

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

Augusto Sérgio Lino Gonçalves

**ENTRE CÁPSULAS E CONCEITOS: Uma Sequência Investigativa para o
Ensino de Química Medicinal no Ensino Médio**

**Belo Horizonte
2025**

Augusto Sérgio Lino Gonçalves

**ENTRE CÁPSULAS E CONCEITOS: Uma Sequência Investigativa para o
Ensino de Química Medicinal no Ensino Médio**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Química
Licenciatura da Universidade Federal de
Minas Gerais, como requisito parcial para
o grau de licenciado em Química
Licenciatura

Orientador: João Paulo Ataíde Martins

Co-orientador: Diego Magno Martins

Belo Horizonte

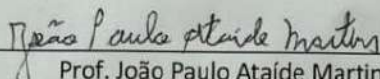
2025

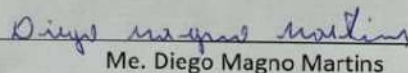
UFMG

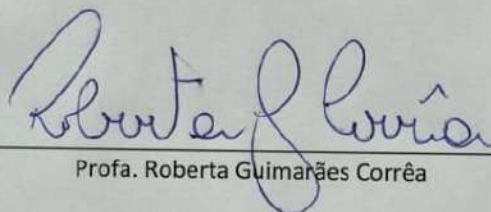
COLEGIADO DE QUÍMICA
Instituto de Ciências Exatas
Fone: (031) 3409-5799/6386
E-mail: colgradqul@icex.ufmg.br

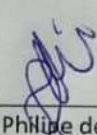
Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Química Licenciatura da Universidade Federal de Minas Gerais, do estudante Augusto Sérgio Lino Gonçalves, nº de registro 2019433375.

O Trabalho de Conclusão de Curso do estudante **Augusto Sérgio Lino Gonçalves**, intitulado **Entre Cápsulas e Conceitos: Uma Sequência Didática Fundamentada no Ensino por Investigação sobre a Absorção de Fármacos** foi avaliado e aprovado pela Banca Examinadora constituída pelo Prof. João Paulo Ataíde Martins (DQ - UFMG), orientador do Trabalho de Conclusão de Curso, Me. Diego Magno Martins, coorientador do Trabalho de Conclusão de Curso, Profa. Roberta Guimarães Corrêa (DQ - UFMG) e Me. Philipe de Oliveira Fernandes no dia 20 de outubro de 2025.


Prof. João Paulo Ataíde Martins


Me. Diego Magno Martins


Profa. Roberta Guimarães Corrêa


Me. Philipe de Oliveira Fernandes

Dario
Windmoller:40403
696020

Assinado de forma digital por
Dario Windmoller:40403696020
Dados: 2025.10.10 14:17:18
-03'00'

Prof. Dario Windmüller

Coordenador do Colegiado dos Cursos de Graduação em Química e Química Tecnológica
ICEx - UFMG

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao meu coorientador Diego Magno Martins e ao meu orientador João Paulo Ataíde Martins, pelo apoio, paciência, compreensão, incentivo e pelas contribuições fundamentais para a construção deste trabalho.

Agradeço também aos meus ex-orientadores Ana Paula Guimarães (Universidade Federal de Viçosa), Luciana Calábria (Universidade Federal de Uberlândia), Adolfo Henrique de Moraes e Philipe Fernandes (Universidade Federal de Minas Gerais), que contribuíram direta ou indiretamente com minha formação docente e científica, e despertaram em mim o interesse pela área de Química Computacional.

Ao Laboratório de Química de Macromoléculas (MacroMol) e aos colegas de laboratório, agradeço pelas trocas de conhecimento, pelo ambiente de colaboração e pela parceria.

Aos meus familiares, em especial aos meus pais, ao meu irmão e ao meu namorado, agradeço pelo amor incondicional, apoio emocional e por sempre acreditarem em mim, mesmo nos momentos de maior incerteza.

Agradeço aos meus amigos que caminharam comigo nesta jornada acadêmica, oferecendo apoio, escuta, puxão de orelha e companheirismo nos momentos mais difíceis — meu sincero obrigado.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de sequência didática investigativa voltada ao ensino de Química no Ensino Médio, com foco nos conceitos de lipofilicidade, hidrossolubilidade, pH e absorção de fármacos no contexto da Química Medicinal. A proposta visa suprir a escassez de materiais didáticos que articulem esses conceitos no contexto de química medicinal ao cotidiano dos estudantes. A metodologia adotada envolveu a revisão bibliográfica, o desenvolvimento e teste de atividades experimentais com quinina e a elaboração de materiais para alunos e professores. A sequência didática, para ser desenvolvida ao longo de 5 aulas de Química no 3º ano do Ensino Médio, foi estruturada em torno de uma narrativa contextualizada em Química Medicinal, cujo ponto de partida é uma situação-problema sobre o hábito de abrir cápsulas de medicamentos antes da ingestão, apresentada por meio da narrativa dos personagens Clara e Pedro. A conversa entre eles, motivada pela curiosidade em relação às cápsulas, levanta dúvidas sobre para que serve a cápsula e o que pode acontecer com o efeito e a segurança do medicamento quando ela é aberta. A partir dessa situação, são propostas atividades e práticas experimentais que levam os alunos a discutir e investigar, de forma mais aprofundada, os conceitos envolvidos. O desenvolvimento deste trabalho culminou na produção de um material didático composto por uma apostila para os estudantes e uma apostila para o professor contendo as instruções de como conduzir as atividades

Palavras-chave: Ensino por investigação; Química Medicinal; Lipofilicidade; Hidrossolubilidade; Ensino de Química.

ABSTRACT

This work presents a proposal for an investigative didactic sequence aimed at teaching Chemistry in High School, focusing on the concepts of lipophilicity, hydrosolubility, pH, and drug absorption within the context of Medicinal Chemistry. The proposal seeks to address the scarcity of teaching materials that connect these concepts in Medicinal Chemistry to students' everyday experiences. The adopted methodology involved a literature review, the development and testing of experimental activities with quinine, and the preparation of materials for both students and teachers. The didactic sequence, designed to be carried out over five Chemistry classes in the third year of High School, was structured around a narrative contextualized in Medicinal Chemistry. Its starting point is a problem situation concerning the habit of opening medication capsules before ingestion, presented through the story of the characters Clara and Pedro. Their conversation, prompted by curiosity about capsules, raises questions about the purpose of the capsule and what may happen to the medication's effectiveness and safety when it is opened. Based on this situation, activities and experimental practices are proposed to encourage students to discuss and investigate the underlying concepts in greater depth. The development of this work resulted in the production of teaching material consisting of a booklet for students and a booklet for the teacher containing guidance on how to conduct the activities.

Keywords: Inquiry-based teaching; Medicinal Chemistry; Lipophilicity; Hydrosolubility; Chemistry Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pedro sugerindo para Clara abrir a capsula.....	5
Figura 2 - Clara alertando Pedro sobre o perigo.....	6
Figura 3 - Clara conversando com a professora.....	7
Figura 4 - Pedro.....	10
Figura 5 - Representação esquemática das proteínas de membrana	11
Figura 6 - Clara.....	17
Figura 7 - Quina-Quina.....	17
Figura 8 - Solução de Quinina.....	18
Figura 9 - Tubos de ensaio	
Figura 1 – Pedro sugerindo para Clara abrir a capsula.....	5
Figura 2 - Clara alertando Pedro sobre o perigo.....	6
Figura 3 - Clara conversando com a professora.....	7
Figura 4 - Pedro.....	10
Figura 5 - Representação esquemática das proteínas de membrana	11
Figura 6 - Clara.....	17
Figura 7 - Quina-Quina.....	17
Figura 8 - Solução de Quinina.....	18
Figura 9 - Tubos de ensaio.....	19
Figura 10 - Tubo de ensaio com precipitado.....	22
Figura 11- Tubos de ensaio na luz UV	23
Figura 12 - Estrutura Quinina.....	23
Figura 13 - Tubo C antes e depois da agitação.....	26
Figura 14 - Tubos de ensaio na Luz UV	27
Figura 15 - Tubo C 2 fases.....	29
Figura 16 - Estutura da Quinina	32
Figura 17 - Estrutura do ácido acetilsalicílico não ionizada	36
Figura 18 - Estrutura do ácido acetilsalicílico ionizada.....	37
Figura 19 Clara ensinando Lucas motivo de não abrir a capsula.....	39
Figura 20- Lucas lembrando que o pai sempre abre as capsulas	39
Figura 10 - Tubo de ensaio com precipitado.....	22
Figura 11- Tubos de ensaio na luz UV	23
Figura 12 - Estrutura Quinina.....	23
Figura 13 - Tubo C antes e depois da agitação.....	26
Figura 14 - Tubos de ensaio na Luz UV	27
Figura 15 - Tubo C 2 fases.....	29
Figura 16 - Estutura da Quinina	32
Figura 17 - Estrutura do ácido acetilsalicílico não ionizada	36
Figura 18 - Estrutura do ácido acetilsalicílico ionizada.....	37
Figura 19 Clara ensinando Lucas motivo de não abrir a capsula.....	39
Figura 20- Lucas lembrando que o pai sempre abre as capsulas	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	OBJETIVO	8
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	8
3.1	DA EDUCAÇÃO BANCÁRIA ÀS METODOLOGIAS ATIVAS	8
3.2	O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: DIRETRIZES E FUNDAMENTOS	10
3.3	OUTRAS REFERÊNCIAS UTILIZADAS NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	15
3.3.1	<i>O Uso de Analogias no Ensino de Ciências</i>	<i>15</i>
3.3.2	<i>Criação de Imagem com IA</i>	<i>18</i>
3.4	FUNDAMENTOS QUÍMICOS ESSENCIAIS	19
3.4.1	<i>Química Medicinal</i>	<i>19</i>
3.4.2	<i>Membranas Biológicas Estrutura e Função</i>	<i>20</i>
3.4.3	<i>Lipofilicidade: Conceito e Importância em Sistemas Biológicos ...</i>	<i>22</i>
3.4.4	<i>Hidrossolubilidade: Polaridade e Interação com o Meio Aquoso ..</i>	<i>23</i>
3.4.5	<i>Equilíbrio de Solubilidade: Condições, Influências e Aplicações ..</i>	<i>24</i>
3.4.6	<i>O Papel do pH e da Ionização de Fármacos</i>	<i>25</i>
3.4.7	<i>Fluorescência</i>	<i>26</i>
3.4.8	<i>Concepções Alternativas sobre Solubilidade e Equilíbrio Químico</i>	
	28	
4	METODOLOGIA	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1	MATERIAL DO PROFESSOR.....	35
5.2	MATERIAL DO ALUNO	36
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
7	REFERÊNCIAS.....	39
8	ANEXOS	43

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da educação científica surge como uma necessidade essencial para a formação integral do indivíduo. As Ciências da Natureza e Matemática, abordadas no Ensino Fundamental, desempenham papel crucial de introduzir e fomentar a alfabetização científica nos estudantes. Esse processo possibilita que os estudantes ampliem sua capacidade de compreender o mundo ao seu redor e desenvolvam sua participação social e intelectual, a fim de facilitar o pleno exercício da cidadania (Brasil, 1996).

O processo de educação científica continua na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio, Física, Biologia e Química, que buscam compreender os fenômenos naturais por meio da articulação entre pressupostos teóricos e a prática investigativa (Santana Penaforte; Souza dos Santos, 2014). As disciplinas de Ciências da Natureza e suas tecnologias ocupam um lugar central na formação de estudantes críticos, reflexivos e capazes de compreender e intervir no mundo em que vivem. Para que essa formação se concretize, é fundamental que essas áreas do conhecimento sejam apresentadas de forma a despertar o interesse e a curiosidade dos alunos. Em particular, o ensino de Química deve assumir um papel desafiador e instigante, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento científico (Lima, 2012).

Lima destaca que o ensino de Química deve ser problematizador, desafiador e estimulador, no sentido de guiar os estudantes em um processo ativo de construção do conhecimento. Isso implica superar práticas tradicionais, centradas na mera transmissão e memorização de conteúdos, e adotar estratégias pedagógicas que valorizem a reflexão, a investigação e a contextualização (Lima, 2012).

Nesse processo, o professor deve assumir o papel de mediador crítico, capaz de estimular questionamentos, propor desafios e criar situações de aprendizagem que envolvam os estudantes de forma significativa. Como ressaltam Santos e Schnetzler (1996), o professor de Ciências precisa ser também um pesquisador de sua prática, refletindo continuamente sobre os métodos utilizados e buscando formas de tornar o conhecimento mais acessível, aplicável e socialmente relevante (Santos; Schnetzler, 1996).

Ao promover atividades que articulam os saberes científicos ao cotidiano dos estudantes, o ensino de Química pode contribuir para a formação de cidadãos mais conscientes, capazes de utilizar o conhecimento científico para tomar decisões informadas e responsáveis. Nesse sentido, a problematização não é apenas uma técnica didática, mas uma postura pedagógica que reconhece os estudantes como sujeitos ativos no processo de aprendizagem, com saberes, vivências e potencialidades que devem ser valorizadas (Santos; Schnetzler, 1996).

Nos últimos anos, a Base Nacional Comum Curricular e as diretrizes para o Ensino Médio têm enfatizado a importância do desenvolvimento de competências e habilidades por meio de metodologias que promovam a autonomia intelectual, o pensamento crítico e a contextualização dos saberes escolares (Brasil, 2018).

As metodologias ativas consistem em abordagens didáticas que estimulam a participação dos estudantes, valorizando suas experiências, hipóteses e a resolução de problemas reais como meio de aprendizagem. Nesse modelo, o professor deixa de ser apenas um transmissor de conteúdos e passa a atuar como mediador e facilitador, promovendo situações de aprendizagem que favoreçam a reflexão, a autonomia e a colaboração (Santos; Menezes, 2020). Entre essas abordagens, o **ensino por investigação** tem ganhado destaque no ensino de Ciências por favorecer o desenvolvimento de habilidades científicas, como o levantamento de hipóteses, a análise de dados e a argumentação (Zômpero; Laburú, 2011). Além disso, essa abordagem se destaca por seu compromisso com o engajamento dos estudantes em práticas envolvidas na construção do conhecimento científico, articulando os domínios conceitual, epistêmico e social da ciência em sala de aula, o que possibilita uma compreensão mais complexa e autêntica do processo científico (Franco, 2021).

Nesse sentido, o uso de estratégias fundamentadas em **atividades práticas e experimentais investigativas** podem proporcionar aos estudantes uma compreensão mais ampla de conceitos que muitas vezes seriam abordados apenas de forma teórica. A experimentação no ensino de Química, por exemplo, é amplamente apoiada por diversos autores, pois constitui uma Estratégia de ensino significativa que favorece a construção ativa do conhecimento (Ferreira, 2010). Cada vez mais, o uso de atividades que promovem a participação ativa dos alunos tem sido recomendado por pesquisadores, educadores e documentos curriculares, com o objetivo de não apenas transmitir conteúdos conceituais, mas também desenvolver

habilidades práticas, pensamento crítico e capacidade de tomada de decisão (Monteiro *et al.*, 2019).

Apesar das recomendações curriculares e dos avanços nas pesquisas em Educação em Ciências, muitos professores ainda enfrentam dificuldades concretas para implementar práticas pedagógicas mais investigativas. Uma das barreiras é a carência de ferramentas didáticas adequadas que auxiliem na organização de aulas investigativas e contextualizadas. A ausência de materiais experimentais acessíveis, com propostas metodológicas bem estruturadas, dificulta a transposição dos princípios teóricos das metodologias ativas para a prática cotidiana da sala de aula. Além disso, a formação inicial e continuada de grande parte dos docentes, muitas vezes, não contempla de forma suficiente o desenvolvimento de competências para planejar e conduzir atividades investigativas. Nesse contexto, a escassez de instrumentos pedagógicos alinhados à abordagem investigativa limita o potencial transformador dessas metodologias, evidenciando a necessidade de produção e disseminação de materiais didáticos que sirvam de apoio ao professor em sua prática (Cheung, 2007; Hollingsworth; Vandermaas-Peeler, 2017).

Nesse cenário, o tema Química Medicinal desponta como um tema promissor e altamente relevante para o ensino de Química, especialmente no Ensino Médio. Por ser uma área interdisciplinar, ela permite contextualizar conceitos tradicionalmente abstratos, como estrutura molecular, polaridade, solubilidade, pH e interações intermoleculares por meio de temas que afetam diretamente o cotidiano dos estudantes, como o uso correto de medicamentos, a fitoterapia e a saúde. Tradicionalmente, quando essa abordagem é incorporada ao currículo, ela ocorre por meio do estudo de plantas e ervas medicinais, o que facilita a conexão com saberes populares e permite a exploração de conteúdos como grupos funcionais, propriedades físico-químicas e efeitos terapêuticos dos compostos orgânicos (Brito; Mamede; Roque, 2019).

No entanto, essa proposta pode ser expandida para incluir o entendimento de como os fármacos interagem com o corpo humano em nível molecular desde sua absorção até sua eliminação, promovendo a compreensão de processos bioquímicos complexos em linguagem acessível. Ao trabalhar a Química Medicinal de forma investigativa os estudantes são estimulados a formular hipóteses, interpretar dados e aplicar conceitos químicos em contextos reais. Essa abordagem pode despertar o interesse e a curiosidade dos alunos, pode favorecer a tomada de decisões

informadas sobre sua própria saúde, ao mesmo tempo em que desenvolvem uma compreensão de conhecimentos científicos (Silva & Silva, 2023).

Diante do exposto, o presente trabalho consistiu no *desenvolvimento de uma sequência didática com abordagem investigativa* que amplia os conteúdos tradicionalmente abordados *no contexto da Química Medicinal, visando trabalhar conceitos como lipofilicidade, hidrossolubilidade, pH e absorção de fármacos de forma contextualizada e significativa.*

2 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de sequência de ensino investigativa envolvendo os conceitos de lipofilicidade e hidrossolubilidade no contexto da Química Medicinal. A sequência de ensino é composta por atividades contextualizadas que trabalham com experimentação e visam favorecer a compreensão da absorção de fármacos, O fomento ao desenvolvimento do pensamento crítico e a aprendizagem significativa.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Da Educação Bancária às Metodologias Ativas

A educação, em muitas de suas práticas tradicionais, é caracterizada por Paulo Freire como uma **Educação Bancária**, na qual os estudantes são concebidos como depósitos vazios e os educadores como meros "depositantes" de conteúdo (Freire, [s. d.]). Nesse modelo pedagógico, predominam as metodologias de transmissão unilateral de informações, onde os educandos assumem um papel passivo, recebendo conceitos sem serem incentivados a questionar ou a compreender o valor intrínseco do que lhes é ensinado. Conforme a perspectiva do teórico David Ausubel, essa abordagem frequentemente culmina em uma aprendizagem mecânica, na qual os

novos conhecimentos são memorizados de forma descontextualizada e pouco duradoura (Ausubel, 2012). Moreira a descreve como um conhecimento praticamente desprovido de significado, puramente memorístico, que serve apenas para o propósito de avaliações pontuais e é rapidamente esquecido após sua aplicação (Ausubel, 2012).

Essa ausência de significado, intrínseca à reprodução de conteúdos, compromete não apenas a retenção duradoura do aprendizado, mas também inibe o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores, como o pensamento crítico, a criatividade e a capacidade de resolução de problemas. Ao limitar a participação ativa e a autonomia dos estudantes, desconsidera suas vivências e conhecimentos prévios, gerando desmotivação e desengajamento, e falhando em prepará-los para um papel atuante e transformador na sociedade (Freire, [s. d.]). Tal cenário evidencia as limitações de práticas pedagógicas que não fomentam o protagonismo nem a construção ativa do saber, ressaltando a urgência de transitar para práticas pedagógicas que promovam uma formação integral e contextualizada.

Nesse contexto de busca por um ensino que supere as limitações do modelo tradicional, as **metodologias ativas** emergem como um conjunto de abordagens pedagógicas que visam fomentar o aprendizado e promover a formação crítica de futuros profissionais em diversas áreas. Essas metodologias incentivam a autonomia dos estudantes, despertando sua curiosidade e estimulando a tomada de decisões individuais e coletivas, as quais são derivadas de atividades essenciais na prática social e nos contextos dos estudantes (Santos; Menezes, 2020).

A inserção de metodologias ativas no processo de ensino e aprendizagem tem sido, portanto, amplamente incentivada durante a formação de professores, com o objetivo de substituir modelos em que o docente é visto como o único detentor do conhecimento e promover a construção colaborativa dos conteúdos programáticos com os estudantes. Isso beneficia tanto o aprendizado quanto a formação cidadã esperada no Ensino Médio, auxiliando no desenvolvimento de habilidades básicas relativas à cidadania, como a participação e a capacidade de tomada de decisão (Santos; Schnetzler, 1996). Assim, as metodologias ativas propõem que o professor assuma o papel de mediador, enquanto o estudante se torna o protagonista, construindo novos saberes a partir de seus conhecimentos prévios.

3.2 O Ensino por Investigação: Diretrizes e Fundamentos

Entre as diversas abordagens ativas, o **Ensino por Investigação** destaca-se como uma metodologia que visa inserir o estudante no universo científico, guiando-o pela lógica da construção do conhecimento escolar por meio de práticas análogas às das metodologias da própria ciência. Sua essência reside em criar condições para que os alunos pensem, falem evidenciando seus argumentos, leiam criticamente o conteúdo e escrevam mostrando autoria e clareza nas ideias expostas (Carvalho, 2022).

