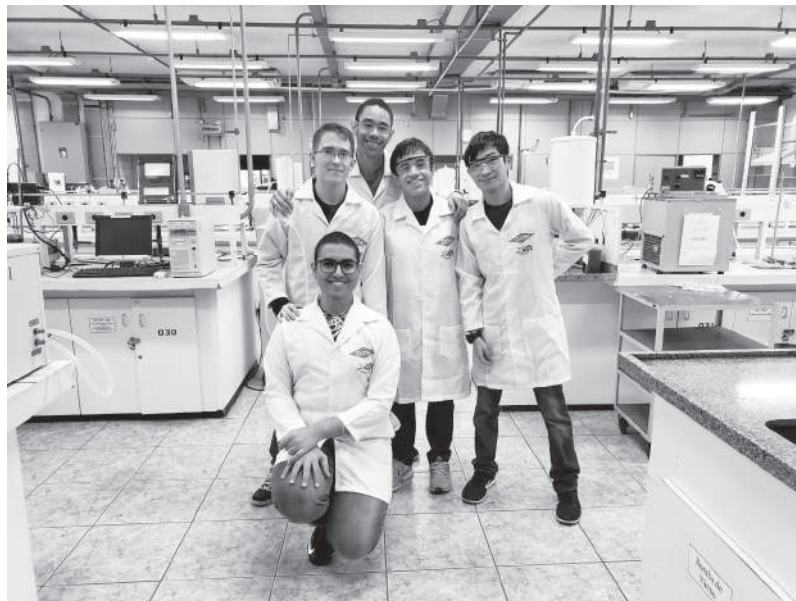
<b>RIO DE JANEIRO</b> <a href="http://www.oqrij.site.com.br">www.oqrij.site.com.br</a> <a href="mailto:oqrij@ifrrj.edu.br">oqrij@ifrrj.edu.br</a>	<b>Prof. Paulo Chagas</b> <a href="mailto:paulo.chagas@ifrrj.edu.br">paulo.chagas@ifrrj.edu.br</a> <b>Prof. Luis Carlos de Abreu Gomes</b> <a href="mailto:luis.quimica@cp2.g12.br">luis.quimica@cp2.g12.br</a>	<b>IFRJ - Campus São Gonçalo (CIEP 436 Neusa Brizola)</b> Rua José Augusto P. dos Santos, s/n, 24.425-004 São Gonçalo - RJ e/ou Colégio Pedro II - Campus Engenho Novo II Rua Barão do Bom Retiro, 726 - Engenho Novo, 20.715-003 - Rio de Janeiro - RJ
<b>RIO GRANDE DO NORTE</b> <a href="http://rn.obquimica.org/">http://rn.obquimica.org/</a>	<b>Prof. Fabiano do Espírito Santo Gomes</b> <a href="mailto:feibi_natal@yahoo.com.br">feibi_natal@yahoo.com.br</a>	<b>Universidade Federal do Rio Grande do Norte</b> <b>Centro de Ciências Exatas e da Terra</b> <b>Instituto de Química</b> Av. Senador Salgado Filho, s/n - Lagoa Nova Campus Universitário - 59.072-970 Natal - RN Fone: (84) 3342.2323 (R.117)
<b>RIO GRANDE DO SUL</b>	<b>Prof. Leandro Rosa Camacho (ABQ-RS)</b> <b>Profª. Tânia Denise Miskinis Salgado (UFRGS)</b> <a href="mailto:oqdors@gmail.com">oqdors@gmail.com</a>	<b>ABQ-RS</b> Av. Itaquí, 45 - Bairro Petrópolis Porto Alegre- RS - 90460-140 Fone: (51) 3225.9421
<b>RONDÔNIA</b> <a href="http://www.programa-olimpiadarondoniense-de-quimica.com/">www.programa-olimpiadarondoniense-de-quimica.com/</a>	<b>Prof. Renato Cassaro</b> <a href="mailto:rrenatocassaro26@hotmail.com">rrenatocassaro26@hotmail.com</a>	<b>Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Santa Ana</b> Rua Eça de Queiroz, nº 4681 78.930-000 Alvorada do Oeste - RO Fone (69) 3412-2842
<b>RORAIMA</b> <a href="http://roraima.obquimica.org/">roraima.obquimica.org/</a>	<b>Prof. Luiz Antonio Mendonça Alves da Costa</b> <a href="mailto:luizufrr@gmail.com">luizufrr@gmail.com</a> <a href="mailto:luiz.costa@ufrr.br">luiz.costa@ufrr.br</a>	<b>Universidade Federal de Roraima</b> <b>Centro de Ciências e Tecnologia</b> <b>Departamento de Química</b> <b>Campus do Paricarana</b> Av. Cap. Enê Garcêz, 2413 - Bloco III - Sala 345 - Aeroporto - 69.310-000 Boa Vista - RR Fone: 95 3621-3140 Fax: 95 3621-3137  <a href="mailto:obqroraima@gmail.com">obqroraima@gmail.com</a>
<b>SANTA CATARINA</b> <a href="http://www.ocquimica.com.br">www.ocquimica.com.br</a>	<b>Coordenação Colegiada:</b> <b>Prof. Nivaldo Cabral Kuhnen</b> <a href="mailto:nivaldo@crqsc.gov.br">nivaldo@crqsc.gov.br</a>  <b>Prof. Jonas Comin Nunes</b> <a href="mailto:jonas@crqsc.gov.br">jonas@crqsc.gov.br</a>  <b>Prof. Francielen Kuball Silva</b> <a href="mailto:francielen.silva@unisul.br">francielen.silva@unisul.br</a>	<b>Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL</b> Av. José Acácio Moreira, 787 - Bairro Dehon 88704-900 - Tubarão - SC Telefone: (48) 3621-3063 <b>Conselho Regional de Química - CRQ - 13ª Região</b> Av. Osmar Cunha, 126 - 1º Andar - Centro 88015-100 - Florianópolis - SC Telefone: (48) 3229-7800