Isso envolve os estudantes de forma protagonista no processo de aprendizagem, incentivando-os a participar de atividades que promovem o desenvolvimento de habilidades cognitivas cruciais, como o levantamento de hipóteses, observações, anotações, coleta e análise de dados, além do aprimoramento da capacidade de argumentação (Zômpero; Laburú, 2011). No contexto do ensino de ciências, a investigação permite que os estudantes compreendam não apenas os conceitos, mas também sobre a própria Natureza da Ciência, ou seja, como o conhecimento científico é produzido (Sasseron, 2015).

Para que o Ensino por Investigação seja efetivo em sala de aula, Carvalho destaca duas diretrizes fundamentais: o **grau de liberdade intelectual** concedido ao aluno e a **elaboração do problema**. A liberdade intelectual é crucial para que os estudantes se sintam à vontade para expor seus pensamentos, raciocínios e argumentações, sem medo de errar, o que é um pré-requisito para a verdadeira construção do conhecimento. Por sua vez, a elaboração de um "bom problema" é o que desencadeia o raciocínio dos alunos e os engaja na investigação, devendo dar condições para que eles resolvam e expliquem o fenômeno, levanten hipóteses, relacionem o que aprenderam com o mundo em que vivem e apliquem os conhecimentos em outras disciplinas (Carvalho, 2018). A combinação desses dois elementos, liberdade para pensar e um problema instigante, é o que permite ao professor criar um ambiente investigativo onde os alunos interagem com o material e constroem ativamente seus conhecimentos.

A liberdade intelectual diz respeito à autonomia concedida pelo professor aos estudantes para que elaborem e expressem seus raciocínios e argumentações de

forma livre, sem receio de cometer equívocos. Segundo Carvalho (2018), é possível identificar distintos níveis de liberdade intelectual presentes nas atividades didáticas em Ciências. O quadro a seguir, adaptado de Carvalho et al. (2010, p. 55), exemplifica essa variação, com ênfase nas atividades de cunho experimental:

Quadro 1 – Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) em atividades experimentais

Grau	Problema	Hipóteses	Plano de trabalho	Obtenção de dados	Conclusões
1 (Tradicional/Diretivo)	P	P	P	A	P
2 (Diretivo-Participativo)	P	P/A	P/A	A	A/P/Classe
3 (Investigativo)	P	A/P	A	A	A/P/Classe
4 (Investigativo-Avançado)	P	A	A	A	A/P/Classe
5 (Investigação Aberta)	A	A	A	A	A/P/Classe

REFERÊNCIA (Carvalho, Ricardo, Sasseron, Abib, & Pietrocola, 2010, p. 55)

O **Grau 1**, ou modelo diretivo, representa a "receita de cozinha", onde o professor apresenta o problema, as hipóteses e todo o plano de trabalho, restando aos alunos apenas executar e comprovar uma conclusão já conhecida. Nessa situação, os alunos podem inclusive aprender a não acreditar nos próprios dados, caso estes diverjam do esperado. O **Grau 2** ainda é diretivo, mas permite uma maior discussão com os alunos sobre as hipóteses e o plano de trabalho, embora a orientação do professor ainda seja predominante.

Os **Graus 3 e 4** caracterizam um ensino por investigação. No **Grau 3**, o professor propõe o problema e discute as hipóteses com os alunos, mas são estes que buscam como fazer a experiência sob supervisão do professor. No **Grau 4**, que representa uma classe mais madura e acostumada com a investigação, os alunos tomam decisões e trabalham em grupo para resolver o problema, sendo o professor o proponente do problema e mediador nas discussões e conclusões. A participação ativa do raciocínio intelectual dos alunos é marcante nesses graus. O **Grau 5**, investigação aberta, onde o problema é escolhido pelos próprios alunos, é raramente encontrado nos ensinos fundamental e médio, sendo mais comum em feiras de ciências, por exemplo.

Carvalho (2018) estende essa análise de graus de liberdade também para outras atividades didáticas, como a **resolução de problemas de lápis e papel** e a **discussão de textos de História das Ciências**, mantendo a mesma lógica de progressão da autonomia do aluno e da mudança no papel do professor de mero transmissor para facilitador do processo investigativo.

Além da liberdade intelectual, a qualidade do "problema" proposto é um pilar fundamental no Ensino por Investigação. Carvalho (2018) define que um bom problema é aquele que:

- Dá condições para os alunos resolverem e explicarem o fenômeno envolvido.
- Dá condições para que as hipóteses levantadas pelos alunos levem a determinar as variáveis.
- Dá condições para os alunos relacionarem o que aprenderam com o mundo em que vivem.
- Dá condições para que os conhecimentos aprendidos sejam utilizados em outras disciplinas do conteúdo escolar.
- Tem o conteúdo relacionado com os conceitos espontâneos dos alunos (Driver, Guesne, & Tiberghien, 1985), fazendo com que suas ideias prévias (concepções alternativas) surjam como hipóteses a serem investigadas.

Em atividades experimentais, é fundamental que o problema proposto possibilite aos estudantes a transição de ações predominantemente manipulativas para ações de natureza intelectual, como a formulação e o teste de hipóteses, o uso do raciocínio proporcional e a apropriação da linguagem científica. Esse processo

deve culminar na construção de explicações de caráter causal e legal, promovendo, assim, a compreensão de conceitos e leis científicas (Carvalho 2018). A elaboração de um problema instigante constitui um elemento central para suscitar o interesse dos estudantes, ao mesmo tempo em que deve ser compatível com os objetivos conceituais visados (Souza et al., 2013).

Historicamente, as atividades experimentais em sala de aula foram, muitas vezes, empregadas com um caráter predominantemente **demonstrativo** ou de "receita de cozinha". Nesse modelo, o experimento serve para comprovar uma teoria já apresentada pelo professor, com roteiros pré-definidos que os alunos devem seguir à risca, sem espaço para a autonomia ou o questionamento. Essa abordagem limita o desenvolvimento intelectual dos alunos, pois eles tendem a focar na execução mecânica, e não na reflexão sobre o fenômeno em si (Carvalho, 2018).

Todavia, materiais com propostas de atividades investigativas vêm surgido como alternativa a este modelo tradicional de ensino. Na atividade "Ácidos e Bases no Cotidiano", os autores nos convidam a aplicar uma atividade em que os estudantes utilizem indicadores ácido-base naturais, como o extrato de repolho roxo, para testar o pH de substâncias comuns encontradas em casa, como suco de limão, vinagre, bicarbonato de sódio e detergente (Monteiro *et al.*, 2019). Essa experiência prática torna os conceitos teóricos mais concretos e acessíveis, conectando o aprendizado à vida cotidiana dos estudantes, uma vez que eles podem investigar o caráter de substâncias familiares e refletir sobre o seu comportamento químico.

Já na atividade proposta por Cunha, os estudantes são incentivados a utilizar a fotografia como uma ferramenta observacional para documentar e analisar experimentos químicos. Eles aprendem a capturar imagens detalhadas que podem revelar nuances e padrões em reações químicas que muitas vezes são perdidos a olho nu. Essa abordagem visual não apenas fortalece a compreensão dos estudantes sobre os processos químicos, mas também desenvolve habilidades valiosas em documentação científica e análise crítica. As atividades promovem o desenvolvimento de habilidades práticas, como a manipulação de materiais e equipamentos de laboratório, e habilidades cognitivas, como a formulação de hipóteses, a observação cuidadosa, a coleta e análise de dados, e a argumentação baseada em evidências. Ao envolver os estudantes ativamente no processo de investigação, essas práticas educativas incentivam o pensamento crítico e contribuem significativamente para a formação integral dos estudantes (Cunha; Vogt, 2022).

O Grupo de Pesquisa em Educação Química do Instituto de Química da Universidade de São Paulo (GEPEQ-IQ-USP) tem materiais interessantes sobre Ensino de Química por Investigação, como a apostila “Atividades experimentais investigativas no ensino de química” (Souza *et al.*, 2013). Além destes materiais citados, diversos outros artigos, livros e capítulos com propostas de atividade investigativa podem ser mencionados, como os Livros Ensinando Biologia por Investigação: Propostas para Inovar a Ciência na Escola (Franco, 2021), e Ensinando Biologia por Investigação II: Propostas para Inovar a Ciência na Escola (Franco, 2024), que reúnem experiências didáticas elaboradas por professores e pesquisadores e são excelentes fontes de inspiração para o desenvolvimento de sequências investigativas aplicáveis também ao ensino de Química.

No contexto do Ensino por Investigação, o papel do professor passa de uma figura de autoridade para o de um **facilitador**, que incentiva os estudantes a transcenderem seus processos de pensamento atuais, fornecendo perguntas capazes de guiar e instigar os estudantes em seu processo de investigação. Essa mudança de paradigma é fundamental para que os estudantes se tornem protagonistas na construção do conhecimento, e não apenas receptores passivos (Carvalho, 2018; Souza *et al.*, 2013). As capacidades dos professores para orquestrar e facilitar processos de aprendizagem orientados para a investigação são, portanto, cruciais. Essas habilidades abrangem aspectos como a eficácia em fornecer estratégias instrucionais, a gestão de sala de aula e o envolvimento dos estudantes, além da própria motivação e entusiasmo pelo ensino. Para atingir esses objetivos, os professores devem preparar as atividades de modo a fornecer instrumentos cuidadosamente concebidos, como questões, evidências e ideias, para apoiar os estudantes. Isso é particularmente relevante através do emprego de estratégias de questionamento, que são essenciais para guiar e instigar a investigação (Franco; Munford, 2020).

A mediação do professor é essencial em todas as fases da investigação. Além de estimular questionamentos, propor desafios e criar situações de aprendizagem que envolvam os estudantes de forma significativa, o professor facilita discussões apropriadas e ajuda os alunos a concentrarem-se em dados e fatos experimentais. Isso pode ser feito enfatizando o objetivo da experimentação, utilizando métodos de avaliação formativa ou simplesmente colocando questões significativas, que define o ensino por investigação como a criação de condições para que os alunos pensem,

falem evidenciando seus argumentos, leiam criticamente e escrevam com autoria, exigindo do professor uma postura que promova a liberdade intelectual dos estudantes. O professor deve ainda incentivar a participação dos estudantes, fornecer informações necessárias quando pertinente, questionar as abordagens adotadas pelos estudantes na busca de soluções e auxiliá-los na elaboração de procedimentos e na análise dos dados (Sasseron; Duschl, 2016).

Mesmo em abordagens investigativas de caráter aberto, nas quais se valoriza a autonomia discente, os estudantes não conduzem o processo investigativo de forma isolada. A atuação docente é essencial para viabilizar a aprendizagem, por meio da mediação pedagógica que sustenta e orienta o desenvolvimento da investigação. Cabe ao professor mobilizar o conhecimento prévio dos alunos de maneira construtiva, estimular a formulação de hipóteses, criar condições para a coleta e análise de dados, facilitar discussões — em pequenos grupos ou em plenário — e promover a consideração de diferentes perspectivas. Além disso, o docente deve favorecer a articulação entre as concepções dos estudantes e os saberes cientificamente consolidados, bem como orientar práticas reflexivas que levem os alunos a compreender as justificativas de suas ações (Cardoso; Scarpa, 2018; Maaß; Artigue, 2013; Trivelato; Tonidandel, 2015)

3.3 Outras referências utilizadas na sequência didática

3.3.1 O Uso de Analogias no Ensino de Ciências

No ensino de Ciências, a utilização de analogias surge como uma estratégia didática poderosa, capaz de auxiliar na compreensão de conceitos complexos e abstratos, conectando-os a situações mais familiares e concretas para os estudantes. Como destacam Mozzer e Justi (2015), as analogias podem ser definidas como comparações que propiciam o estabelecimento de relações entre um domínio familiar, denominado base, fonte ou análogo, e outro não familiar ou pouco familiar, denominado alvo. Elas podem favorecer um melhor entendimento de conceitos

abstratos, o desenvolvimento de novos conhecimentos e a modificação de concepções alternativas. Além disso, as analogias podem funcionar como ferramentas de investigação, permitindo a proposição de novas questões, relações e hipóteses.

No entanto, apesar de todos esses benefícios, o uso de analogias por professores e autores de materiais instrucionais é, muitas vezes, limitado e inadequado, o que pode levar ao desenvolvimento de concepções alternativas pelos estudantes (Bachelard, Gaston. *A formação do espírito científico*, 2017). Mozzer e Justi (2015) apontam que, frequentemente, professores elaboram analogias sem o devido cuidado, não fornecem esclarecimentos sobre aspectos metafóricos da linguagem, selecionam análogos pouco familiares ou mais complexos que o alvo, e confundem analogias com outros tipos de similaridades ou recursos didáticos. Há, ainda, o risco de os estudantes interpretarem literalmente a analogia ou estabelecerem relações não pertinentes entre os domínios, imaginando um encaixe perfeito entre o análogo e o alvo, ou compreendendo as representações do conhecimento científico como isentas de limitações (Souza; Justi; Ferreira, 2006). Por isso, para que as analogias sejam eficazes e não gerem equívocos, é essencial que o professor esteja atento aos seus limites e saiba mediá-las de forma consciente, não tratando analogias como equivalências exatas.

É fundamental, portanto, distinguir analogias de outras formas de comparação, que se diferenciam pelo tipo de correspondência estabelecida e sua explicitação. Mozzer e Justi (2015) esclarecem que uma analogia não é o mesmo que uma metáfora ou uma simples comparação visual. Enquanto uma metáfora pode ser subjetiva ou estilística, e tipicamente possui uma comparação implícita onde atributos e relações não são coincidentes nos dois domínios (por exemplo, "átomos são sistemas solares" pode ser um absurdo se tomado literalmente), a analogia busca mapear **relações estruturais** entre os elementos do análogo e do alvo, estabelecendo correspondências funcionais e conceituais. Nestas, os atributos de objeto (propriedades descritivas como cor, tamanho, forma) são geralmente ignorados em prol da correspondência de relações (predicados relacionais).

A construção desse mapeamento entre o análogo e o alvo é um processo pedagógico fundamental, e a sistematização dessas relações por meio de quadros de mapeamento é crucial para consolidar os aprendizados, garantindo que os alunos compreendam os limites e as potencialidades da analogia utilizada. Martins et al.

(2019) exemplificam essa estratégia na atividade de "interação fármaco-enzima", utilizando a analogia chave-fechadura, onde elementos do análogo são cuidadosamente correlacionados com o domínio alvo, permitindo a visualização de semelhanças e distinções. O Quadro 2 ilustra o mapeamento de relações de similaridade identificadas nesse contexto:

Quadro 2 Mapeamento da analogia chave-fechadura na interação fármaco-enzima.

Análogo (Chave-fechadura)	Mapeamento	Domínio alvo (Interação fármaco-enzima)
A chave tem dentes que interagem com a fechadura.		Os grupos do fármaco e da enzima interagem quimicamente.
A chave tem uma parte que não 'interage' com a fechadura (o lugar de segurar a chave).		Existem grupos no fármaco que não interagem com a enzima.
Uma chave que entra pela metade, não irá interagir tão bem com a fechadura.		Um fármaco com poucos grupos que interagem com a enzima, não irá interagir tão bem com a mesma.

Fonte: Adaptado de Martins et al. (2019)

Outros exemplos de comparação incluem a **similaridade literal**, que se estabelece quando tanto predicados relacionais quanto atributos de objetos são mapeados, como na comparação entre a dissolução do açúcar e do sal em água. Já as **comparações de mera aparência** ocorrem quando o mapeamento é realizado exclusivamente a partir de correspondências de atributos de objetos, como dizer que "o comprimido parece uma bala" sem explorar relações funcionais. As analogias possuem maior poder inferencial do que as similaridades literais e as comparações

de mera aparência, sendo mais fecundas na elaboração de modelos abrangentes devido ao mapeamento de relações estruturais de ordem elevada. Contudo, o sucesso do raciocínio analógico depende grandemente da negociação de significados entre o professor e os estudantes (Mozzer; Justi, 2015) (Martins; Mozzer; Caetano, 2019).

Mozzer e Justi (2015) também abordam as formas de expressão das analogias (verbal e verbal-visual, que pode incluir figuras, diagramas ou simulações) e as condições essenciais para o seu uso eficaz. Entre essas condições, destacam-se a familiaridade do análogo para o estudante, a novidade ou dificuldade do domínio alvo, a associação com representações visuais exploradas e, primordialmente, a exploração das limitações da analogia. A apresentação ou elaboração de uma analogia deve ser sempre um processo guiado, no qual o professor orienta o estudante na identificação de correspondências e das limitações de suas comparações.

Portanto, o uso consciente de analogias, mediado pelo professor, pode enriquecer significativamente o processo de ensino-aprendizagem, tornando conceitos abstratos mais tangíveis e favorecendo a construção ativa do conhecimento científico pelos estudantes.

3.3.2 Criação de Imagem com IA

A utilização de imagens no ensino de Ciências desempenha papel fundamental na mediação entre conceitos abstratos e a compreensão dos alunos, especialmente em áreas como a Química, que frequentemente envolve estruturas moleculares, processos invisíveis e interações complexas (Junior; Junior; Moraes, 2024). Com os avanços recentes da inteligência artificial (IA), tornou-se possível gerar imagens altamente personalizadas, contextualizadas e visualmente atrativas para ilustrar conteúdos científicos de forma acessível, estética e conceitualmente rigorosa (Junior; Junior; Moraes, 2024).

Modelos de IA generativa podem criar representações visuais a partir de descrições textuais (*text-to-image*), permitindo ao professor ou pesquisador personalizar imagens para representar moléculas, interações fármaco-membrana,

solubilidade em diferentes solventes, entre outros fenômenos relevantes à Química. Isso se mostra especialmente útil quando imagens de domínio público ou em bancos tradicionais são escassas ou genéricas.

Portanto, a aplicação de imagens geradas por IA em materiais didáticos representa não apenas uma inovação tecnológica, mas uma estratégia pedagógica eficaz para apoiar a compreensão de conceitos-chave em Química, potencializando a aprendizagem ativa e o engajamento dos alunos (Junior; Junior; Moraes, 2024).

3.4 Fundamentos Químicos Essenciais

Os conceitos apresentados a seguir constituem fundamentos teóricos essenciais, que devem ser compreendidos pelo professor, referentes à sequência didática. As explicações fornecidas têm o propósito de oferecer subsídios, em articulação com o material do professor, para a condução eficiente das atividades propostas. Para um aprofundamento nos conteúdos abordados, recomenda-se a consulta das referências citadas.

3.4.1 Química Medicinal

A Química Medicinal, uma disciplina na interseção da Química, Biologia e Farmacologia, é fundamental para compreender como os fármacos são desenhados, sintetizados e interagem com o corpo humano em nível molecular (Ditzinger *et al.*, 2019). Abordar temáticas relevantes para os estudantes no Ensino Médio oferece uma oportunidade ímpar para contextualizar conceitos químicos complexos e demonstrar suas aplicações práticas, conectando a ciência à vida cotidiana dos estudantes e promovendo a formação de cidadãos mais informados e conscientes (Santos; Schnetzler, 1996; Ferreira, 2010). Para que os estudantes compreendam o trajeto de um medicamento no organismo, é crucial explorar conceitos fundamentais da

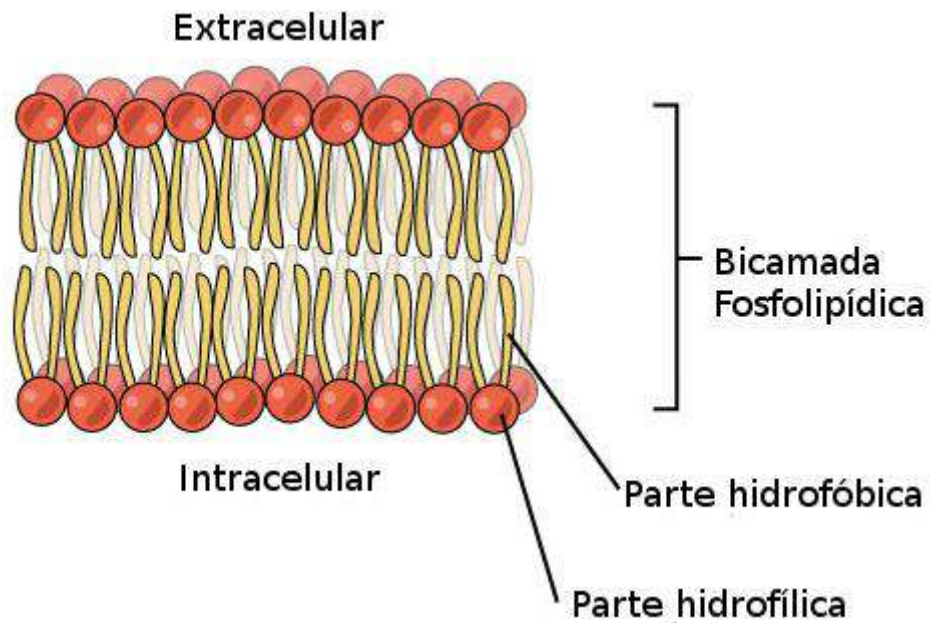
Química, como estrutura molecular, polaridade, solubilidade, pH e equilíbrios químicos, além de conceitos biológicos como o funcionamento das membranas.

3.4.2 Membranas Biológicas Estrutura e Função

As membranas biológicas são estruturas fundamentais para a vida celular, atuando como barreiras seletivas que separam o meio intracelular do ambiente extracelular e delimitam organelas dentro da célula. Do ponto de vista bioquímico, são compostas principalmente por uma bicamada lipídica associada a proteínas, carboidratos e, em alguns casos, colesterol, formando um sistema dinâmico, fluido e altamente especializado (Alberts *et al.*, 2021).

A bicamada lipídica é constituída principalmente por fosfolipídios, moléculas anfipáticas com uma cabeça polar (hidrofílica) e duas caudas apolares (hidrofóbicas). Em meio aquoso, essas moléculas se organizam espontaneamente de modo que as regiões hidrofóbicas fiquem voltadas para o interior da bicamada, enquanto as cabeças hidrofílicas permanecem em contato com o meio aquoso intra e extracelular (Nelson; Cox, 2018). Essa estrutura confere à membrana uma permeabilidade seletiva, sendo naturalmente permeável a pequenas moléculas apolares e gases, mas resistente à passagem de íons e moléculas polares sem o auxílio de proteínas específicas.

Figura 1 - Representação esquemática da bicamada lipídica.

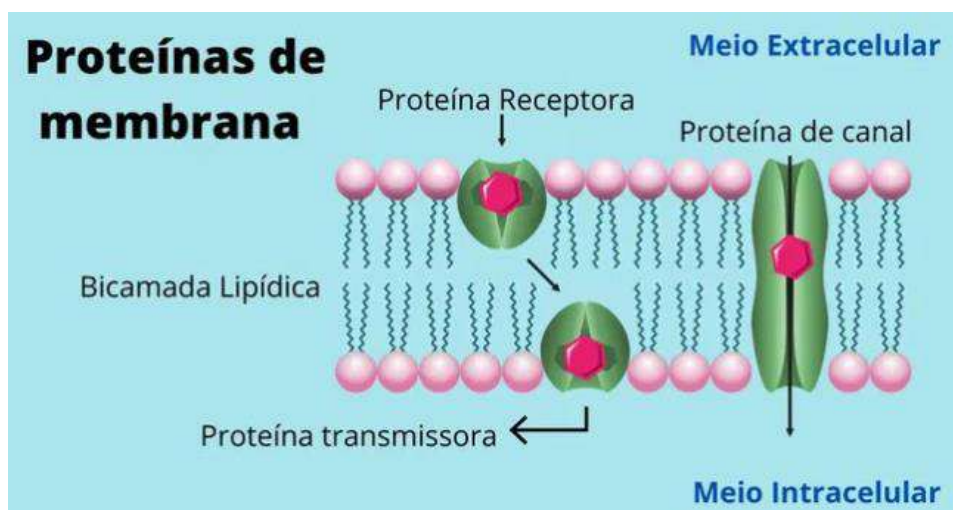


Fonte: InfoEscola (2025).

As proteínas de membrana podem ser classificadas como integrais ou periféricas e exercem múltiplas funções, incluindo transporte de substâncias, reconhecimento celular, transdução de sinais e ancoragem estrutural. Dentre essas funções, destaca-se o papel dos transportadores e canais iônicos, que facilitam ou promovem o transporte seletivo de substâncias que não conseguem atravessar livremente a bicamada lipídica (Guyton; Hall., 2012).

Além da função de barreira, as membranas biológicas são essenciais para a compartimentalização celular, permitindo que reações bioquímicas ocorram de forma controlada em compartimentos distintos. Em organismos multicelulares, as membranas também desempenham papel fundamental no reconhecimento entre células, na sinalização química e na manutenção da homeostase (Karp, 2018).

Figura 2 - Representação esquemática das proteínas de membrana



Fonte: TODA MATÉRIA. *O que é membrana plasmática?*

Compreender a estrutura e o funcionamento das membranas é essencial para diversas áreas, especialmente na Química Medicinal. É através das membranas que moléculas bioativas, como os fármacos, precisam atravessar para alcançar seus alvos intracelulares ou exercer seus efeitos em tecidos específicos (Graham L., 2013). Essa capacidade de atravessar ou interagir com membranas está diretamente relacionada às propriedades físico-químicas das moléculas, como polaridade, solubilidade e tamanho — temas que serão aprofundados nas próximas seções deste trabalho.

3.4.3 Lipofilicidade: Conceito e Importância em Sistemas Biológicos

A lipofilicidade é a tendência que uma substância possui de se dissolver em solventes apolares, como lipídios ou solventes orgânicos, em oposição a solventes polares, como a água. Essa propriedade está diretamente relacionada à afinidade da molécula por ambientes hidrofóbicos, como o interior das membranas celulares, e influencia aspectos fundamentais da farmacocinética, como a absorção, distribuição e penetração tecidual dos fármacos (Lehne, 2020).

Uma forma quantitativa de expressar a lipofilicidade é por meio do **coeficiente de partição octanol/água (P)**, que representa a razão entre a concentração da

substância no solvente orgânico (geralmente octanol) e na água em equilíbrio. Normalmente, costuma-se utilizar o logaritmo de P (log P) no estudo da distribuição de uma substância entre meios apolares e polares. Valores elevados de log P indicam alta afinidade lipídica, enquanto valores baixos sugerem maior afinidade com o meio aquoso (Lemke *et al.*, 2013).

A lipofilicidade de um fármaco pode ser descrita pelo coeficiente de partição *P*, definido como:

$$p = \frac{[Substância]_{octanol}}{[Substância]_{água}}$$

Na Química Medicinal, o log P é utilizado como um dos critérios de avaliação da viabilidade de fármacos para administração oral. Estudos clássicos, como os de Lipinski (1997), estabeleceram que compostos com log P entre 1 e 3 geralmente apresentam maior probabilidade de serem bem absorvidos por via oral, equilibrando a capacidade de atravessar membranas com a de permanecer solúveis no trato gastrointestinal.

Entender a lipofilicidade é essencial para o desenvolvimento de novos fármacos e para a compreensão dos mecanismos moleculares de interação com alvos biológicos, sendo também um conceito altamente relevante para atividades experimentais no ensino de Química, especialmente quando associado a estudos de solubilidade e polaridade.

3.4.4 Hidrossolubilidade: Polaridade e Interação com o Meio Aquoso

A hidrossolubilidade refere-se à capacidade de uma substância de se dissolver em água, um solvente polar, e está intimamente relacionada à presença de grupos funcionais polares e à habilidade de a molécula de formar ligações de hidrogênio com o solvente (Nelson; Cox, 2018). Essa propriedade é crucial para a eficácia de

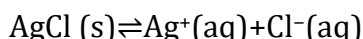
fármacos administrados por via oral ou intravenosa, pois determina sua dissolução no fluido biológico e, portanto, sua disponibilidade para absorção e distribuição.

Moléculas hidrossolúveis apresentam interações favoráveis com o meio aquoso mas, por outro lado, podem ter dificuldade para atravessar as membranas celulares, compostas por lipídios. A solubilidade em água está relacionada a fatores como polaridade molecular, capacidade de ionização, e presença de grupos funcionais como hidroxilas, aminas e carboxilas (Katzung, 2018).

No contexto educacional, explorar a hidrossolubilidade permite discutir, de maneira aplicada, conceitos como forças intermoleculares, ligações de hidrogênio e estrutura molecular. Experimentos simples, como testes de solubilidade de diferentes compostos em água e solventes orgânicos, são eficazes para promover a compreensão ativa desses conteúdos no ensino médio e superior.

3.4.5 Equilíbrio de Solubilidade: Condições, Influências e Aplicações

O equilíbrio de solubilidade ocorre quando a taxa de dissolução de um soluto em um solvente se iguala à taxa de precipitação, resultando em uma solução saturada. Um exemplo clássico de equilíbrio de solubilidade é o do cloreto de prata (AgCl), que se dissocia parcialmente em solução aquosa:



Neste equilíbrio, a constante de produto de solubilidade K_{ps} é dada por:

$$K_{ps} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]$$

Esse tipo de equilíbrio é diretamente influenciado por **íons comuns**, **pH**, **temperatura**, entre outros fatores

No caso de fármacos, compreender esse equilíbrio é fundamental para avaliar a quantidade de substância disponível em solução para ser absorvida pelo organismo (Atkins; Paula, 2018). Diversos fatores influenciam o equilíbrio de solubilidade, como a temperatura, o pH do meio, a presença de íons comuns e a forma química do composto (por exemplo, base livre versus sal). Além disso, o pK_a ($-\log K_a$, em que K_a é a constante de acidez) do fármaco afeta sua forma ionizada em diferentes faixas de

pH, influenciando tanto a solubilidade quanto a permeabilidade através de membranas (Nogrady; Weaver, 2005).

Em Química Medicinal, o equilíbrio de solubilidade é um dos pilares do desenvolvimento de formulações farmacêuticas eficazes. Muitas vezes, a modificação da forma farmacêutica (como conversão em sais ou uso de co-solventes) é empregada para aumentar a solubilidade de compostos pouco solúveis e melhorar sua biodisponibilidade (Lemke *et al.*, 2013).

3.4.6 O Papel do pH e da Ionização de Fármacos

O pH do meio e o grau de ionização de um fármaco são fatores determinantes para sua absorção, distribuição e eficácia terapêutica. Muitos compostos biologicamente ativos são ácidos ou bases fracas, cuja forma predominante (ionizada ou não ionizada) depende diretamente do pH do ambiente e do pK_a da substância. Esses parâmetros influenciam não apenas a solubilidade aquosa do fármaco, mas também sua capacidade de atravessar membranas biológicas (Katzung, 2018).

A ionização de uma substância afeta sua polaridade: em geral, a forma não ionizada de um composto é mais lipofílica e atravessa mais facilmente a bicamada lipídica das membranas celulares por difusão passiva. Já a forma ionizada tende a ser mais solúvel em água, mas com menor permeabilidade (Nelson; Cox, 2018). Esse equilíbrio entre solubilidade e permeabilidade é crucial na determinação da biodisponibilidade de um medicamento.

A relação entre pH, pK_a e a proporção entre as formas ionizada e não ionizada de ácidos e bases fracas pode ser descrita pela equação de Henderson–Hasselbalch. Para ácidos fracos:

$$pH = pK_a + \log \left(\frac{[A^-]}{[HA]} \right)$$

e para bases fracas:

$$pH = pK_a + \log\left(\frac{[B]}{[BH^+]}\right)$$

Essa equação permite prever a fração ionizada de um ácido ou base fraco em um determinado ambiente fisiológico. Por exemplo, no estômago ($pH \approx 1-2$), ácidos fracos tendem a permanecer na forma não ionizada e, portanto, mais lipofílica, favorecendo a absorção. Já no intestino delgado ($pH \approx 6-7,5$), a ionização pode aumentar, afetando a absorção conforme as características químicas do fármaco (Lehne, 2020).

Essa relação também explica por que a absorção de um fármaco pode variar conforme o local do trato gastrointestinal, o que é especialmente relevante em formulações de liberação controlada e no desenvolvimento de pró-fármacos (Lemke *et al.*, 2013). Além disso, variações no pH de fluidos corporais (como sangue, urina e suco gástrico) influenciam não apenas a absorção, mas também a excreção renal e a distribuição tecidual.

Do ponto de vista educacional, o estudo do pH e da ionização permite conectar conteúdos de química ácido-base, equilíbrios químicos e bioquímica, favorecendo a aprendizagem significativa por meio da resolução de problemas e investigações experimentais. Um exemplo clássico é a comparação da solubilidade de fármacos ácidos e básicos em soluções de diferentes pHs, atividade facilmente adaptável para o ensino médio ou superior (Atkins; Paula, 2018; Gonsalves *et al.*, 2013; Nelson; Cox, 2018).

3.4.7 Fluorescência

A fluorescência é um tipo de luminescência, fenômeno físico-químico no qual ocorre a emissão de luz visível (geralmente entre 400 e 700 nm) por uma substância previamente excitada por radiação eletromagnética, como a luz ultravioleta (UV). O processo ocorre em etapas: a molécula absorve um fóton e é promovida a um estado eletrônico excitado; ao retornar ao estado fundamental, emite um fóton de menor energia, perceptível como luz fluorescente (Nery; Fernandez, 2004).

A estrutura da molécula exerce um papel fundamental na ocorrência e intensidade da fluorescência. Compostos que apresentam sistemas conjugados de elétrons π , como os anéis aromáticos, tendem a ser bons emissores fluorescentes, pois essa conjugação favorece a estabilização do estado excitado. Além disso, moléculas com estrutura rígida e plana apresentam menores perdas de energia por movimentos internos (como torções), o que também favorece a emissão de luz. Grupos funcionais doadores de elétrons, como **hidroxilas (-OH)**, **aminas (-NH₂)** e **éteres (-OR)**, geralmente aumentam a intensidade da fluorescência, pois contribuem com densidade eletrônica para o sistema conjugado. Por outro lado, grupos **retiradores de elétrons**, como **nitro (-NO₂)**, **ácido carboxílico (-COOH)** e **halogênios (F, Cl, Br, I)**, tendem a reduzir a emissão fluorescente, ao favorecerem mecanismos de desativação não radiativa (Espectrometria de fluorescência molecular, 2004)

O pH do meio afeta diretamente a fluorescência de substâncias que possuem grupos ionizáveis. Isso ocorre porque a protonação ou desprotonação desses grupos pode alterar a distribuição eletrônica da molécula, modificando tanto sua capacidade de absorver luz quanto de emitir via fluorescência. Por exemplo, a riboflavina (vitamina B₂) apresenta variações na intensidade e na coloração da fluorescência em diferentes meios, em função das mudanças no seu estado de ionização (Nery; Fernandez, 2004). Portanto, o pH é um fator importante no controle e na aplicação analítica da fluorescência.

O solvente em que a substância está dissolvida também influencia significativamente seu comportamento. Solventes com diferentes polaridades podem alterar a distribuição eletrônica da molécula, modificando a energia do estado excitado e, conseqüentemente, o comprimento de onda da emissão. Solventes apolares tendem a preservar a fluorescência de compostos aromáticos, enquanto solventes polares e próticos (como a água) podem suprimir a emissão por meio de interações do tipo ligação de hidrogênio ou solubilização excessiva. Por exemplo, a clorofila, extraída de folhas verdes, apresenta fluorescência mais intensa quando dissolvida em acetato de etila do que em água, pois esse solvente mantém melhor a estabilidade do pigmento fluorescente (Coelho, 2004; Nery; Fernandez, 2004).

3.4.8 Concepções Alternativas sobre Solubilidade e Equilíbrio Químico

O ensino de conceitos como **solubilidade** e **equilíbrio químico** frequentemente esbarra em **concepções alternativas** profundamente enraizadas nos estudantes. Essas concepções têm origens diversas, como interpretações cotidianas, experiências escolares fragmentadas, uso inadequado de analogias e a dificuldade de articular os diferentes níveis de representação da química — macroscópico, microscópico e simbólico (Carobin; Serrano, 2007) (Martins; Rodrigues, 2016)

No caso do equilíbrio químico, pesquisas mostram que muitos estudantes compreendem o equilíbrio como um estado em que as reações “**param de ocorrer**”, ou acreditam que as **quantidades de reagentes e produtos se tornam iguais**, o que revela a ausência da ideia de **dinamismo** — ou seja, de que as reações direta e inversa continuam ocorrendo com **velocidades iguais**, mantendo as concentrações constantes, mas não necessariamente idênticas (Carobin; Serrano, 2007) (Machado, 1996). Tais concepções também se manifestam na dificuldade em entender o símbolo $\rightleftharpoons$ como representação de processos simultâneos e reversíveis (Martins; Rodrigues, 2016).

Outro equívoco comum é a ideia de que a **reação direta ocorre completamente antes que a reversa se inicie**, ignorando o caráter simultâneo das reações em um sistema em equilíbrio (Carobin; Serrano, 2007). Além disso, alunos frequentemente representam reagentes e produtos como se estivessem em **compartimentos separados**, e não interagindo em uma mesma mistura — o que indica dificuldades no entendimento do nível **microscópico** dos sistemas químicos (Carobin; Serrano, 2007; Martins; Rodrigues, 2016).

A sequência didática que elaboramos vai trabalhar o conceito de equilíbrio de partição, em um sistema composto por dois solventes. Assim, é preciso que o professor se atente para evitar concepções alternativas, como os alunos imaginarem que ora o composto estará em uma fase, ora em outra fase, sem compreender corretamente a ideia de partição. Além disso, o professor deve destacar o dinamismo do sistema, explicando que, no equilíbrio, a velocidade de migração do composto para uma fase é igual à velocidade de migração do composto para outra fase. Todavia,

deve destacar que a concentração em cada fase dependerá das características da substância.

Com relação à **solubilidade**, embora esse conceito seja aparentemente mais próximo do cotidiano, os alunos tendem a associá-lo apenas à **dissolução visível de sólidos em líquidos**, negligenciando os aspectos moleculares, como a **interação entre soluto e solvente**, a **ionização** de compostos iônicos ou moleculares, e o papel do **equilíbrio de solubilidade**. Há também confusões entre solubilidade e velocidade de dissolução, o que reforça a importância de intervenções pedagógicas que favoreçam a explicitação e superação dessas concepções alternativas (Echeverría, 1996).

Outro ponto que precisa ficar claro nas discussões entre o professor e a turma é o papel de cada órgão do sistema digestório na absorção de fármacos. Isso porque o intestino é o principal responsável pela absorção desses compostos, ainda que eles possam ser absorvidos em parte no estômago. À medida em que as discussões forem sendo aprofundadas, deve ser ressaltado que a absorção desses compostos depende de fatores que vão além de estrutura química e sua capacidade de atravessar membranas. Isso porque o intestino possui uma organização especializada na realização dessa função.

4 METODOLOGIA

As atividades experimentais foram idealizadas e testadas em parceria com o coorientador deste trabalho. Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Química de Macromoléculas (MacroMol) do Departamento de Química da UFMG, com o objetivo de verificar a aplicabilidade e a pertinência pedagógica das atividades práticas relacionadas aos conceitos de Química Medicinal. Após a definição do conjunto de experimentos mais adequado para compor a sequência didática, estes foram repetidos, aperfeiçoados e devidamente registrados por meio de fotografias.

Inicialmente, buscou-se desenvolver um experimento que permitisse aos estudantes observar, de forma clara, como o pH influencia a solubilidade de um fármaco em diferentes meios, destacando os conceitos de polaridade, lipofilicidade e hidrossolubilidade. Para isso, estabeleceu-se que o composto selecionado deveria

atender a dois critérios fundamentais: (i) apresentar fluorescência sob luz UV, facilitando a visualização das mudanças experimentais; e (ii) exibir comportamento distinto em fases aquosas e orgânicas, permitindo explorar a partição entre solventes como modelo simplificado do processo de absorção de fármacos em membranas biológicas.

O primeiro fármaco testado foi a aspirina (ácido acetilsalicílico), escolhida por ser amplamente conhecida pelos estudantes. Contudo, observou-se que a aspirina não apresenta fluorescência sob luz UV, independentemente do solvente utilizado. Esse resultado reforçou a necessidade de buscar compostos com sistemas aromáticos conjugados mais extensos característica molecular frequentemente associada à fluorescência. Outros fármacos que atendiam a esse critério estrutural foram avaliados, mas nenhum deles exibiu fluorescência adequada para fins didáticos.

Diante disso, passou-se a considerar a utilização da quinina, substância reconhecida por sua fluorescência intensa na região azul sob luz UV. O primeiro teste foi realizado com água tônica, bebida que contém quinina em baixas concentrações. Embora a fluorescência estivesse presente, a água tônica mostrou-se inadequada para o propósito do experimento, a presença de aditivos dificultou a formação de uma interface nítida entre as fases aquosa e orgânica durante a variação do pH, prejudicando a observação da partição e comprometendo a clareza visual necessária ao experimento.

Em seguida, buscou-se obter quinina a partir de fontes naturais, utilizando cascas da quina-quina adquiridas em lojas de produtos naturais no Mercado Central de Belo Horizonte. Foram testados diferentes métodos de extração, variando solventes e tempos de extração. Contudo, nenhuma das soluções obtidas apresentou fluorescência detectável. A hipótese mais plausível é que as cascas comercializadas contenham teor muito reduzido de quinina, inviabilizando sua utilização nos experimentos propostos.

Diante desses resultados, a quinina pura foi selecionada como a melhor opção para o experimento, por apresentar fluorescência intensa e estável, responder de forma clara às variações de pH e permitir a observação da diferença de solubilidade entre os meios aquoso e orgânico. Embora seu custo seja relativamente elevado, sua performance experimental mostrou-se a mais adequada para os objetivos didáticos da sequência proposta.

Desenvolveu-se então o material do aluno. Que consiste em uma **sequência didática investigativa** composta, basicamente, das seguintes etapas: (i) apresentação de uma questão problema sobre a importância das cápsulas dos medicamentos. (ii) discussão das concepções prévias dos estudantes sobre temas abordados. (iii) atividades experimentais investigativas. (iv) avaliação da aprendizagem, mediante a aplicação dos conhecimentos a outro contexto e (v) fechamento das atividades. Os principais conceitos abordados na sequência incluem **como a polaridade e pH influenciam na solubilidade e absorção de fármacos**. As atividades desenvolvidas propõem experimentos práticos com a **quinina**. Finalmente, a partir dos experimentos feitos com a quinina, os estudantes devem prever o comportamento da aspirina.

Após a elaboração do **Material do Aluno**, foi construído o **Material do Professor**, para apoiar a prática docente durante a aplicação da sequência. Esse material apresenta a fundamentação das atividades, sugestões de condução das discussões em sala de aula e orientações de como promover o raciocínio investigativo e a contextualização dos conteúdos. O material do professor aborda o que é fundamental discutir em cada atividade e quais habilidades investigativas se deve explorar em cada questão.

No que se refere aos aspectos metodológicos, a proposição das atividades destinadas ao material do aluno, bem como a elaboração do material do professor, foram acompanhadas por discussões frequentes com os orientadores, visando a assegurar a adequação das atividades aos referenciais teóricos e às habilidades investigativas que se pretende explorar.