<b>SÃO PAULO</b> <a href="http://allchemy.iq.usp.br">http://allchemy.iq.usp.br</a>	<b>Prof. Dr. Ivano G. R. Gutz</b> (coordenador)  <b>Dr. Fernando Silva Lopes</b> (vice-coordenador)  <a href="mailto:abqsp@iq.usp.br">abqsp@iq.usp.br</a> <a href="mailto:gutz@iq.usp.br">gutz@iq.usp.br</a> <a href="mailto:fslopes@iq.usp.br">fslopes@iq.usp.br</a>	<b>Instituto de Química da USP</b> <b>ABQ - Regional São Paulo</b> Av. Prof. Lineu Prestes, 748 sala 0306 05.508-000 - São Paulo - SP (11) 3091.2159 (8-12h)
<b>SERGIPE</b> <a href="http://sergipe.obquimica.org/">http://sergipe.obquimica.org/</a>	<b>Prof. Dr. André Luís Bacelar Silva Barreiros</b> <a href="mailto:osequim@gmail.com">osequim@gmail.com</a> <a href="mailto:andrelbbarreiros@hotmail.com">andrelbbarreiros@hotmail.com</a>	<b>Universidade Federal de Sergipe - Departamento de Química</b> <b>Campus Prof. José Aloísio de Campos Jardim Rosa Elze</b> Av. Marechal Rondon, s/n - 49.100.000 São Cristóvão - SE Fones: (79) 3194-6898 / 3194-6650
<b>TOCANTINS</b> <a href="http://tocantins.obquimica.org/">tocantins.obquimica.org/</a>	<b>Prof. José Expedito Cavalcante da Silva</b> <a href="mailto:jecs@mail.uft.edu.br">jecs@mail.uft.edu.br</a>	<b>Universidade Federal do Tocantins</b> <b>Coordenação de Química</b> Rua Paraguai, s/n (esquina com Urixamas) Setor Cimba - 77.838-824, Araguaína-TO Fone: 63 3215 5840

PROMOTORES	
<b>Universidade Federal do Ceará</b> <b>Pró-Reitoria de Extensão</b>	Av. da Universidade, 2932 - Campus do Benfica 60.020 Fortaleza - CE - Fone: (85) 3366.7300
<b>Universidade Federal do Piauí</b> <b>Pró-Reitoria de Extensão</b>	Campus da Ininga - 64.049-550 Teresina - PI Fone: (86) 3215.5692 Fax: (86) 215.5570
APOIO	
<b>CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico</b>	SHIS QI 1 Conjunto B - Bloco D, 2o andar Edifício Santos Dumont, Lago Sul 71605-190 Brasília - DF Fone: (61) 3211-9408
<b>CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior</b>	Setor Bancário Norte, Quadra 02, Bloco L, Lote 6, 4o. Andar 70.040-020 - Brasília/DF
<b>Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações e Comunicação - Secretaria de Ciência e Tecnologia para a Inclusão Social</b>	Esplanada dos Ministérios, Bloco E, 2o andar. 70067-900 - Brasília - DF
<b>Conselho Federal de Química</b>	Bloco I Saus, Quadra 5 - DF - 70.070-050
REALIZADOR	
<b>Associação Brasileira de Química</b> <b><a href="http://www.abq.org.br">www.abq.org.br</a></b>	Av. Presidente Vargas, 633 sala 2208 20071-004 Rio de Janeiro RJ - Telefone: 21 2224-4480 Fax: 21 2224-6881 <a href="mailto:abqrj@alternex.com.br">abqrj@alternex.com.br</a>



## Capacitação Laboratorial na UNICAMP



Os cinco estudantes mais bem classificados na fase VI da OBQ 2018 receberam treinamento laboratorial no Instituto de Química da UNICAMP, na primeira semana do mês de julho.