Este trabalho, portanto, configura-se como uma proposta de sequência didática, que busca contribuir com uma proposta contextualizada, investigativa e experimental para o ensino de Química no Ensino Médio, tendo como eixo integrador a Química Medicinal. Na sequência didática proposta neste trabalho, as questões e os fenômenos a serem investigados são apresentados aos estudantes, mas há momentos específicos em que eles devem levantar hipóteses para solucionar as questões e prever o que irá ocorrer nos sistemas analisados. O plano de trabalho e os materiais necessários são discutidos com os estudantes, sendo organizados de modo a seguir uma lógica experimental pré-estabelecida pelo professor. Os dados são obtidos pelos próprios estudantes, e as conclusões são construídas por meio da discussão entre a turma e o docente, com base nas evidências coletadas.

Nesse sentido, o grau de liberdade investigativa da proposta situa-se entre 2 e 3, conforme os critérios estabelecidos por Carvalho (2018). A decisão sobre tornar as aulas mais fechadas ou mais abertas é deixada ao professor que aplicar a sequência, o qual deve considerar o nível de maturidade de seus estudantes e sua familiaridade com atividades investigativas. Assim, a sequência pode ser desenvolvida em uma abordagem mais diretivo-participativa (não caracterizada plenamente como investigação, mas rompendo em parte com o ensino tradicional), aproximar-se de um ensino investigativo (Grau 3) ou, ainda, ser adaptada para um formato investigativo-avançado (Grau 4), no caso de turmas mais experientes em práticas de investigação.

Visando ilustrar o material dos estudantes e torná-lo mais lúdico e interessante, foram geradas imagens por meio de uma ferramenta de inteligência artificial (ChatGPT), utilizadas na composição da narrativa e na representação de conceitos discutidos nas aulas. Acredita-se que esses recursos visuais possam contribuir para a compreensão de conceitos científicos, ao tornar mais visíveis fenômenos abstratos e promover o engajamento dos alunos por meio de representações contextualizadas e atrativas.

Este trabalho, portanto, configura-se como uma proposta de sequência didática, que busca contribuir com uma proposta contextualizada, investigativa e experimental para o ensino de Química no Ensino Médio, tendo como eixo integrador a Química Medicinal.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O principal resultado deste trabalho é a elaboração de uma sequência didática voltada ao ensino de Química no Ensino Médio, estruturada a partir de uma abordagem investigativa centrada no tema “Química Medicinal e Absorção de Fármacos”. Para isso, foi elaborada uma sequência que contempla momentos de problematização, experimentação e discussão conceitual, com foco na articulação entre o conhecimento científico e situações reais do cotidiano dos estudantes. Os

principais conteúdos abordados são: (i) solubilidade e polaridade de substâncias; (ii) influência do pH na absorção de fármacos; (iii) fluorescência e estrutura molecular; (iv) membrana plasmática e seletividade; e (v) contextualização da Química Medicinal no cotidiano. Paralelamente aos conteúdos específicos, busca-se promover o desenvolvimento de habilidades como propor hipóteses, justificar respostas, analisar evidências, formular explicações com base em dados experimentais, avaliar diferentes interpretações e articular conclusões com os modelos científicos aprendidos. A proposta didática visa, portanto, não apenas à apropriação de conceitos de Química, mas também ao desenvolvimento de habilidades científicas, como observar, questionar, interpretar dados, justificar raciocínios e argumentar com base em evidências, o que é essencial tanto para a compreensão da ciência como prática social quanto para o exercício da cidadania crítica.

A sequência foi organizada em dois documentos complementares: o Material do Professor, com orientações para apoiar o docente na condução da sequência, e o Material do Aluno, que reúne as atividades propostas aos estudantes.

A sequência didática foi planejada para o ensino de Química em turmas do 3º ano do Ensino Médio, em contexto escolar que disponha de laboratório de Ciências ou de espaço adaptado para a realização de experimentos. A proposta também pode ser adaptada para outras turmas do Ensino Médio, desde que sejam considerados os conhecimentos prévios dos estudantes sobre os conteúdos envolvidos.

No planejamento original, a sequência foi organizada para ser desenvolvida em 5 aulas de aproximadamente 50 minutos cada, distribuídas em momentos que envolvem a leitura e discussão da história em quadrinhos dos personagens Clara e Pedro, o trabalho com analogias sobre proteção e transporte de substâncias e a realização de experimentos relacionados à Química Medicinal. Essas atividades buscam criar oportunidades para que os estudantes discutam e investiguem conceitos ligados às formas farmacêuticas, ao comportamento de fármacos no organismo e à relação entre estrutura, solubilidade e absorção.

A organização geral da sequência didática, com a descrição das atividades, os objetivos de ensino de cada uma e a quantidade de aulas necessária para seu desenvolvimento, é apresentada no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2 – Estrutura das aulas da sequência didática proposta

Aula	Descrição da aula	Objetivo de ensino	Duração prevista
Aula 1 – Situação-problema: “O mistério da cápsula”	Leitura e discussão da história em que Clara e Pedro conversam sobre o hábito de abrir cápsulas de medicamentos.	Problematizar o uso de cápsulas e levantar questões iniciais sobre formas farmacêuticas e absorção de fármacos.	1 aula (50 min)
Aula 2 – Analogias sobre proteção e transporte	Trabalho com analogias entre cápsulas/embalagens protetoras e situações de controle de entrada e saída (portarias, filtros etc.).	Relacionar proteção e seletividade no transporte de substâncias, articulando conceitos de Química e Biologia.	1 aula (50 min)
Aula 3 – Experimentos com fármacos e quinina I	Realização de experimentos simples com quinina, explorando polaridade, pH e fluorescência, com registro das observações.	Observar e registrar como estrutura, polaridade e pH influenciam a solubilidade de substâncias.	1 aula (50 min)
Aula 4 – Experimentos com fármacos e quinina II	Continuidade dos experimentos e discussão coletiva dos resultados obtidos em diferentes condições.	Analisar dados experimentais e explicar, com base em evidências, a relação entre solubilidade, pH e absorção de fármacos.	1 aula (50 min)
Aula 5 – Integração e sistematização	Estudo de caso com medicamento e retomada da questão sobre abrir cápsulas, integrando os conceitos trabalhados.	Integrar conceitos de formas farmacêuticas, pH, ionização e absorção, elaborando argumentos sobre o papel das cápsulas.	1 aula (50 min)

Fonte: próprio autor (2025).

Como se observa no Quadro 2, a sequência foi estruturada em cinco aulas com funções complementares, articulando momentos de problematização, exploração de analogias, realização de experimentos e sistematização conceitual. As aulas 1 e 2 cumprem um papel introdutório e de problematização, ao apresentar a situação sobre o hábito de abrir cápsulas de medicamentos e trabalhar analogias relacionadas à proteção e ao transporte de substâncias, ativando conhecimentos prévios e aproximando o tema da realidade dos estudantes.

As aulas 3 e 4 concentram-se na investigação experimental com fármacos e quinina, favorecendo a observação, o registro e a análise de dados para discutir relações entre estrutura, polaridade, pH, solubilidade e absorção de substâncias. Por fim, a aula 5 tem caráter integrador, ao retomar a questão inicial e articular os conceitos trabalhados ao longo da sequência em um estudo de caso, convidando os

estudantes a elaborar explicações e argumentos sobre o papel das cápsulas na eficácia e segurança dos medicamentos.

Desse modo, os resultados deste trabalho se materializam na elaboração de uma sequência didática investigativa sobre “Química Medicinal e Absorção de Fármacos”, organizada em cinco aulas articuladas e acompanhada por materiais específicos para professor e estudantes. A proposta foi pensada para favorecer a problematização de situações do cotidiano, o uso de experimentação e de recursos visuais e o desenvolvimento de habilidades científicas, como a formulação de hipóteses, a análise de dados e a construção de argumentos com base em evidências. Embora a sequência ainda não tenha sido aplicada em sala de aula, sua estrutura e seus objetivos indicam um potencial significativo para contribuir com o ensino de Química no Ensino Médio e servem de base para futuras investigações sobre sua implementação e impacto na aprendizagem dos estudantes

5.1 Material do professor

O Material do Professor foi elaborado com o objetivo de auxiliar o docente no desenvolvimento da sequência didática investigativa proposta no Material do Aluno. Essa sequência visa promover o ensino de Química a partir de um contexto real relacionado à Química Medicinal, abordando propriedades de fármacos, como solubilidade, polaridade, pH e sua relação com a absorção no organismo humano.

Este material oferece uma visão geral da proposta didática, sugerindo estratégias de abordagem para cada etapa das atividades, antecipando possíveis respostas dos estudantes e destacando as habilidades científicas e argumentativas que podem ser mobilizadas ao longo da sequência.

Com o intuito de facilitar a aplicação da proposta, as atividades foram organizadas em uma sequência lógica que articula uma situação-problema com experimentação e sistematização conceitual. Cada questão do Material do Aluno é acompanhada no Material do Professor por orientações didáticas específicas, que incluem: Objetivo da atividade, Estratégias para condução da discussão, Respostas

esperadas ou possíveis caminhos argumentativos dos estudantes, Indicações para retomada conceitual e aprofundamento.

Para favorecer o engajamento da turma e a participação ativa dos estudantes, recomenda-se a organização em grupos de discussão. Essa disposição contribui para a troca de ideias, a escuta ativa e o desenvolvimento de competências socioemocionais, além de favorecer o trabalho em sala de aula.

Durante a elaboração do material, considerou-se também o desafio que muitos estudantes enfrentam ao lidar com conteúdos abstratos da Química, como a polaridade e o comportamento das substâncias em diferentes meios. A inserção de uma narrativa contextualizada e de experimentos visa justamente tornar esses conceitos mais palpáveis, promovendo uma aprendizagem significativa.

Além disso, fundamenta-se na ideia de que a contextualização no ensino de Química deve ir além de exemplos ilustrativos. Segundo Almeida et al. (2008), contextualizar significa criar situações que desafiem os estudantes a mobilizar conhecimentos científicos para compreender e resolver problemas do cotidiano. A proposta deste trabalho está alinhada a esse princípio, ao propor uma sequência de atividades que estimula o estudante a investigar, refletir e aplicar os conhecimentos químicos em contextos reais (Almeida et al., 2008).

Por fim, ao utilizar estratégias de ensino por investigação, o material busca contribuir com a superação de barreiras conceituais recorrentes no ensino de Química, tais como a compreensão limitada sobre as interações entre substâncias, os processos de absorção e os critérios de solubilidade. Cabe ao professor, portanto, assumir o papel de mediador crítico desse processo, estimulando a curiosidade, a reflexão e a construção coletiva do conhecimento.

5.2 Material do Aluno

O Material do Aluno constitui uma das principais produções deste trabalho, sendo parte fundamental da sequência didática investigativa proposta. Seu principal objetivo é promover o desenvolvimento da aprendizagem em Química a partir da vivência de situações contextualizadas que levem os estudantes a investigar, levantar

hipóteses, testar ideias, interpretar resultados e construir explicações com base em evidências.

A estrutura do material está organizada em quatro atividades principais, que se articulam por meio de uma narrativa central envolvendo dois personagens fictícios — Clara e Pedro — que se deparam com situações do cotidiano relacionadas à administração de medicamentos. Essa narrativa tem a função de contextualizar os conteúdos de Química a serem explorados e serve como ponto de partida para a problematização das questões científicas.

As atividades são compostas por enunciados acessíveis, imagens ilustrativas, espaços para registro de hipóteses, observações e conclusões, além de perguntas orientadoras que favorecem a análise crítica. A proposta didática visa não apenas a apropriação de conceitos de Química, mas também o desenvolvimento de habilidades científicas, como observar, questionar, interpretar dados, justificar raciocínios e argumentar com base em evidências.

Além disso, as atividades foram pensadas para ser utilizadas de forma colaborativa, incentivando a discussão em grupo e a socialização das ideias em sala de aula, sendo desenhadas para favorecer a autonomia dos estudantes, ao mesmo tempo em que requerem o papel ativo do professor como mediador do processo investigativo.

Por fim, o conteúdo e a estrutura do material dialogam diretamente com as competências e habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), contribuindo para uma formação científica crítica, contextualizada e socialmente significativa.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da produção desta sequência de ensino, foi possível perceber como interligar conhecimentos científicos de forma contextualizada pode contribuir para tornar o ensino de Química mais significativo para os estudantes. A abordagem adotada, fundamentada no ensino por investigação, buscou explorar conceitos complexos como lipofilicidade, hidrossolubilidade e pH a partir de situações do

cotidiano, favorecendo o desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo dos alunos.

O uso da investigação científica orientou a forma como as atividades foram articuladas, de modo que a sequência foi pensada para favorecer uma aprendizagem mais atrativa e engajadora. A organização das atividades em torno de um problema real, aliada ao uso de analogias, experimentos e recursos visuais, confere à proposta o potencial de estimular a participação ativa dos estudantes e de apoiar uma compreensão mais aprofundada dos conteúdos trabalhados.

Espera-se que a proposta apresentada neste trabalho possa contribuir com o ensino da Química no Ensino Médio ao incentivar práticas pedagógicas mais significativas, em que os estudantes assumam um papel protagonista na construção do conhecimento. Além disso, o trabalho reafirma a importância da mediação docente na promoção de ambientes investigativos, onde se valorize a autonomia intelectual e a curiosidade científica.

É importante destacar que disciplinas como **Instrumentação para o ensino de química** e **estágio de ensino de química** foram fundamentais para a elaboração desta sequência didática. Foi por meio das discussões realizadas nesses espaços formativos que se ampliou a compreensão sobre outras possibilidades de ensinar Química, especialmente aquelas que rompem com a lógica tradicional de transmissão de conteúdos e promovem uma aprendizagem mais ativa e contextualizada.

Por fim, a realização deste trabalho teve um papel essencial na minha formação enquanto futuro professor de Química. A experiência de elaborar materiais didáticos investigativos possibilitou uma reflexão aprofundada sobre os caminhos possíveis para tornar o ensino mais relevante, acessível e conectado à realidade dos estudantes, evidenciando que é possível transformar a prática pedagógica por meio do comprometimento com uma educação científica crítica e significativa.

7 REFERÊNCIAS

ALBERTS, B. *et al.* **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2021.

ALMEIDA, E. C. S. de *et al.* **Contextualização do ensino de Química: motivando alunos de ensino**. 2008. Acesso em: 7 jun. 2025.

AN INTRODUCTION TO MEDICINAL CHEMISTRY 5TH ED - GRAHAM L. PATRICK (OUP, 2013).PDF. [S. l.: s. n.], [s. d.]. Acesso em: 6 jun. 2025.

ATKINS, P.; PAULA, J. de. **Físico-química: Fundamentos**. Porto Alegre: Bookman, 2018. (9ª edição). : Acesso em: 6 jun. 2025.

AUSUBEL, D. P. **The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View**. Dordrecht: Springer Science & Business Media, 2012.

BACHELARD, GASTON. A FORMAÇÃO DO ESPÍRITO CIENTÍFICO: CONTRIBUIÇÃO PARA UMA PSICANÁLISE DO CONHECIMENTO / GASTON BACHELARD; TRADUÇÃO ESTEIA DOS SANTOS ABREU – RIO DE JANEIRO: CONTRAPONTO, 1996. 316 P. In: 30 out. 2017. Disponível em: <http://grupoddmат.pro.br/index.php/download/bachelard-gaston-a-formacao-do-espirito-cientifico-contribuicao-para-uma-psicanalise-do-conhecimento-gaston-bachelard-traducao-esteia-dos-santos-abreu-rio-de-janeiro-contraponto-1996-316-p/>. Acesso em: 5 jun. 2025.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular - Educação é a Base**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/>. Acesso em: 4 jun. 2025.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB)**. 1996. Disponível em: https://www.geledes.org.br/wp-content/uploads/2009/04/lei_diretrizes.pdf. Acesso em: 30 maio 2024.

BRITO, A. K. O. de; MAMEDE, R. V. S.; ROQUE, A. K. L. **PLANTAS MEDICINAIS NO ENSINO DE FUNÇÕES ORGÂNICAS: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS**. [S. l.], 2019. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID655/v14_n3_a2019.pdf. Acesso em: 2 jun. 2025.

CARDOSO, M. J. C.; SCARPA, D. L. Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI): Uma Ferramenta de Análise de Propostas de Ensino Investigativas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [s. l.], p. 1025–1059, 2018.

CAROBIN, C.; SERRANO, A. Uma revisão das concepções alternativas em Equilíbrio Químico dentro do enfoque dos diferentes níveis de representação / A

revision of the alternative conceptions in Chemical Equilibrium within the different level of representation of a chemical phenomena. **Acta Scientiae**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 131–143, 2007.

CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [s. l.], p. 765–794, 2018.

CARVALHO, A. M. P. de. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**, [s. l.], 2022. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/003157269>. Acesso em: 4 jun. 2025.

CHEUNG, D. Facilitating Chemistry Teachers to Implement Inquiry-based Laboratory Work. **International Journal of Science and Mathematics Education**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 107–130, 2007.

CUNHA, M. B.; VOGT, C. G. A Fotografia em Atividade Experimental Investigativa de Química. **Química Nova na Escola**, [s. l.], v. 44, n. 1, 2022. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc44_1/10-AF-99-20.pdf. Acesso em: 25 maio 2024.

DITZINGER, F. *et al.* Lipophilicity and hydrophobicity considerations in bio-enabling oral formulations approaches – a PEARRL review. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, [s. l.], v. 71, n. 4, p. 464–482, 2019.

ECHEVERRÍA, A. R. **Como os estudantes concebem a formação de solução.pdf**. [S. l.: s. n.], 1996.

ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA MOLECULAR. . Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2004. material institucional. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/6260/6260_3.PDF. Acesso em: 7 jun. 2025.

FERREIRA - 2010 - ENSINO EXPERIMENTAL DE QUÍMICA UMA ABORDAGEM INVE.PDF. [S. l.: s. n.], [s. d.]. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/2011/quimica/artigos/ens_exp_quim_art.pdf. Acesso em: 1 jun. 2025.

FRANCO, L. G. **Ensinando Biologia por investigação II: propostas para inovar a Ciência na escola – Editora Na Raiz**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://editoranaraiz.wordpress.com/2024/08/06/ensinando-biologia-por-investigacao-ii/>. Acesso em: 5 jun. 2025.

FRANCO, L. G. **Ensinando Biologia por investigação: propostas para inovar a ciência na escola**. [S. l.]: Zenodo, 2021. Disponível em: <https://zenodo.org/record/4635440>. Acesso em: 5 jun. 2025.

FRANCO, L. G.; MUNFORD, D. O Ensino de Ciências por Investigação em Construção: Possibilidades de Articulações entre os Domínios Conceitual, Epistêmico e Social do Conhecimento Científico em Sala de Aula. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [s. l.], p. 687–719, 2020.

FREIRE, P. *Pedagogia do Oprimido*. [s. l.],

GONSALVES, A. de A. *et al.* Contextualizando reações ácido-base de acordo com a teoria protônica de Brönsted-Lowry usando comprimidos de propranolol e nimesulida. **Química Nova**, [s. l.], v. 36, p. 1236–1241, 2013.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado De Fisiologia Médica Guyton 13^a Ed.** [S. l.: s. n.], 2012. Disponível em: <http://archive.org/details/TratadoDeFisiologiaMdicaGuyton13Ed>. Acesso em: 6 jun. 2025.

HOLLINGSWORTH, H. L.; AND VANDERMAAS-PEELER, M. ‘Almost everything we do includes inquiry’: fostering inquiry-based teaching and learning with preschool teachers. **Early Child Development and Care**, [s. l.], v. 187, n. 1, p. 152–167, 2017.

JUNIOR, G. G.; JUNIOR, W. J. D. N.; MORAIS, C. **AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA NA PRODUÇÃO DE ELEMENTOS TEXTUAIS E IMAGÉTICOS SOBRE CONCEITOS DE QUÍMICA**. [S. l.], 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/381111282_AVALIACAO_DE_TECNOLOGIAS_DE_INTELIGENCIA_ARTIFICIAL_GENERATIVA_NA_PRODUCAO_DE_ELEMENTOS_TEXTUAIS_E_IMAGETICOS SOBRE_CONCEITOS_DE_QUIMICA. Acesso em: 6 jun. 2025.

KARP, G. **Cell and Molecular Biology: Concepts and Experiments**. [S. l.]: Wiley, 2018. Disponível em: <https://chemistry.com.pk/books/karps-cell-and-molecular-biology-8e/>. Acesso em: 6 jun. 2025.

KATZUNG, B. G. **Basic and Clinical Pharmacology**. [S. l.: s. n.], 2018. Disponível em: [https://dl.mehrsys.ir/pdf-books/Basic%20and%20Clinical%20Pharmacology%2014th%20Edition%20\(www.muyuptodate.com\).pdf](https://dl.mehrsys.ir/pdf-books/Basic%20and%20Clinical%20Pharmacology%2014th%20Edition%20(www.muyuptodate.com).pdf). Acesso em: 6 jun. 2025.

LEHNE, R. A. **Pharmacology for Nursing Care Elsevier**. [S. l.: s. n.], 2020. (10). Disponível em: <https://evolve.elsevier.com/cs/product/9780323550079?role=student>. Acesso em: 6 jun. 2025.

LEMKE, T. L. *et al.* Foye's Principles of Medicinal Chemistry, SEVENTH EDITION. [s. l.], 2013.

LIMA, J. O. G. de. Perspectivas de novas metodologias no Ensino de Química. **Revista Espaço Acadêmico**, [s. l.], v. 12, n. 136, p. 95–101, 2012.

MAASS, K.; ARTIGUE, M. Implementation of inquiry-based learning in day-to-day teaching: a synthesis. **ZDM**, [s. l.], v. 45, n. 6, p. 779–795, 2013.

MACHADO, A. H. Como os estudantes concebem o estado de equilíbrio químico. [s. l.], 1996.

MARTINS, D. M.; MOZZER, N. B.; CAETANO, M. S. A Compreensão do

Processo de Interação Fármaco-enzima na Crítica e Elaboração de Analogias Durante uma Sequência de Ensino Fundamentada na Modelagem. [s. l.], 2019.

MARTINS, D. M.; RODRIGUES, C. Colóides: rompimento da Barragem de Fundão e atividade de modelagem. [s. l.], 2016.

MONTEIRO, P. C. *et al.* ÁCIDOS E BASES NO COTIDIANO: UMA PROPOSTA DE EXPERIMENTO INVESTIGATIVO PARA O ENSINO MÉDIO. **Revista Prática Docente**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 227–241, 2019.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. “Nem tudo que reluz é ouro”: Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências. [s. l.], v. 15, 2015.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger: Princípios Bioquímica | PDF | Bem-estar | Tecnologia e Engenharia**. Princípios de Bioquímica de Lehninger fornece uma introdução abrangente aos princípios básicos da bioquímica para estudantes de bioquímica, biologia molecular e ciências médicas. A 7a edição deste livro-texto popular foi escrita por David L. Nelson e Michael M. Cox e cobre tópicos como estrutura e função de proteínas e enzimas, metabolismo energético, síntese e degradação de compostos importantes. 2018. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/699894670/bq>. Acesso em: 6 jun. 2025.

NERY, A. L. P.; FERNANDEZ, C. (PDF) Fluorescência e estrutura atômica: experimentos simples para abordar o tema. **ResearchGate**, [s. l.], 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282947682_Fluorescencia_e_strutura_atmica_experimentos_simples_para_abordar_o_tema. Acesso em: 7 jun. 2025.

SANTANA PENAFORTE, G.; SOUZA DOS SANTOS, V. O ensino de química por meio de atividades experimentais: aplicação de um novo indicador natural de pH como alternativa no processo de construção do conhecimento no ensino de ácidos e bases. **EDUCAmazônia**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 8–21, 2014.

SANTOS, L. R. dos; MENEZES, J. A. de. A experimentação no ensino de Química: principais abordagens, problemas e desafios. **REVISTA ELETRÔNICA PESQUISEDUCA**, [s. l.], v. 12, n. 26, p. 180–207, 2020.

SANTOS, W. L. P. dos; SCHNETZLER, R. P. Função social: o que significa ensino de química para formar o cidadão?. **Função social: o que significa ensino de química para formar o cidadão?**, [s. l.], 1996.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, [s. l.], v. 17, p. 49–67, 2015.

SASSERON, L. H.; DUSCHL, R. A. ENSINO DE CIÊNCIAS E AS PRÁTICAS EPISTÊMICAS: O PAPEL DO PROFESSOR E O ENGAJAMENTO DOS ESTUDANTES. **Investigações em Ensino de Ciências**, [s. l.], v. 21, n. 2, p. 52–67, 2016.

SOUZA, F. L. de *et al.* **Atividades experimentais investigativas no ensino**

de química. [S. l.: s. n.], 2013. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4919613/mod_resource/content/1/GEPEQ_atividades%20experimentais%20investigativas.pdf. Acesso em: 30 maio 2024.

SOUZA, V. C. de A.; JUSTI, R. da S.; FERREIRA, P. F. M. ANALOGIAS UTILIZADAS NO ENSINO DOS MODELOS ATÔMICOS DE THOMSON E BOHR: UMA ANÁLISE CRÍTICA SOBRE O QUE OS ALUNOS PENSAM A PARTIR DELAS. **Investigações em Ensino de Ciências**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 7–28, 2006.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: EIXOS ORGANIZADORES PARA SEQUÊNCIAS DE ENSINO DE BIOLOGIA. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, [s. l.], v. 17, p. 97–114, 2015.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ASPECTOS HISTÓRICOS E DIFERENTES ABORDAGENS. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, [s. l.], v. 13, n. 3, p. 67–80, 2011.

8 ANEXOS

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
LICENCIATURA EM QUÍMICA
Colegiado de Química – IEx – UFMG

MATERIAL DO PROFESSOR

**ENTRE CÁPSULAS E CONCEITOS: Uma Sequência Investigativa para o Ensino de
Química Medicinal no Ensino Médio**

Belo Horizonte
2025

Caro Professor, este material tem como objetivo apoiá-lo na condução da sequência investigativa “*Química Medicinal e Absorção de Fármacos*”, estruturada para turmas do Ensino Médio. A proposta foi construída para que os estudantes desenvolvam o conhecimento por meio da problematização, investigação experimental e análise crítica, articulando teoria e prática em um contexto significativo.

Antes de iniciar a aplicação da sequência, **recomendamos a leitura do referencial teórico** presente neste material. Ele apresenta uma visão aprofundada dos conceitos científicos envolvidos, bem como dos fundamentos pedagógicos que sustentam a proposta investigativa, fornecendo elementos que podem enriquecer sua mediação em sala de aula.

Para facilitar a navegação pelo material, utilizamos um sistema de destaque visual com cores e formatações específicas:

- **O que está em azul** corresponde a **possíveis respostas, comentários orientadores ou encaminhamentos sugeridos ao professor**. Essas respostas têm como finalidade oferecer **um apoio interpretativo e um guia para a condução da discussão em sala**, porém **não representam respostas únicas ou definitivas**. Como a atividade ainda não foi aplicada, é esperado e desejável que seus alunos apresentem respostas variadas, que podem ser igualmente válidas e ricas para o processo investigativo.
- **O que está em negrito** indica **as atividades, tarefas ou perguntas destinadas aos estudantes**. São os elementos que compõem a sequência didática e que deverão ser apresentados diretamente aos alunos durante as etapas de investigação.

Esperamos que essas orientações auxiliem na leitura e compreensão do material, garantindo uma aplicação mais fluida e significativa da sequência investigativa.

Público alvo e conhecimentos prévios:

As atividades abaixo foram planejadas para serem aplicadas em uma turma de terceiro ano do ensino médio. Todavia, sinta-se livre para adaptar o material para outros contextos que julgar pertinente. Espera-se que os estudantes, antes da realização das atividades, já possuam alguns conhecimentos prévios de Química e Biologia. Estes incluem: Misturas homogêneas e heterogêneas, conceitos básicos sobre soluções e solubilidade, estrutura básica de membrana plasmática e suas funções, modelo atômico de Bohr, pH e eletrólitos, equilíbrio químico e reconhecer funções orgânicas. Além de possibilitar que os estudantes relembrem esses conceitos, as atividades seguintes possibilitam que eles os vivenciem e os trabalhem em um contexto semelhante àqueles experimentados por cientistas.

AULA I

A Aula 1 desta sequência investigativa é composta por duas atividades principais que têm como finalidade introduzir o tema e mobilizar os conhecimentos prévios dos estudantes. A primeira atividade consiste em um conjunto de perguntas iniciais que permitem identificar concepções prévias, levantar hipóteses e iniciar uma reflexão sobre o uso de medicamentos e sua importância no organismo. A partir dessas respostas, o professor poderá mapear o que os estudantes já sabem, reconhecer possíveis concepções alternativas e preparar o terreno para a investigação que será desenvolvida nas aulas seguintes.

Em seguida, a segunda atividade da aula envolve a leitura e análise do estudo de caso “Mistérios das Cápsulas: Uma Investigação de Clara e Pedro”. Esse caso foi elaborado para introduzir o problema central da sequência, relacionado à compreensão de como e por que os medicamentos são absorvidos pelo organismo. A narrativa dos personagens Clara e Pedro busca despertar a curiosidade dos estudantes, aproximando o conteúdo de sua realidade e promovendo um primeiro contato com os conceitos que serão aprofundados ao longo das próximas atividades.

Durante toda a Aula 1, o papel do professor é estimular o diálogo, ouvir as interpretações dos estudantes, comparar respostas, valorizar diferentes pontos de vista e promover o pensamento investigativo. As sugestões de respostas apresentadas neste material (em azul) devem ser compreendidas como exemplos e apoio para a mediação docente, e não como um gabarito obrigatório, visto que diferentes respostas podem surgir conforme a experiência e o repertório dos estudantes.

- DISCUTINDO A SITUAÇÃO...

Já pensou sobre como os medicamentos são essenciais em nossas vidas e o impacto que eles têm no funcionamento do nosso organismo? Na atividade a seguir, vamos explorar um caso que nos ajudará a refletir e compreender mais sobre esse tema, mas antes vamos responder algumas perguntas.

Objetivo:

- Estimular o levantamento de hipóteses pelos estudantes identificar conhecimentos prévios sobre medicamento e sua importância no organismo.

Perguntas da Atividade e sugestões de respostas:

- 1. Por que os medicamentos são tão importantes para a nossa saúde e qualidade de vida?**

Resposta esperada: Porque os medicamentos ajudam a tratar, controlar e prevenir doenças, melhorando a qualidade de vida e aumentando a expectativa de vida das pessoas.

- 2. Quais são os principais motivos que já te levaram a utilizar medicamentos?**

Resposta esperada: Normalmente quando estamos doentes tomamos remédios para acabar com a dor ou algum outro sintoma. (Aqui a experiência pessoal de cada estudante irá levá-los a responder os motivos pelos quais eles já utilizaram algum medicamento)

- 3. Quais são os riscos associados à automedicação e como podemos evitá-los?**

Resposta esperada: Automedicação pode causar riscos como intoxicação, agravamento da doença, efeitos colaterais graves e interações perigosas entre medicamentos. Para evitá-los, é importante sempre buscar orientação médica, seguir corretamente as prescrições e nunca usar medicamentos sem conhecer suas indicações, contraindicações e dosagens adequadas.

- 4. Quais fatores podem influenciar a eficácia de um medicamento no organismo?**

Resposta esperada: A eficácia de um medicamento pode ser influenciada por fatores como a dose administrada, a forma de uso, a absorção pelo organismo, a interação com outros medicamentos ou alimentos, o metabolismo individual, a presença de doenças e características pessoais como idade, peso e genética.

Orientações:

- Recomenda-se que o professor organize os estudantes em grupo. Dê um tempo para eles responderem às questões. Depois faça uma discussão com toda a turma, pedindo para que cada grupo diga o que respondeu. O professor deve avaliar as respostas estabelecendo comparação entre as respostas dos grupos, destacando as semelhanças e diferenças. Deve valorizar os conhecimentos manifestados pelos estudantes, e indagá-los para refletirem sobre tais conhecimentos, de modo a torná-los mais críticos e abrangentes.

- Incentivar a reflexão sobre automedicação, prescrição médica e a função dos medicamentos.

DICAS PARA O PROFESSOR:

O estudo de caso "Mistérios das Cápsulas: Uma Investigação de Clara e Pedro" foi elaborado para conduzir os alunos por uma jornada investigativa sobre o comportamento dos medicamentos no organismo. Através da curiosidade natural de duas personagens, Clara e Pedro, o enredo instiga os estudantes a refletirem sobre questões reais: **por que existem cápsulas? E por que não devem ser abertas para se consumir o componente do seu interior? o que acontece ao abrir um medicamento? como o pH do organismo interfere na absorção dos fármacos?**

A escolha por uma narrativa foi pensada para favorecer a identificação dos alunos com os personagens, despertando sua curiosidade e tornando o aprendizado mais envolvente. A situação-problema apresentada atua como ponto de partida para que os estudantes comecem a refletir sobre os processos envolvidos na absorção dos medicamentos, como os órgãos envolvidos e a influência da natureza da estrutura química do fármaco. Eles irão levantar algumas hipóteses que serão trabalhadas em mais detalhes em atividades posteriores. A ideia aqui é engajar os estudantes, trazer o tema para mais próximo da realidade deles e levantar algumas concepções que eles trazem de sua vivência.

Este estudo de caso visa desenvolver competências investigativas, o pensamento crítico dos alunos.

Mistérios das Cápsulas: Uma Investigação de Clara e Pedro

Clara, uma jovem de 20 anos, estudante de Química, está no início da faculdade, mas sempre fora fascinada pelo mundo da ciência. Com sua mente inquisitiva e sede de conhecimento, ela passava horas explorando livros e documentários, sempre buscando desvendar os mistérios do universo. Seu irmão mais novo, Pedro, de 12 anos, compartilhava da mesma

curiosidade. Com seus olhos brilhantes e perguntas incessantes, ele desafiava Clara a ir além, a investigar e aprender ainda mais.

Morando com seus pais em uma cidadezinha pacata do interior, os irmãos transformavam a rotina tranquila em aventuras científicas. A pacata paisagem do interior era o cenário perfeito para suas explorações e descobertas. Certo dia, durante o jantar, Pedro notou que Clara, com uma expressão de desconforto, tomava um comprimido para dor de cabeça. Observando sua irmã lutar para engolir a cápsula, Pedro, com sua inocência e curiosidade características, perguntou:

– Clara, por que você não abre a cápsula e mistura o pó na água? Assim seria mais fácil de tomar, não é?

Clara, surpresa com a pergunta, ponderou por um momento.

Figura 1 – Pedro sugerindo para Clara abrir a capsula



Fonte: Elaborado pelo autor com suporte do ChatGPT (OpenAI, 2025).

– Sabe, Pedro, nunca parei para pensar nisso. Deve ter algum motivo, mas nunca vi ninguém fazer isso.

Pedro, com um encolher de ombros e um sorriso travesso, viu a oportunidade de uma nova aventura.

– Se você não sabe, então temos um novo mistério para desvendar!

Clara, contagiada pelo entusiasmo do irmão, lembrou-se de um medicamento antigo guardado no armário.

– Que tal usarmos aquele remédio antigo para testar? – sugeriu, com um brilho nos olhos.

– Vamos abrir uma cápsula e dissolver na água para ver o que acontece! – Pedro exclamou, animado.

No entanto, antes de iniciarem o experimento, Clara hesitou. A prudência falou mais alto.

Figura 2 - Clara alertando Pedro sobre o perigo



Fonte: Elaborado pelo autor com suporte do ChatGPT (OpenAI, 2025).

– Espere um pouco, Pedro. Acho melhor pesquisarmos antes. Pode ser perigoso.

No dia seguinte, Clara, levando a questão para sua aula de química, compartilhou a curiosidade com sua professora. A professora, intrigada com a pergunta e admirada pela iniciativa da aluna, viu uma excelente oportunidade de aprendizado.

Figura 3 - Clara conversando com a professora



Fonte: Elaborado pelo autor com suporte do ChatGPT (OpenAI, 2025).

– Clara, essa é uma pergunta brilhante! Existem muitos motivos pelos quais as cápsulas são projetadas dessa forma. Vamos investigar juntas!

Na sua opinião, por que não devemos abrir as cápsulas dos medicamentos antes de tomar? O que você acha que pode acontecer se fizermos isso?

Espera-se que, neste momento inicial, os alunos respondam de forma intuitiva, utilizando seus conhecimentos prévios. É provável que indiquem razões como o gosto ruim do remédio, a impressão de que abrir a cápsula pode “estragar” o medicamento, causar desconforto, fazer mal ou que “não é assim que se toma”. As respostas podem também refletir experiências pessoais ou orientações familiares, como a ideia de que é perigoso mexer no medicamento ou que ele deve ser ingerido inteiro. O objetivo desta pergunta é justamente levantar essas concepções iniciais para que, ao longo da investigação, os alunos possam comparar suas hipóteses com explicações científicas mais elaboradas.

Com a orientação da professora, Clara e seus colegas embarcaram em uma jornada de descobertas. Aprenderam que as cápsulas são projetadas para proteger o medicamento de fatores externos, como a umidade e o ácido do estômago, garantindo que ele seja liberado no local correto do sistema digestório. Descobriram que alguns fármacos são absorvidos no estômago, enquanto outros são absorvidos no intestino, e que abrir a cápsula poderia

interferir nesse processo, comprometendo a eficácia do medicamento, degradando-o antes da absorção ou até mesmo causando efeitos colaterais.

Após a investigação, Clara, com a compreensão mais profunda, explicou ao irmão:

– Pedro, as cápsulas são como pequenas máquinas. Elas garantem que o medicamento chegue ao lugar certo, na dose certa e no momento certo para funcionar corretamente. Se abrimos a cápsula, perdemos todo esse controle.

Pedro, com um sorriso de satisfação, aprendeu a lição.

– Então, se eu precisar tomar um remédio, vou engolir a cápsula inteira!

E assim, os irmãos, através de sua curiosidade e sede de conhecimento, aprenderam mais uma lição valiosa sobre ciência e segurança. A aventura científica não apenas desvendou um mistério, mas também reforçou a importância do conhecimento e da prudência.

Mas, afinal, por que alguns fármacos são absorvidos no intestino, enquanto outros são absorvidos no estômago?

Agora é a sua vez de investigar!

- **Quais órgãos vocês acreditam que participam da absorção dos medicamentos?**
Durante a discussão, é esperado que os alunos mencionem órgãos como o estômago e o intestino, mesmo que de forma genérica. Alguns podem lembrar também da boca (especialmente se já ouviram falar de medicamentos sublinguais) ou do fígado (se tiverem alguma noção sobre metabolismo).
- **De que forma a composição química de um fármaco pode influenciar sua absorção pelo corpo?**
Nesta pergunta, os alunos podem inicialmente relacionar de maneira mais simples, dizendo que "depende da substância" ou que "alguns medicamentos dissolvem melhor que outros". O professor deve valorizar essas respostas iniciais.
- **Por que alguns medicamentos são recomendados para serem ingeridos com água, enquanto outros podem ser aplicados diretamente na pele ou administrados por injeção?**

Nesta pergunta os alunos devem compreender que a forma como um medicamento é administrado depende de diversos fatores, como sua composição química, o efeito desejado, a velocidade de ação e a tolerância do organismo. Medicamentos ingeridos com água geralmente precisam ser absorvidos pelo sistema digestório para exercerem seu efeito, e a água ajuda na dissolução e transporte da substância, facilitando sua absorção no estômago ou intestino. Já os medicamentos de aplicação tópica, como pomadas e cremes, são formulados para agir diretamente na área afetada, sem precisar passar pelo sistema digestório, o que pode ser útil para tratar problemas específicos da pele ou músculos. Alguns medicamentos, no entanto, não são eficazes quando ingeridos, pois podem ser destruídos pelos ácidos do estômago ou não absorvidos corretamente, sendo, então, administrados por injeção para garantir que alcancem a corrente sanguínea rapidamente. Cada método de administração tem seu propósito e seguir corretamente as orientações médicas garante que o tratamento seja seguro e eficaz.

AULA 2

A Aula 2 aprofunda o estudo iniciado anteriormente, focando em como as substâncias atravessam as membranas biológicas e por que isso é essencial para a absorção de medicamentos. Para facilitar essa compreensão, utiliza-se a analogia da “Portaria Celular”, que compara a membrana plasmática ao controle de entrada e saída de um prédio.

Os alunos analisam essa analogia para identificar semelhanças e limitações entre o prédio e a célula, compreendendo que analogias ajudam a entender conceitos abstratos, mas não substituem explicações científicas. O papel do professor é conduzir a discussão, estimular que os estudantes explicitem suas ideias e orientá-los no preenchimento do quadro de mapeamento.

A aula prepara os estudantes para a etapa experimental ao introduzir fatores que influenciam o transporte através da membrana, como polaridade, tamanho molecular e carga. Essa reflexão contribuirá para que, na próxima aula, eles elaborem hipóteses e propostas de experimentos sobre solubilidade e absorção de medicamentos.

Durante toda a atividade, o professor deve incentivar o diálogo, esclarecer dúvidas e usar as respostas sugeridas como apoio flexível para orientar a mediação e aprofundar a investigação conforme necessário.

A Portaria Celular: Proteção e Controle no Transporte de Substâncias

Figura 4 - Pedro

Imagine uma membrana plasmática como a portaria de um prédio sofisticado e bem protegido. Assim como o porteiro controla quem entra e quem sai, a membrana plasmática seleciona cuidadosamente as substâncias que podem atravessar para o interior da célula. Essa função é fundamental para o bom funcionamento do organismo, garantindo que apenas moléculas essenciais entrem e saiam no momento certo.

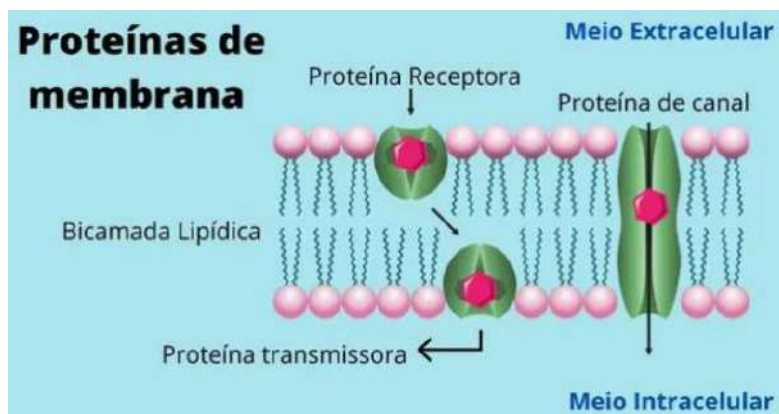
A membrana possui proteínas receptoras que reconhecem substâncias específicas, como hormônios e nutrientes. A molécula só consegue interagir com a célula se encontrar o receptor correspondente. Por exemplo, um hormônio que estimula a tireoide não pode se ligar a células do ovário, pois essas não possuem o receptor adequado.