O treinamento foi conduzido pelo ex-olímpico de química Bruno Matos Paz, Doutor em Química Orgânica pela Universidade de Aarhus (Dinamarca).

Participaram desse curso os estudantes: Ygor de Santana Moura, Lucas Yutaka Kuroishi, Joaquim Miguel M. Santiago, Thiago Oliveira Sousa e Mattias Anders Larson.

Os quatro primeiros representaram o Brasil em dois certames internacionais: 51<sup>st</sup> International Chemistry Olympiad, realizada em Paris-França e a XXIV Olimpíada Ibero-Americana de Química, em Porto-Portugal



**Associação  
Brasileira  
de Química**

## **Eventos 2019**



**Simpósio Nacional  
de Biocombustíveis**

**São Luis - MA**

**24 a 26 de abril de 2019**

**Trabalhos: 15 de março**



**Simpósio  
Brasileiro de  
Educação  
Química**

**IMPEQUI**

**Porto Alegre- RS**

**5 a 7 de agosto de 2019**

**Trabalhos: 29 de junho**



**Encontro Nacional  
de Tecnologia Química**

**Teresina - PI**

**16 a 18 de setembro de 2019**

**Trabalhos: 13 de agosto**



**CBQ**

**Congresso Brasileiro**

**João Pessoa - PB**

**5 a 8 de novembro de 2019**

**Trabalhos: 9 de agosto**

**Informações: [www.abq.org.br](http://www.abq.org.br)**








CONSELHO FEDERAL DE QUÍMICA

# TRANSFORMANDO O BRASIL


PELA QUÍMICA

A Química é uma ciência fundamental para o desenvolvimento do país. Nós, do CFQ, atuamos em defesa da sociedade e dos profissionais da Química. Eles estão comprometidos com os valores da sustentabilidade socioambiental e garantem a qualidade de produtos e serviços presentes na vida dos brasileiros.

 @cfquimica  
 /cfquimica  
 @cfquimica  
 @cfquimica  
 /conselhofederaldequimica



# O futuro está na Química



A Química é a ciência que mais contribui para a melhoria, prolongamento e bem-estar da vida humana, pois está presente em nosso dia a dia.

Desde o tratamento da água que consumimos até os meios de transporte, passando pelos aromas dos perfumes e pela produção de medicamentos, aumentando a qualidade de vida das pessoas e promovendo a preservação do meio ambiente.

Estimular o crescimento da Química no presente é garantir um futuro melhor para as próximas gerações. Valorizar a Química é valorizar a vida.

[abiquim.org.br](http://abiquim.org.br)

 **ABIQUM**  
Associação Brasileira de Indústrias Químicas

**55**  
anos



Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação



# PISCINA LIMPA FAZ 10 anos

Criada em outubro de 2009 pela Abiclor (Associação Brasileira da Indústria de Alcalis, Cloro e Derivados), a campanha **Piscina Limpa – Mergulhe nessa ideia!** completou em outubro uma década. Já foi vista por mais de 550 mil pessoas. Veiculada no blog e no Facebook, a campanha ensina de forma lúdica aos banhistas os bons hábitos de higiene necessários para preservar a qualidade da água.

O cloro é indispensável para manter a água da piscina em condições adequadas ao uso, garantindo a segurança dos banhistas. O cloro desinfeta e mata microrganismos prejudiciais à saúde, tem efeito bactericida e fungicida.

## Veja dez motivos para tratar a piscina com cloro.

- 1 Controla o pH e a alcalinidade.
- 2 Minimiza os perigos de contaminação em lesões.
- 3 Evita o cheiro forte.
- 4 Higieniza a piscina após um longo período sem uso.
- 5 Elimina a gordura que fica na superfície, decorrente do acúmulo de uso de bronzeadores.
- 6 Evita a troca constante de água, reduzindo o desperdício.
- 7 Controla o aparecimento de microrganismos, como algas, evitando que a água fique esverdeada ou turva.
- 8 Previne criadouros de mosquito da dengue.
- 9 Evita o aparecimento de espuma e bolhas na superfície da água.
- 10 Elimina bactérias, fungos e germes.

**abiclor**

 **PISCINA LIMPA**  
mergulhe nessa ideia!