Na portaria de um prédio, há regras específicas: moradores, visitantes e autorizados entram livremente, enquanto desconhecidos ou indesejados são bloqueados. Da mesma forma, a membrana plasmática permite que algumas substâncias atravessem facilmente, enquanto outras são barradas. Esse controle é chamado de permeabilidade seletiva. Sendo que, as substâncias podem entrar em uma célula com o auxílio de proteínas que facilitem a passagem (chamadas de proteínas transportadoras) ou atravessando diretamente a membrana formada pela bicamada lipídica.

No contexto das substâncias atravessando a bicamada lipídica, moléculas apolares (como gases e hormônios lipossolúveis) passam facilmente pela membrana, pois a bicamada lipídica é mais permeável a substâncias apolares e hidrofóbicas. Por outro lado, as moléculas polares (como água, glicose e íons) encontram dificuldades em atravessar diretamente a membrana, necessitando de proteínas especializadas para seu transporte.



Figura 5 - Representação esquemática das proteínas de membrana



Fonte: TODA MATÉRIA. O que é membrana plasmática?

Sobre o uso da analogia na atividade

Nesta atividade, os alunos são convidados a compreender a absorção de medicamentos por meio de uma analogia em que o domínio análogo é familiar aos estudantes. Antes de explorar o conteúdo com os estudantes, é essencial que o professor compreenda o papel e os limites das analogias no ensino de ciências.

Analogias são ferramentas didáticas poderosas quando utilizadas de forma consciente. Elas permitem que os alunos façam conexões entre um conceito já familiar (domínio análogo) e um conceito novo ou abstrato (domínio alvo). No entanto, é necessário que o professor esteja atento para não tratar analogias como equivalências exatas. O papel do docente é mediar a construção do raciocínio analógico e auxiliar os alunos a perceberem tanto as semelhanças úteis quanto as limitações da comparação.

Distinguindo analogias de outras comparações

Uma analogia não é o mesmo que uma metáfora ou uma simples comparação visual. Enquanto uma metáfora pode ser subjetiva ou estilística, a analogia busca mapear relações estruturais entre os elementos do análogo e do alvo. Por exemplo:

- **Analogia:** Comparar o papel da cápsula medicamentosa com o de um envelope que protege uma carta até seu destino, explorando a ideia de proteção, direcionamento e “entrega” no local adequado.

- **Similaridade literal:** Comparar a absorção de dois medicamentos que se dissolvem igualmente na água, destacando características objetivas compartilhadas.
- **Comparação de mera aparência:** Dizer que "o comprimido parece uma bala", sem explorar relações funcionais.

Pensando no texto:

Muito bem, pessoal! Agora que todos leram o texto sobre a Portaria Celular, vamos conversar um pouco sobre essa comparação que fizemos com a membrana plasmática. **Lembrem-se que o objetivo de uma analogia é nos ajudar a entender algo novo e complexo comparando com algo que já conhecemos.**

Primeiro, vamos identificar os pontos em comum, **onde a portaria do prédio se assemelha com a membrana plasmática e suas funções.** Quem gostaria de começar a compartilhar alguma semelhança que percebeu?

Essas questões podem ser discutidas de forma oral, sem a necessidade de que os estudantes escrevam suas respostas. A ideia é fazer uma discussão geral para facilitar o preenchimento do quadro de mapeamento da analogia.

- **Qual seria o papel da portaria no controle de acesso ao prédio e como isso se relaciona com o funcionamento da membrana plasmática?**

O aluno pode associar a função da portaria ao papel do controle da entrada e saída de pessoas, estabelecendo a analogia com a **membrana plasmática**. A portaria representa a **bicamada lipídica**, que atua como uma **barreira semipermeável**. O professor deve conduzir os alunos a perceberem que a membrana não permite a livre passagem de qualquer substância e, por isso, **controla o ambiente interno da célula**, garantindo sua estabilidade.

- **E o porteiro, qual função importante ele desempenha que se assemelha ao que acontece na membrana?**

O ideal é que os alunos possam associar o porteiro à função de **selecionar o que entra e sai do prédio**, ou seja, ele representa a **permeabilidade seletiva da membrana plasmática**. Assim como um porteiro **controla o acesso de pessoas ao prédio**, a membrana **controla o trânsito de substâncias**, permitindo a entrada apenas de moléculas específicas, muitas vezes com a ajuda de **proteínas transportadoras**.

- O texto menciona regras específicas para quem pode entrar no prédio. Existe algo parecido na membrana plasmática?

O professor pode aproveitar esse momento para discutir “**regras de entrada no prédio**”, o que no domínio alvo remete às **condições específicas que determinam quais substâncias podem atravessar a membrana plasmática**. Assim como no prédio, onde só entra quem cumpre certos critérios (como estar autorizado ou ter crachá), **na célula, apenas certas moléculas atravessam a membrana dependendo de fatores como, tamanho da molécula, polaridade, entre outros**.

Agora que os alunos discutiram as semelhanças entre o sistema da portaria do prédio (análogo) e o funcionamento da membrana plasmática (alvo), é o momento de sistematizar essas relações por meio de um quadro de mapeamento. Essa etapa é essencial para consolidar os aprendizados e garantir que os alunos compreendam os limites e as potencialidades da analogia. Caso note uma dificuldade dos estudantes para preencher o quadro, pode dar um exemplo para mostrar para eles como realizar o raciocínio. Abaixo o quadro com algumas relações que podem ser estabelecidas.

Agora que discutimos as semelhanças, vamos organizar essas ideias em um quadro de mapeamento:

Quadro 1- Quadro de mapeamento de analogias

Análogo (A Portaria do prédio: Proteção e Controle na entrada de pessoas)	Mapeamento	Domínio Alvo (Membrana Plasmática e Transporte de Substâncias)
O prédio possui uma portaria para controlar quem entra e sai.		A célula possui uma membrana plasmática que regula a entrada e saída de substâncias.
Assim como um porteiro controla o acesso de pessoas ao prédio.		A membrana controla o trânsito de substâncias, permitindo a entrada apenas de moléculas específicas na célula.
Assim como no prédio, onde só entra quem cumpre certos critérios (como estar autorizado ou ter crachá)		Na célula, apenas certas moléculas que são permitidas atravessam a membrana.
Limitações		
- Na membrana plasmática, a passagem de substâncias ocorre com base em propriedades físico-químicas, como tamanho da molécula, polaridade, carga elétrica e solubilidade. Já na portaria de um prédio, o critério não é químico, mas sim social e organizacional: o porteiro libera a entrada dos moradores e de visitantes autorizados, seguindo regras pré-estabelecidas. - Uma portaria de prédio geralmente possui um único ponto de entrada, com um porteiro controlando o acesso de forma centralizada, já a membrana plasmática, por outro lado, é uma estrutura altamente dinâmica, com múltiplos canais,		

transportadores e proteínas específicas que atuam simultaneamente para controlar a entrada de diversas substâncias.

Fonte: Elaboração própria com base em Mozzer e Justi (2015) e Martins et al. (2019)

Vimos no texto que algumas substâncias têm uma maior facilidade de atravessar membranas, pois possuem características específicas. A membrana plasmática é composta por uma **bicamada lipídica** que favorece a passagem de moléculas apolares e moléculas polares pequenas e sem carga, enquanto substâncias polares ou carregadas enfrentam maior dificuldade de permeação. Outra informação interessante que pode ser mencionada é que o estômago tem o pH ácido (colocar o valor aproximado) enquanto o intestino tem pH alcalino.

Como podemos fazer um experimento para avaliar se um fármaco seria melhor absorvido no intestino ou no estômago?

- **Entendemos que a interação entre moléculas polares e apolares influencia a passagem de substâncias pela membrana. Como um experimento poderia demonstrar a preferência de solubilidade de um fármaco em meios com diferentes propriedades químicas?**

Espera-se que os alunos pensem, por exemplo, experimentos que envolvam dois tipos de solventes com polaridades diferentes, como água (polar) e éter ou octanol (apolares). O professor pode guiar a discussão levando para a formação de soluções homogêneas como o estabelecimento de interações favoráveis energeticamente. Enquanto a insolubilidade do fármaco pode ser entendida como a ausência de interações atrativas entre o mesmo e o solvente.

- **Como podemos alterar a fase aquosa para simular o que acontece no estômago?**

Nesta pergunta, os alunos devem refletir sobre como simular, em laboratório, o ambiente ácido do estômago humano. Espera-se que eles sugiram a acidificação da fase aquosa, por exemplo, adicionando ácido clorídrico diluído (HCl).

- **Como podemos alterar a fase aquosa para simular o que acontece no intestino?**

Para simular o ambiente do intestino, os alunos devem considerar que o **pH intestinal é mais elevado**, espera-se que eles sugiram a utilização de uma base para assemelhar o PH do intestino.

AULA 3 E 4

A Aula 3 é o momento em que os estudantes iniciam a etapa prática da sequência investigativa, aplicando os conceitos discutidos anteriormente sobre membranas biológicas, solubilidade, lipofilicidade e hidrossolubilidade. Nesta aula, os alunos começam a realizar os experimentos selecionados no material. O papel do professor é orientar a execução, reforçar os fundamentos teóricos envolvidos e garantir que os estudantes consigam relacionar o comportamento observado em laboratório com os processos reais de absorção de fármacos.

Como os experimentos demandam tempo e atenção às etapas, recomenda-se que a Aula 3 seja dividida em mais de um encontro, permitindo que todos os grupos realizem as atividades com calma e segurança. Uma alternativa é organizar a realização de dois experimentos por aula ou propor uma atividade interdisciplinar com o professor de Biologia, o que pode enriquecer a discussão sobre fisiologia digestiva e permeabilidade de membranas. Ao longo da realização prática, o professor deve estimular os estudantes a registrar observações, comparar resultados e relacioná-los com os conceitos teóricos trabalhados, preparando o terreno para a sistematização e discussão da Aula 5.

ORIENTAÇÕES

Antes de iniciar os experimentos com os alunos, é importante que o professor compreenda o papel investigativo dessas atividades. Os experimentos propostos foram pensados para que os estudantes observem fenômenos relacionados à solubilidade, pH e polaridade, elementos centrais para compreender a absorção de fármacos no organismo.

Objetivo principal:

Explorar como a estrutura química das substâncias e o meio em que estão inseridas influenciam sua solubilidade e, por consequência, sua capacidade de atravessar membranas biológicas. Essa compreensão é essencial para relacionar o conteúdo com o comportamento dos medicamentos no organismo humano.

Antes da atividade, o professor pode:

- Retomar com os alunos o conceito de polaridade de solventes e a ideia de "semelhante dissolve semelhante".
- Discutir rapidamente o que são bases e ácidos, e como o pH influencia a forma iônica ou neutra das moléculas.

Experimentos

Figura 6 - Clara



Nesta fase, você colocará em prática sua curiosidade científica. Até agora, discutimos conceitos importantes: membranas, polaridade, pH, solubilidade. Mas e se investigássemos através de experimentos como esses fatores influenciam o comportamento da absorção de um fármaco? Para os experimentos desta atividade, utilizaremos a quinina, um composto naturalmente presente na casca da árvore quina-quina. Historicamente, a quinina foi amplamente usada no combate à malária e ainda hoje é encontrada em pequenas quantidades em bebidas como a água tônica.

Uma planta nativa da Cordilheira dos Andes e da Bacia Amazônica está ligada à origem de alguns dos medicamentos mais comentados durante a pandemia brasileira: a cloroquina e a hidroxiclороquina.

Utilizada por comunidades rurais e amazônicas no combate à malária, foi através dessa eficácia que, reza a lenda, deu-se a origem de seu nome. Uma história conta que em 1638 uma condessa espanhola em viagem ao Peru foi curada da doença a partir do uso da casca dessa árvore por indígenas locais e a chamou de “Cinchona”, um apelido em homenagem ao seu município de origem, Chinchón. Daí derivou-se o nome científico da planta. Fato é que, poucos anos depois, seu uso medicinal já era dominado pelos europeus que foram apresentados à quina pelas descobertas jesuíticas. Quase 200 anos desde a lenda, ela se tornou item indispensável nas farmácias inglesas e a fama da planta foi tão difundida que, até o século XIX, ela era o tratamento mais usado no mundo contra a malária e uma alternativa constantemente aplicada em casos de febre, indigestão e dores de garganta.

Figura 7 - Quina-Quina



Preparação Solução de Quinina:

1. **Pesagem da substância:**

Pese uma **massa de 60 mg** de quinina utilizando uma balança analítica.

2. **Dissolução inicial:**

Transfira a quinina para um béquer contendo **50 mL de água**.

3. **Agitação da mistura:**

Deixe a solução sob **agitação constante por 20 minutos** para favorecer a dissolução da quinina na água.

4. **Filtração da solução:**

Após a agitação, **filtre a solução** utilizando funil e papel de filtro para remover partículas não dissolvidas.

5. **Proteção da solução:**

Cubra o frasco com papel alumínio para proteger a quinina da luz, pois é uma substância fotossensível.

Figura 8 - Solução de Quinina



Experimento 1 – Vamos observar o fenômeno da fluorescência?

Objetivo do experimento:

Observar o fenômeno de fluorescência de substâncias na presença de luz ultravioleta.

Materiais Necessários:

- Solução aquosa de quinina
- Água destilada
- Éter etílico
- Luz ultravioleta (luz negra)
- 3 tubos de ensaio transparentes ou béqueres pequenos
- Etiquetas e caneta para identificação

Objetivos:

Este experimento tem como objetivo observar e comparar o comportamento de substâncias na presença de luz ultravioleta (UV), destacando o fenômeno da fluorescência, mostrando que nem todas as substâncias reagem da mesma forma à radiação UV: enquanto algumas permanecem inalteradas, outras, como a quinina, absorvem a energia da luz UV e reemitem parte dessa energia como luz visível, um fenômeno característico da fluorescência.

Procedimento:

Rotule os tubos como A, B e C:

- **Tubo A:** água destilada
- **Tubo B:** éter etílico
- **Tubo C:** Solução aquosa de quinina

Coloque volumes iguais de cada líquido nos respectivos tubos de ensaio e leve-os para a luz ultravioleta em um ambiente escuro.

Descreva o que você observou nos tubos A, B e C.

No experimento de observação da fluorescência, os alunos utilizarão três tubos de ensaio com diferentes conteúdos: água destilada (**Tubo A**), éter etílico (**Tubo B**) e uma solução aquosa de quinina (**Tubo C**), que foi preparada pelo professor, conforme descrito acima. O professor pode orientar os estudantes a observarem cada tubo sob luz UV e registrarem as diferenças perceptíveis.

O **Tubo A**, contendo apenas água destilada, não deve apresentar fluorescência. O mesmo ocorre com o **Tubo B**, que contém somente éter etílico. Nenhum desses líquidos possui compostos capazes de emitir luz visível sob radiação ultravioleta. Já o **Tubo C**, que contém a solução de quinina, deve apresentar fluorescência de coloração azulada sob a luz UV.

Figura 9 - Tubos de ensaio



A **fluorescência** é um fenômeno no qual um material absorve energia luminosa (geralmente na forma de luz ultravioleta) e, em seguida, reemite essa energia na forma de luz visível. Esse processo ocorre quando elétrons de um material são excitados a um nível de energia superior e, ao retornar ao seu estado original, liberam a energia na forma de luz. Com base em suas observações dos tubos A, B e C, podemos inferir que o fenômeno da fluorescência ocorreu em algum deles? Justifique.

O professor deve orientar os alunos a relacionarem o conceito de fluorescência com as observações feitas nos três tubos. Espera-se que os estudantes reconheçam que apenas o **Tubo C**, contendo a solução aquosa de quinina, apresenta fluorescência — perceptível por uma coloração azulada brilhante sob a luz ultravioleta.

Essa observação indica que o fenômeno da fluorescência ocorreu exclusivamente no **Tubo C**, o que deve ser justificado pelos alunos com base na solução de quinina. Já os **Tubos A** (água destilada) e **B** (éter etílico) não apresentam fluorescência, pois não contêm substâncias com essa propriedade. Esses tubos ajudam os alunos a concluir que a fluorescência observada não está relacionada ao solvente, mas sim à presença da quinina.

Caso tenha observado o fenômeno da fluorescência em algum dos tubos a que substância presente podemos atribuir essa propriedade? Justifique.

No experimento 1, os alunos observaram que **apenas o tubo contendo solução de quinina** emite luz visível azul sob a luz negra (UV), enquanto a água destilada ou o éter etílico puro não apresentaram esse comportamento. Isso demonstra que a fluorescência é uma **propriedade específica da quinina** e não dos solventes. Assim, a fluorescência só ocorreu quando a quinina estava dissolvida, o que reforça o vínculo direto entre essa substância e o fenômeno observado. Sendo assim a Quinina pode absorver energia luminosa e, em seguida, reemite essa energia na forma de luz visível.

Experimento 2: Influência do pH na Fluorescência da Quinina

Objetivo do experimento:

Investigar como o pH do meio afeta a fluorescência da quinina, utilizando soluções tampão de diferentes pH (ácido, neutro e básico) e observando as mudanças visuais sob luz ultravioleta (luz negra).

Materiais Necessários

- Água destilada
- Solução de quinina
- Soluções tampão de pH 2 (ácido), pH 7 (neutro) e pH 12 (básico)
- Tubos de ensaio (3 unidades)
- Luz negra (UV)

Procedimento:

- Rotule os tubos como A, B e C:
- **Tubo A:** PH 2 (ácido)
- **Tubo B:** PH 7 (neutro)
- **Tubo C:** PH 12 (básico)

Adicione **2 mL da solução tampão** correspondente a cada tubo, em seguida, acrescente **2 mL da solução de quinina**. Adicione **1 mL de água destilada**. Misture bem utilizando um bastão de vidro.

Descreva o que você observou nos tubos A, B e C:

Antes mesmo de levar os tubos à luz ultravioleta, já é possível observar diferenças visuais entre eles. Os tubos **A** e **B** apresentam um líquido **incolor e transparente**, enquanto o tubo **C** exibe um líquido **visivelmente turvo**. Essa turbidez indica que ocorreu a **formação de um**

precipitado no tubo C, sugerindo que a quinina está se comportando de forma diferente neste meio.

A quinina tem a mesma solubilidade independente do pH? Com base em suas observações é possível afirmar que o pH pode afetar a solubilidade da quinina? Justifique.

A quinina **não apresentou a mesma solubilidade em todos os valores de pH testados**. Em **meio ácido** (como nos tubos A e B), foi observada a formação de uma **solução homogênea e transparente**, indicando boa solubilidade da substância. No entanto, em **meio alcalino** (tubo C), ocorreu a **formação de um precipitado branco**, revelando uma diminuição da solubilidade da quinina nessas condições.

Esses resultados indicam que a **solubilidade da quinina depende diretamente do pH do meio**. Em pH ácido, a quinina tende a se protonar, aumentando sua solubilidade em água. Já em pH alcalino, a quinina está predominantemente em sua forma neutra, menos polar, e por isso **menos solúvel** no meio aquoso, o que leva à precipitação.

Figura 10 - Tubo de ensaio com precipitado



Proponha um desenho, comparando os tubos A e C, para explicar no nível submicroscópico (partículas) o que está acontecendo.

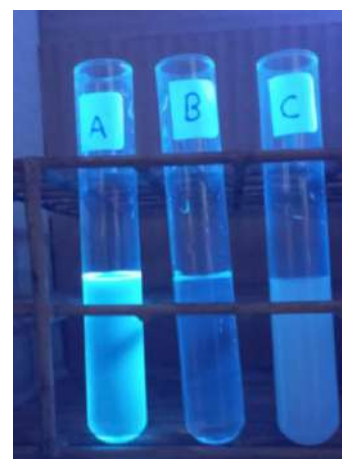
Descrição do desenho esperado: No desenho do **Tubo A** (meio ácido), o aluno deve representar um recipiente com moléculas de água bem distribuídas e partículas de quinina separadas e homogêneas no meio líquido, indicando uma solução transparente. Já no **Tubo C** (meio alcalino), o desenho deve mostrar as moléculas de água com a quinina concentrada no fundo, formando um aglomerado sólido, enquanto o restante da água permanece livre de partículas, evidenciando a formação de um precipitado devido à baixa solubilidade.

Leve os tubos para um ambiente escuro e ilumine-os com luz negra (UV).

Figura 11- Tubos de ensaio na luz UV

Descreva o que você observou nos tubos A, B e C após a incidência de luz UV. A quinina apresentou fluorescência nos três tubos?

No **Tubo A**, com pH 2 (meio ácido), espera-se uma **fluorescência intensa**, com emissão de luz azulada característica. E. Já no **Tubo B**, com pH neutro (pH 7), a fluorescência deve estar **muito fraca ou ausente**. Por fim, no **Tubo C**, com pH 12 (meio básico), não se deve observar fluorescência, e há a **formação de um precipitado branco**, indicando que a quinina é insolúvel nesse ambiente.

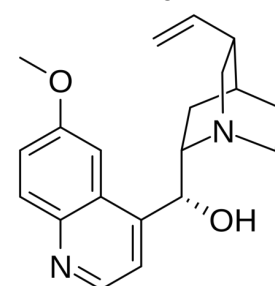


O que pode estar interferindo na intensidade da fluorescência da quinina?

O aluno pode inicialmente perceber que a intensidade da fluorescência da quinina varia nos diferentes tubos. Espera-se que ele relacione essa diferença com o pH das soluções utilizadas, deve conduzir a discussão destacando que o pH do meio pode interferir no comportamento das substâncias, inclusive na capacidade de emissão de luz.

Tanto na presença quanto na ausência de luz UV, o tubo C tem um comportamento diferente dos tubos A e B. Sabemos que o que está variando é o pH. Observe a estrutura química da quinina representada abaixo. Essa estrutura pode ser afetada pelo pH do meio em que ela se encontra? Justifique.

Figura 12 - Estrutura Quinina



Espera-se que os alunos comecem a fazer relações entre a estrutura da quinina e os efeitos do pH do meio. A estrutura química da quinina apresenta grupos funcionais, como a amina, que são capazes de se protonar (ganhar H⁺) ou desprotonar (perder H⁺) dependendo do pH do meio. Pode ser necessário que o professor auxilie eles nesse processo com alguns exemplos, possivelmente, a partir de conteúdos trabalhados previamente.

Discutimos anteriormente que as membranas plasmáticas devido à presença da bicamada lipídica tendem a ser mais permeáveis a substâncias apolares. Isso ocorre porque a membrana é composta principalmente por fosfolipídios, que possuem uma parte polar (hidrofílica) e uma parte apolar (hidrofóbica). As partes apolares dos fosfolipídios, que formam a região central da membrana dificultam a passagem de substâncias polares. Discutimos

também que uma forma de simular a interação de compostos com a membrana é através da utilização de solventes orgânicos.

Com base nessas informações, levante hipóteses do que você esperaria observar caso 6 mL de éter etílico (solvente apolar) fosse adicionado a cada um dos três tubos do experimento acima:

Os alunos devem elaborar hipóteses baseadas na polaridade das substâncias e no conhecimento prévio sobre interações entre compostos e solventes. A adição de éter etílico, um solvente apolar, aos três tubos (com quinina em diferentes pHs) oferece a oportunidade de explorar como a polaridade do fármaco é alterada pelo pH e como isso influencia sua distribuição entre fases aquosa e orgânica. Para os **Tubos A, B** teremos um sistema **bifásico formado pela fase orgânica e aquosa**, já no **Tubo C** onde foi observado previamente a formação de um precipitado branco, teremos um sistema inicialmente com três fases. Todavia, a dissolução do precipitado na fase orgânica tornará o sistema bifásico. Embora os alunos possivelmente não cheguem a essa conclusão, eles terão a oportunidade de levantar hipóteses sobre o que irá ocorrer e na sequência testar essas hipóteses.

Por qual motivo o que você descreveu iria ocorrer?

É possível que alguns estudantes levanten hipóteses de que a fase orgânica e a aquosa não irão formar uma mistura homogênea justificando com base em conceitos associados a polaridade e, forças intermoleculares. Além disso, a resposta ideal dos estudantes levaria em conta que, em meio básico, a quinina está em sua forma neutra (menos polar), apresentando maior afinidade pelo solvente apolar. E assim, embora insolúvel na fase aquosa, seria solúvel na fase orgânica.

Atividade Experimental 3: Vamos adicionar solvente orgânico e ver o que acontece?

Objetivo do experimento:

Observar como os sistemas ácido, neutro e básico irão se comportar ao adicionar éter etílico.

Materiais Necessários

- Solução de quinina
- Soluções tampão de pH 2, pH 7 e pH 12
- Água destilada
- Éter etílico
- 3 tubos de ensaio
- Lâmpada de luz negra (UV)

Procedimento: Rotule os tubos como A, B e C:

- **Tubo A:** PH 2 (ácido) + éter etílico
- **Tubo B:** PH 7 (neutro) + éter etílico
- **Tubo C:** PH 12 (básico) + éter etílico

Para a preparação dos tubos, adicione **2 mL da solução tampão ácida (pH 2)** no Tubo A, seguido de **2 mL da solução de quinina**. Complete o volume com **3 mL de água destilada** e acrescente **6 mL de éter etílico**. Para o Tubo B (pH 7), repita o mesmo procedimento utilizando a solução tampão neutra. No Tubo C (pH 12), siga o mesmo processo, substituindo pela solução tampão básica.

Descreva o que você observou no tubo A:

Os alunos devem identificar que, após a adição do éter etílico ao Tubo A (meio ácido), formam-se duas fases distintas, devido à **imiscibilidade** entre água e éter. Ambas as fases devem se manter **incolor e transparente**.

A mistura de solução aquosa com o solvente orgânico éter etílico é uma mistura homogênea ou heterogênea? Justifique.

O professor deve esperar que os alunos respondam que a mistura é heterogênea e percebam que visualmente a formação de duas fases distintas: uma fase aquosa (mais densa, que se posiciona na parte inferior do tubo) e uma fase orgânica (menos densa, que fica na parte superior).

Agite o tubo 3 por 5 minutos (cuidado para não derramar).

Descreva o que você observou no tubo 3 após agitar a solução. Houve mudança em relação à turbidez da fase aquosa?

Após a agitação da solução no Tubo 3 (pH 12), o professor deve esperar que os alunos observem uma diminuição significativa da turbidez da fase aquosa. Antes da adição do éter etílico e da agitação, essa fase apresentava turbidez devido à formação de um precipitado branco, que indica a baixa solubilidade da quinina em meio alcalino.

Ao agitar, a fase aquosa se torna transparente, indicando que algo ocorreu devido à presença do éter etílico.

Figura 13 - Tubo C antes e depois da agitação



Antes de agitar o tubo 3 era uma mistura heterogênea composta formada por quantas fases? Após a agitação, quantas fases são observadas? O que isso significa?

Antes da agitação, o **tubo 3** apresentava uma mistura heterogênea composta por três fases: uma fase aquosa (com solução tampão básica), um precipitado branco de quinina e uma fase orgânica superior contendo o éter etílico. Após a agitação, observa-se a formação de apenas duas fases: a fase aquosa e a fase orgânica com o desaparecimento do precipitado. Isso indica que a quinina, em meio básico, foi transferida da fase aquosa para a fase orgânica, o que evidencia que sua forma desprotonada, neutra, não é solúvel na fase aquosa, mas é solúvel na fase orgânica.

Em relação ao que você observou nos tubos A, B e C o quê é possível afirmar sobre a solubilidade da quinina no éter etílico com a solução aquosa nos diferentes valores de pH?

Com base nas observações dos tubos A, B e C, pode-se afirmar que os tubos A e B permanecem incolores e transparentes, porém apresentam duas fases devido à presença de água e éter etílico. Já o tubo C exibe três fases antes da agitação, contendo inicialmente um precipitado de quinina. Após a adição e agitação com éter etílico, o precipitado desaparece e a substância se solubiliza na fase orgânica.

A quinina é solúvel ou insolúvel em éter etílico em pH ácido?

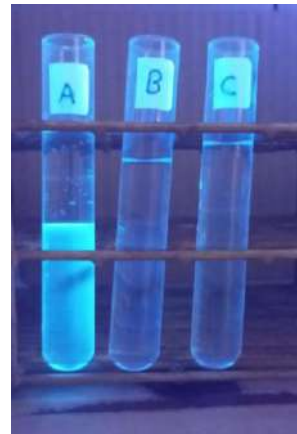
Como o éter etílico é um solvente apolar, substâncias polares tendem a ser pouco solúveis nele. Portanto, espera-se que a quinina seja pouco solúvel ou praticamente insolúvel em éter etílico quando o pH é ácido. Isso por que, em meio ácido, a quinina estará protonada e carregada positivamente. Embora, até o momento, eles não tenham evidências experimentais disso, eles podem fazer previsões com base nos conhecimentos de química e com base na estrutura da molécula.

Leve os três tubos (A, B e C) para a luz UV e observe.

Descreva o que você observou em relação à fluorescência nos tubos A, B e C.

Durante a observação sob luz ultravioleta, os alunos devem notar diferenças visuais significativas entre os tubos, resultado das diferentes fases presentes e do comportamento da quinina em cada condição de pH. No **Tubo A**, que contém quinina em meio ácido (pH 2), observa-se uma fluorescência azul intensa na fase aquosa, enquanto a fase orgânica (éter etílico) permanece incolor. No **Tubo B**, com pH neutro, a fluorescência é praticamente inexistente em ambas as fases, sugerindo baixa emissão de luz nessa condição. Já no **Tubo C**, em meio básico (pH 12), a quinina não apresenta fluorescência,

Figura 14 - Tubos de ensaio na Luz UV



O que há de diferente na aparência das soluções entre o experimento 2 e o experimento 3?

Os alunos devem perceber que, no Experimento 2, as soluções preparadas com diferentes pH (ácido, neutro e básico) apresentam-se como sistemas homogêneos ou heterogênea, no caso do Tubo C, que possui um precipitado branco. Já no **Experimento 3**, com a adição do éter etílico, todas as amostras passam a formar **sistemas bifásicos**, ou seja, apresentam duas fases visíveis: uma fase aquosa e uma fase orgânica (éter). No tubo C (pH 12), após agitação, ocorre a **dissolução do precipitado** formado no experimento anterior, e os alunos devem observar que ele se solubiliza na fase orgânica.

A partir dessas novas observações, o quê é possível afirmar sobre a solubilidade da quinina no éter etílico com a solução aquosa nos diferentes valores de pH?

A partir das observações feitas no **Experimento 3**, é possível afirmar que a solubilidade da quinina no éter etílico depende do pH da solução aquosa. Em pH ácido (Tubo A), a quinina permanece majoritariamente dissolvida na fase aquosa, mantendo sua fluorescência nessa fase, o que indica baixa solubilidade no éter etílico. Já no tubo com pH básico (Tubo C), onde anteriormente havia formação de um precipitado branco (indicando insolubilidade em meio aquoso), observa-se que, após a adição e agitação com o éter etílico, esse precipitado desaparece e a quinina é transferida para a fase orgânica. Isso demonstra que, em pH básico, a quinina se torna mais apolar e passa a se dissolver melhor no éter etílico. No tubo com pH neutro (Tubo B), a fluorescência é ausente e a distribuição da quinina entre as fases é menos evidente, não é possível afirmar qual das fases apresentará maior concentração de quinina.

Com base na estrutura química da quinina apresentada anteriormente, explique as razões que justifiquem sua diferença de solubilidade nos meios aquosos e orgânicos para os diferentes valores de pH.

Com base na estrutura química da quinina, é possível compreender por que sua solubilidade varia de acordo com o pH do meio. A quinina possui grupos funcionais básicos, como aminas, que podem ser protonadas (ganhar prótons, H^+) em ambientes ácidos. Quando a quinina está em meio ácido (pH baixo), suas aminas tendem a se protonar, tornando a molécula mais polar. Essa polaridade elevada aumenta sua afinidade com a água, um solvente polar, tornando-a mais hidrossolúvel. Por isso, em pH ácido, a quinina se dissolve bem na fase aquosa.

Por outro lado, em meio básico (pH alto), as aminas da quinina permanecem desprotonadas, o que diminui sua polaridade e torna a molécula mais apolar. Nessa forma neutra, a quinina se torna menos solúvel em água e mais solúvel em solventes orgânicos apolares, como o éter etílico. Isso explica por que, em pH básico, a quinina deixa de permanecer na fase aquosa e migra para a fase orgânica, após agitação.

Portanto, a diferença de solubilidade observada experimentalmente está diretamente relacionada ao estado de ionização da quinina, que depende do pH do meio e altera seu comportamento quanto à afinidade com solventes polares ou apolares.

Atividade Experimental 4: Vamos adicionar tampão ácido e ver o que acontece?

Após agitarmos o tubo C notamos que a fase aquosa deixa de ficar turva. Isso pode ser um indício de que o composto, insolúvel na fase aquosa se solubilizou na fase orgânica. Mas e se adicionarmos ácido, o que irá ocorrer?

Descreva o que você esperaria observar após a adição de 6 mL de tampão pH 2 ao tubo C do experimento anterior. Justifique.

Ao adicionar 6 mL de solução tampão com pH 2 ao tubo C do experimento anterior (que continha tampão básico, quinina e éter etílico), espera-se que ocorra uma acidificação do meio, promovendo a **protonação** das aminas presentes na estrutura da quinina. Essa protonação torna a molécula mais **polar**, favorecendo sua solubilidade na **fase aquosa** e diminuindo sua afinidade com a fase orgânica (éter etílico). O objetivo dessa questão é que os estudantes levantem hipóteses. A acidificação do meio fará com que a quinina volte a ficar solúvel na fase aquosa que poderá ser visualizado pela fluorescência da fase aquosa.

Figura 15 - Tubo C
2 fases



Objetivo do experimento:

Observar como o sistema em que a quinina se solubilizou na fase orgânica irá se comportar após a adição de ácido ao sistema.

Materiais Necessários

- Solução de quinina
- Soluções tampão de pH 2 e pH 12
- Água destilada
- Éter etílico
- 3 tubos de ensaio
- Lâmpada de luz negra (UV)

Procedimento: Rotule o tubo como C:

- Tubo C: PH 12 (básico) + éter etílico

Para a preparação do tubo, adicione **2 mL da solução tampão alcalina (pH 12)** no Tubo C, seguido de **2 mL da solução de quinina**. Complete o volume com **3 mL de água destilada** e acrescente **6 mL de éter etílico**. Adicione lentamente **6 mL de solução tampão ácida** ao tubo na presença de luz UV.

Descreva o que você observou em relação à fluorescência da solução durante a adição de tampão ácido:

Durante a adição lenta da solução tampão ácida ao tubo C, sob luz UV, os alunos devem observar uma mudança gradual na fluorescência da solução. Inicialmente, a solução no tubo C não emite fluorescência, mas, ao adicionar a solução ácida, passa a apresentar fluorescência. Sendo que a fluorescência é intensa na fase aquosa próximo a interface entre as soluções.

O que esse resultado revela?

A partir deste experimento espera-se que os estudantes concluam que a adição de tampão ácido irá acidificar o meio aquoso. Isso, fará com que a quinina migre da fase orgânica para a fase aquosa, uma vez que passará a estar majoritariamente protonada (moléculas carregadas positivamente e a substância é mais solúvel em água). Isso explica o motivo da fase aquosa ir aumentando a intensidade de fluorescência a medida em que o meio vai sendo acidificado.

A que conclusões podemos chegar sobre como o pH do meio pode afetar a solubilidade da quinina em meio aquoso e solvente orgânico.

Espera-se que depois de todos os experimentos os alunos concluam que o pH do meio influencia diretamente a solubilidade da quinina em diferentes solventes, devido à mudança no seu estado de protonação. Em meio ácido, a quinina se apresenta protonada, o que aumenta sua polaridade e, conseqüentemente, sua solubilidade em meio aquoso. Nesse estado, ela também exibe fluorescência mais intensa sob luz UV.

Já em meio básico, a quinina se encontra na forma desprotonada, tornando-se menos polar e, portanto, menos solúvel em água. Nessas condições, ela tende a precipitar em fase aquosa, mas se solubilizar preferencialmente na fase orgânica (éter etílico), um solvente apolar. Esse comportamento evidencia como a estrutura química da quinina muda conforme o pH e como essa mudança afeta sua solubilidade em solventes polares ou apolares.

O pH do estômago é significativamente mais ácido do que o pH do intestino. No estômago, o pH varia entre 1,5 e 3,5, enquanto no intestino delgado, o pH aumenta gradualmente de 6,1 (no duodeno) para 7,5 (no íleo terminal). A partir das observações experimentais realizadas e nas informações fornecidas explique se a quinina seria melhor absorvida no estômago ou no intestino. Justifique detalhadamente a sua resposta.

Com base nas observações experimentais, os alunos devem perceber que a quinina apresenta maior solubilidade em meio aquoso **ácido**, como o que é encontrado no estômago. Nessas condições, a quinina se encontra protonada, o que a torna mais hidrossolúvel — uma característica essencial para que um fármaco seja absorvido, já que ele precisa estar dissolvido em meio aquoso para atravessar as barreiras biológicas.

Por outro lado, em meio básico, como o do intestino, a quinina tende a se desprotonar, tornando-se menos polar e menos solúvel em água. Isso foi observado nos experimentos, onde a quinina precipita ou migra para a fase orgânica quando o pH é elevado, o que indica uma menor solubilidade na fase aquosa nesse ambiente.

No entanto, a **absorção efetiva da quinina ocorre no intestino, não no estômago**. Isso pode parecer contraditório à primeira vista, já que sua solubilidade é maior em pH ácido. No entanto, a absorção depende de **múltiplos fatores além da solubilidade**, como: **Área de superfície, tempo de permanência, permeabilidade da membrana**

Assim, mesmo que a quinina seja **mais solúvel no estômago**, sua **forma neutra (menos polar), que predomina no intestino, é mais permeável à membrana plasmática**, favorecendo sua **absorção intestinal**.

AULA 4

Nesta aula, os alunos consolidam a relação entre pH, estrutura química e solubilidade, aplicando esses conceitos à absorção de fármacos. Retome brevemente os resultados experimentais com a quinina: em meio ácido ela fica mais protonada, polar e hidrossolúvel; em meio básico, menos protonada, menos polar e mais solúvel em solventes orgânicos. Isso reforça que o pH altera a forma química e, conseqüentemente, a permeabilidade pelas membranas.

Explique que a absorção de medicamentos depende do equilíbrio entre hidrossolubilidade (para circular nos fluidos corporais) e lipossolubilidade (para atravessar membranas). Introduza apenas o essencial do logP: valores mais altos indicam maior lipossolubilidade, e valores intermediários tendem a favorecer a absorção.

Apresente o caso do AAS, um ácido fraco que alterna entre forma neutra (COOH) e ionizada (COO⁻). No estômago (pH baixo), predomina a forma neutra, com maior lipossolubilidade. No

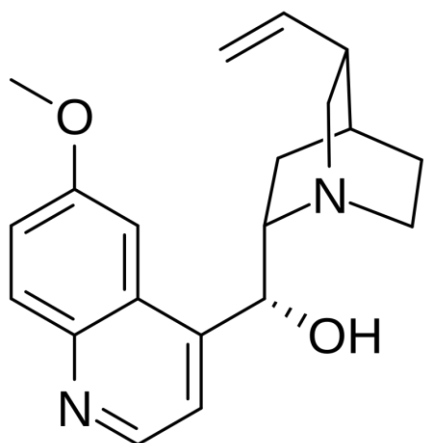
intestino (pH mais alto), predomina a forma ionizada, mais hidrossolúvel, mas ainda absorvida pela grande área e mecanismos próprios do intestino.

Finalize explicando que muitos medicamentos possuem revestimento para controlar onde serão dissolvidos e absorvidos. A atividade final retoma o estudo de caso, permitindo que os alunos utilizem pH, forma química e solubilidade para explicar, de forma integrada, por que abrir cápsulas pode comprometer a ação do medicamento.

COMO O PH E A ESTRUTURA MOLDAM O CAMINHO DOS FÁRMACOS PELO NOSSO ORGANISMO

Ao longo das últimas atividades, vimos como o pH influencia como as moléculas se comportam, alterando seu estado de protonação e, assim, suas propriedades de solubilidade. Estudamos, em especial, a quinina, e como fatores como a polaridade do meio impactam sua solubilidade. Essas descobertas nos ajudam a entender melhor a relação entre a estrutura dos compostos e seu caminho no corpo humano!

Figura 16 - Estrutura da Quinina



Realizamos experimentos para observar a fluorescência da quinina em diferentes solventes (água e éter etílico) e condições de pH (ácido, neutro e básico). Pudemos perceber que a quinina, uma substância com características polares, apresenta maior fluorescência em ambientes aquosos e em condição de pH ácido. Também notamos que a quinina é insolúvel em meio aquoso alcalino. E, ao utilizar dois líquidos imiscíveis, como água e éter, ocorre a formação de duas fases distintas, evidenciando a diferença de polaridade entre os solventes. A quinina que em meio aquoso alcalino forma um precipitado de coloração branca e transferida para a fase

orgânica mediante a agitação, indicando que nesta forma a quinina é solúvel em éter dietílico. Essas observações são fundamentais para entendermos como a estrutura das moléculas — ou seja, o tipo de átomos e ligações presentes e o ambiente químico (como o pH) podem modificar sua solubilidade.

A quinina é uma molécula orgânica que contém grupos funcionais, como aminas, que podem ganhar ou perder prótons (H^+) dependendo do pH do meio.

Em meio ácido (pH baixo):

As aminas da estrutura da quinina tendem a se protonar, ou seja, recebem um próton (H^+) do meio ácido e passam a ter carga positiva. Essa protonação aumenta a polaridade da molécula, tornando-a mais hidrossolúvel (mais solúvel em água).

Em meio neutro ou básico (pH mais alto):

A quinina permanece em sua forma neutra ou desprotonada, sendo menos polar e mais lipossolúvel (mais solúvel em solventes orgânicos). Por isso que ela precipita no meio aquoso alcalino.

Como vimos, as células controlam a entrada e saída de substâncias por meio da membrana plasmática, que permite a passagem seletiva de moléculas, dependendo da sua solubilidade em lipídios ou em água. Esse mesmo princípio é essencial na absorção dos medicamentos pelo organismo. Para que um fármaco consiga atravessar as membranas biológicas e chegar à corrente sanguínea, ele precisa equilibrar suas características de **lipossolubilidade** e **hidrossolubilidade**.

A **lipossolubilidade** refere-se a capacidade de uma substância de se solubilizar em uma fase oleosa, ou a capacidade de se solubilizar em lipídeos, com isso espera-se que quanto maior for essa lipossolubilidade, mais facilmente o fármaco atravessa a membrana. A **hidrossolubilidade** seria a capacidade de uma substância em se dissolver em meio aquoso. Para permear facilmente pela membrana um fármaco deve ser lipossolúvel, mas para ser absorvido o fármaco deve estar dissolvido em algum fluido corpóreo, logo ele deve ser hidrossolúvel também. No entanto, um fármaco com alta lipossolubilidade possui baixa hidrossolubilidade (abaixo será mostrado o que é alto e baixo), o que pode-se perceber é que a mesma molécula deva possuir características que podem ser opostas entre si, isso é possível devido aos fármacos serem eletrólitos fracos (base ou ácido), assim, a depender do pH do meio, pode-se encontrar o fármaco em sua forma ionizada (hidrossolúvel) ou não-ionizada (lipossolúvel).

Uma forma de se mensurar essa relação entre a lipossolubilidade e hidrossolubilidade é por meio do coeficiente de partição octanol/água (P). Este coeficiente indica a tendência preferencial do fármaco se dissolver em uma fase orgânica ou aquosa. O logaritmo desse coeficiente é chamado de logP.

APRENDENDO NOVOS CONCEITOS...

O coeficiente de partição octanol/água (P) é definido como a razão entre a concentração de uma substância dissolvida em octanol (fase orgânica, representando o meio lipofílico) e sua concentração em água (fase aquosa, representando o meio hidrofílico), quando o sistema atinge o equilíbrio.

$$p = \frac{[Substância]_{octanol}}{[Substância]_{água}}$$

Como os valores de **P** podem variar bastante (de números muito pequenos a muito grandes), usamos o **logaritmo decimal** para facilitar a análise.

Se o **log P = 0**, isso significa que o composto tem a **mesma afinidade** tanto pela fase oleosa (lipídica) quanto pela fase aquosa (água). Em outras palavras, ele se dissolve igualmente nos dois meios.

Se o log P < 0, a substância apresenta **maior solubilidade no meio aquoso**, ou seja, **sua concentração é maior na fase aquosa** do que na fase lipídica. Isso indica **maior hidrossolubilidade**.

Se o log P > 0, a substância apresenta **maior solubilidade na fase orgânica**, o que significa que **sua concentração é maior no meio lipofílico** do que no aquoso. Isso indica **maior lipossolubilidade**.

É importante destacar que o **logP** não é apenas um conceito teórico. Esse parâmetro é amplamente utilizado por químicos medicinais no desenvolvimento e planejamento de novos fármacos. Ao avaliar o logP de uma molécula, os pesquisadores conseguem prever se um composto terá boa **permeabilidade pelas membranas** e, ao mesmo tempo, **solubilidade**. Isso é essencial para garantir que o medicamento chegue ao local de ação em quantidade adequada e exerça seu efeito terapêutico com segurança.

Quanto maior o valor de logP mais hidrofóbico e lipossolúvel será o fármaco. Esse valor de logP pode variar de -3 a 7, no entanto, o valor ideal para fármacos fica entre 2 a 5, isso porque valores abaixo desse limite dificultam a permeação pela membrana plasmática, enquanto que fármaco com logP maior que 5 podem ficar retidos na membrana, devido a sua alta lipossolubilidade.

Até aqui, você investigou como a **estrutura química dos compostos** e o **pH do meio** influenciam na **solubilidade** e na **absorção dos medicamentos**.

Agora, vamos analisar um caso real muito conhecido: o **ácido acetilsalicílico** (presente no medicamento aspirina).

Esse exemplo vai ajudar a consolidar tudo que estudamos, mostrando como o pH e a estrutura química de um fármaco afetam sua passagem pelas membranas do corpo.

Trabalhando em grupo:

Leia o texto do Livro Química na abordagem do cotidiano, com atenção e prepare-se para colocar em prática seus conhecimentos!

A INDESEJÁVEL ABSORÇÃO ESTOMACAL DO ÁCIDO ACETILSALICÍLICO

O ácido acetilsalicílico, vendido com diversos nomes comerciais, é uma substância de caráter ácido. Sua fórmula molecular é C_9H_8O e sua constante de ionização ácida vale $K_a = 3 \times 10^{-4}$.

em água sofre o seguinte equilíbrio:



Dentro do estômago (meio ácido), a concentração de H^+ é elevada, o que desloca o equilíbrio para a esquerda, facilitando a absorção do medicamento. Do outro lado da membrana a concentração de H^+ é pequena e o equilíbrio é deslocado para a direita, dificultando a volta para o estômago.

Assim ocorre uma pequena absorção de medicamento pela parede do estômago.

Na verdade, a ação terapêutica do ácido acetilsalicílico está ligada a sua absorção pelo intestino, e não pelo estômago. É no intestino que a maior parte dele é absorvida e a seguir, distribuída pela corrente sanguínea ao organismo, onde irá atuar como analgésico ou antitérmico.

A absorção Estomacal do ácido acetilsalicílico (que ocorre pelo processo que acabamos de descrever) causa alguns efeitos colaterais indesejáveis, tais como irritação gástrica, pequenos sangramentos e até mesmo ulcerações na parede do estômago no caso de pacientes mais sensíveis e/ou altas doses do produto

Qual a relação entre o pH do meio (estômago e intestino) e a forma química do ácido acetilsalicílico? Desenhe as estruturas químicas.

O professor deve conduzir os alunos à compreensão de que o ácido acetilsalicílico é um **ácido fraco**, que sofre um **equilíbrio de ionização** em meio aquoso:

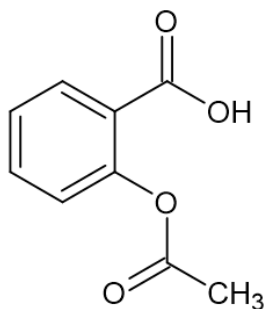
Ácido acetilsalicílico $\rightleftharpoons$ Ânion (forma ionizada) + H^+

- **Em meio ácido (como o estômago, pH entre 1,5 e 3,5):** a alta concentração de H^+ desloca o equilíbrio para a **forma molecular não ionizada** (neutra). Essa forma é **mais lipossolúvel**, o que facilita sua **passagem pelas membranas biológicas**. Assim, mesmo que essa absorção seja pequena, ela ocorre.
- **Em meio mais básico (como o intestino, pH entre 6,1 e 7,5):** a concentração de H^+ é menor, então o equilíbrio se desloca para a formação do **ânion (forma ionizada)**. Esta forma é **mais hidrossolúvel**, permanecendo dissolvida no meio aquoso e **dificultando a travessia da membrana lipídica**. Por outro lado, por estar em solução, ela é **mais prontamente absorvida por transportadores específicos ou em regiões com maior área de absorção**, como o intestino.

O professor pode apresentar ou pedir aos alunos um esboço simplificado das estruturas:

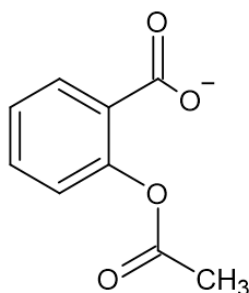
- Estrutura **não ionizada**: ácido acetilsalicílico intacto (com o grupo $-COOH$).

Figura 17 - Estrutura do ácido acetilsalicílico não ionizada



- Estrutura **ionizada**: o grupo carboxila do ácido perde um próton ($-\text{COO}^-$).

Figura 18 - Estrutura do ácido acetilsalicílico ionizado



Por que a forma neutra do ácido atravessa mais facilmente a membrana enquanto a forma carregada (ânion) atravessa com mais dificuldade? Explique detalhadamente.

Nesta pergunta, espera-se que os alunos compreendam a relação entre a estrutura química das moléculas e sua capacidade de atravessar a membrana plasmática. A forma **neutra** do ácido acetilsalicílico é **menos polar e mais lipossolúvel**, o que facilita sua passagem na bicamada lipídica da membrana. Já o **ânion é mais polar e hidrossolúvel**, tendo mais dificuldade em atravessar a região apolar da membrana.

O comportamento da solubilidade em diferentes pH do ácido acetilsalicílico é semelhante ou diferente da quinina? Justifique detalhadamente sua resposta com base nas estruturas químicas destes compostos.

Os alunos devem compreender que o comportamento da solubilidade em diferentes valores de pH do ácido acetilsalicílico e da quinina é semelhante no sentido de que ambos os compostos sofrem alterações de solubilidade de acordo com o pH do meio. No entanto, os **processos envolvidos** são distintos devido às diferenças em suas estruturas químicas.

A quinina é uma base fraca e possui grupos amina que, em meio ácido, tendem a se protonar, formando uma espécie carregada positivamente. Essa forma protonada é mais polar e, portanto, mais solúvel em água (hidrossolúvel). Em pH básico, essas aminas perdem o próton, tornando a molécula menos polar e mais solúvel em solventes orgânicos (lipossolúvel). Por isso, a quinina apresenta maior solubilidade em meio ácido e menor em meio básico, onde tende inclusive a precipitar.

Já o ácido acetilsalicílico é um ácido fraco que, em meio básico, perde um próton (H^+) e forma um ânion (salicilato), que é uma espécie carregada negativamente e mais solúvel em água. Em meio ácido, ele permanece em sua forma neutra, que é menos polar e mais lipossolúvel, facilitando sua absorção pelas membranas celulares.

Portanto, ainda que tanto a quinina quanto o ácido acetilsalicílico apresentem solubilidade dependente do pH, o comportamento de cada um é oposto: enquanto a quinina é mais solúvel em água em meio ácido, o ácido acetilsalicílico é mais solúvel em água em meio básico.

Estômago e Intestino: Funções Essenciais na Absorção de Fármacos

O estômago e o intestino desempenham papéis distintos e complementares na digestão e absorção de medicamentos. Ao ingerir um medicamento por via oral, ele percorre o esôfago até chegar ao estômago, onde encontra um ambiente altamente ácido. Essa acidez pode iniciar a dissolução de certos medicamentos, mas, na maioria dos casos, a absorção efetiva dos princípios ativos ocorre no intestino delgado, que possui um ambiente menos ácido e é revestido, o que aumenta a superfície de absorção.

O intestino delgado é, portanto, o principal local de absorção dos medicamentos, permitindo que os princípios ativos entrem na corrente sanguínea e exerçam seus efeitos terapêuticos. Para proteger os medicamentos da acidez estomacal e garantir sua liberação no local apropriado, muitas cápsulas possuem revestimentos especiais que resistem ao ambiente ácido do estômago e se dissolvem apenas no intestino.

E agora, o que você responderia?

Durante um final de semana, o primo de Clara, Lucas, de 16 anos, veio visitá-la. Depois de um dia de muitas brincadeiras e conversas, Clara sentiu uma dor de cabeça e foi até a cozinha para tomar um medicamento. Lucas, curioso, observou enquanto ela pegava uma cápsula e um copo d'água.

Figura 19 Clara ensinando Lucas motivo de não abrir a capsula



— Nossa! — exclamou Lucas. — Meu pai sempre abre a cápsula e mistura o pó na água antes de tomar. Fica mais fácil de engolir. Isso não tem problema, né?

Figura 20- Lucas lembrando que o pai sempre abre as capsulas



Clara, já segurando o comprimido, parou por um momento, surpresa com a afirmação do primo. Ela lembrou imediatamente de tudo que aprendeu nas aulas de Química, especialmente sobre a absorção dos medicamentos no organismo.

— Espera aí, Lucas... eu aprendi que abrir a cápsula pode alterar a forma como o medicamento age...

Proposta para os alunos (atividade):

Agora é sua vez! Imagine que você é Clara e precisa explicar para o seu primo por que não devemos abrir as cápsulas dos medicamentos.

Em um pequeno texto, explique para Lucas:

- O que você aprendeu sobre a absorção de medicamentos (no estômago ou no intestino)
- O papel das cápsulas em proteger o medicamento até chegar ao local certo
- O que pode acontecer se o medicamento for exposto ao ambiente errado do corpo

Nesta parte, o professor deve instruir os estudantes a colocar no texto informações trabalhadas tanto no texto inicial, **por exemplo**, as capsulas protegem medicamentos para não serem **destruídos** pelo ácido do estômago. **Além disso**, devem incluir em sua discussão aspectos associados a absorção dos fármacos, fato este que pode depender da relação entre o pH e a estrutura química. Ou seja, eles devem levar em consideração, tanto o que aprenderam nas discussões iniciais quanto o que viram nas atividades experimentais.

Referências:

- Superinteressante. **O que acontece com os remédios no estômago**. Disponível em: Superinteressante. Acesso em: 21 maio 2025.
- Manual MSD. **Absorção de Fármacos**. Disponível em: Manual MSD. Acesso em: 21 maio 2025.
- G1. **Conheça a quina: planta medicinal que inspirou a hidroxicloroquina**. Disponível em: G1. Acesso em: 21 maio 2025.
- Mozzer, N. B., & Justi, R. (2015). **"Nem tudo que reluz é ouro": Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências**. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 15(1), 123-147.
- Martins, D. M., Mozzer, N. B., & Caetano, M. S. (2019). **A compreensão do processo de interação fármaco-enzima na crítica e elaboração de analogias durante uma sequência de ensino fundamentada na modelagem**. *XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (XII ENPEC)*, Natal, RN
- Le Couteur, P., & Bureson, J. (2006). **Os Botões de Napoleão: As 17 Moléculas que Mudaram a História**. São Paulo: Zahar.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
LICENCIATURA EM QUÍMICA
Colegiado de Química – ICEX – UFMG

MATERIAL DO ALUNO

**ENTRE CÁPSULAS E CONCEITOS: Uma Sequência Investigativa para o Ensino de
Química Medicinal no Ensino Médio**

Belo Horizonte
2025

Caro Aluno, neste material você encontrará uma jornada investigativa pelo mundo da Química Medicinal! Neste material, você terá a oportunidade de explorar, de maneira prática e investigativa, como a estrutura química dos fármacos influencia sua absorção e eficácia no organismo. Vamos aprender juntos, questionar, experimentar e descobrir como esses conceitos se aplicam à nossa realidade.

AULA I - DISCUTINDO A SITUAÇÃO...

Já pensou sobre como os medicamentos são essenciais em nossas vidas e o impacto que eles têm no funcionamento do nosso organismo? Na atividade a seguir, vamos explorar um caso que nos ajudará a refletir e compreender mais sobre esse tema, mas antes vamos responder algumas perguntas.

- 1. Por que os medicamentos são tão importantes para a nossa saúde e qualidade de vida?**

- 2. Quais são os principais motivos que já te levaram a utilizar medicamentos?**

- 3. Quais são os riscos associados à automedicação e como podemos evitá-los?**

4. Quais fatores podem influenciar a eficácia de um medicamento no organismo?

Mistérios das Cápsulas: Uma Investigação de Clara e Pedro

Clara, uma jovem de 20 anos, estudante de Química, está no início da faculdade, mas sempre fora fascinada pelo mundo da ciência. Com sua mente inquisitiva e sede de conhecimento, ela passava horas explorando livros e documentários, sempre buscando desvendar os mistérios do universo. Seu irmão mais novo, de 12 anos, compartilhava da mesma curiosidade. Com seus olhos brilhantes e perguntas incessantes, ele desafiava Clara a ir além, a investigar e aprender ainda mais.

Morando com seus pais em uma cidadezinha pacata do interior, os irmãos transformavam a rotina tranquila em aventuras científicas. A pacata paisagem do interior era o cenário perfeito para suas explorações e descobertas. Certo dia, durante o jantar, Pedro notou que Clara, com uma expressão de desconforto, tomava um comprimido para dor de cabeça. Observando sua irmã lutar para engolir a cápsula, Pedro, com sua inocência e curiosidade características, perguntou:

– Clara, por que você não abre a cápsula e mistura o pó na água? Assim seria mais fácil de tomar, não é?

Clara, surpresa com a pergunta, ponderou por um momento.

Figura 1- Pedro sugerindo para Clara abrir a capsula



Fonte: Elaborado pelo autor com suporte do ChatGPT (OpenAI, 2025).

– Sabe, Pedro, nunca parei para pensar nisso. Deve ter algum motivo, mas nunca vi ninguém fazer isso.

Pedro, com um encolher de ombros e um sorriso travesso, viu a oportunidade de uma nova aventura.

– Se você não sabe, então temos um novo mistério para desvendar!

Clara, contagiada pelo entusiasmo do irmão, lembrou-se de um medicamento antigo guardado no armário.

– Que tal usarmos aquele remédio antigo para testar? – sugeriu, com um brilho nos olhos.

– Vamos abrir uma cápsula e dissolver na água para ver o que acontece! – Pedro exclamou, animado.

No entanto, antes de iniciarem o experimento, Clara hesitou. A prudência falou mais alto.

Figura 2 - Clara alertando Pedro sobre o perigo



Fonte: Elaborado pelo autor com suporte do ChatGPT (OpenAI, 2025).

– Espere um pouco, Pedro. Acho melhor pesquisarmos antes. Pode ser perigoso.

No dia seguinte, Clara, levando a questão para sua aula de química, compartilhou a curiosidade com sua professora. A professora, intrigada com a pergunta e admirada pela iniciativa da aluna, viu uma excelente oportunidade de aprendizado.

Figura 3 - Clara conversando com a professora



Fonte: Elaborado pelo autor com suporte do ChatGPT (OpenAI, 2025).

– Clara, essa é uma pergunta brilhante! Existem muitos motivos pelos quais as cápsulas são projetadas dessa forma. Vamos investigar juntas!

Na sua opinião, por que não devemos abrir as cápsulas dos medicamentos antes de tomar? O que você acha que pode acontecer se fizermos isso?

Com a orientação da professora, Clara e seus colegas embarcaram em uma jornada de descobertas. Aprenderam que as cápsulas são projetadas para proteger o medicamento de fatores externos, como a umidade e o ácido do estômago, garantindo que ele seja liberado no local correto do sistema digestório. Descobriram que alguns fármacos são absorvidos no estômago, enquanto outros são absorvidos no intestino, e que abrir a cápsula poderia interferir nesse processo, comprometendo a eficácia do medicamento, degradando-o antes da absorção ou até mesmo causando efeitos colaterais.

Após a investigação, Clara, com a compreensão mais profunda, explicou ao irmão:

– Pedro, as cápsulas são como pequenas máquinas. Elas garantem que o medicamento chegue ao lugar certo, na dose certa e no momento certo para funcionar corretamente. Se abirmos a cápsula, perdemos todo esse controle.

Pedro, com um sorriso de satisfação, aprendeu a lição.

– Então, se eu precisar tomar um remédio, vou engolir a cápsula inteira!

E assim, os irmãos, através de sua curiosidade e sede de conhecimento, aprenderam mais uma lição valiosa sobre ciência e segurança. A aventura científica não apenas desvendou um mistério, mas também reforçou a importância do conhecimento e da prudência.

Mas, afinal, por que alguns fármacos são absorvidos no intestino, enquanto outros são absorvidos no estômago?

Agora é a sua vez de investigar!

- **Quais órgãos vocês acreditam que participam da absorção dos medicamentos?**

- **De que forma a composição química de um fármaco pode influenciar sua absorção pelo corpo?**

- **Por que alguns medicamentos são recomendados para serem ingeridos com água, enquanto outros podem ser aplicados diretamente na pele ou administrados por injeção?**

AULA 2 -

A Portaria Celular: Proteção e Controle no Transporte de Substâncias

Imagine uma membrana plasmática como a portaria de um prédio sofisticado e bem protegido. Assim como o porteiro controla quem entra e quem sai, a membrana plasmática seleciona cuidadosamente as substâncias que podem atravessar para o interior da célula. Essa função é fundamental para o bom funcionamento do organismo, garantindo que apenas moléculas essenciais entrem e saiam no momento certo.

A membrana possui proteínas receptoras que reconhecem substâncias específicas, como hormônios e nutrientes. A molécula só consegue interagir com a célula se encontrar o receptor correspondente. Por exemplo, um hormônio que estimula a tireoide não pode se ligar a células do ovário, pois essas não possuem o receptor adequado.

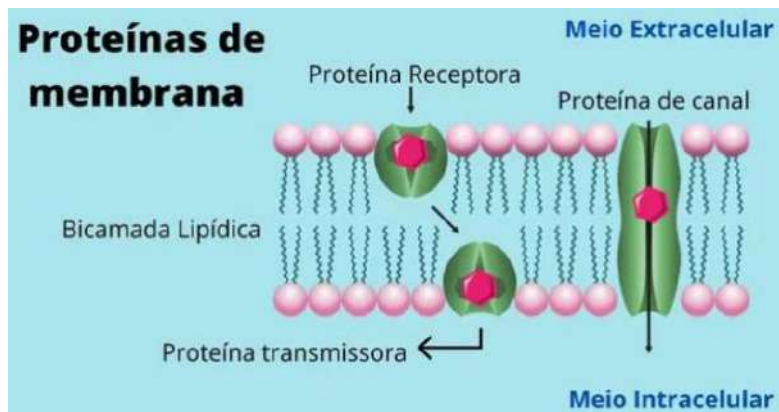
Na portaria de um prédio, há regras específicas: moradores, visitantes e autorizados entram livremente, enquanto desconhecidos ou indesejados são bloqueados. Da mesma forma, a membrana plasmática permite que algumas substâncias atravessem facilmente, enquanto outras são barradas. Esse controle é chamado de permeabilidade seletiva. Sendo que, as substâncias podem entrar em uma célula com o auxílio de proteínas que facilitem a passagem (chamadas de proteínas transportadoras) ou atravessando diretamente a membrana formada pela bicamada lipídica.

No contexto das substâncias atravessando a bicamada lipídica, moléculas apolares (como gases e hormônios lipossolúveis) passam facilmente pela membrana, pois a bicamada lipídica é mais permeável a substâncias apolares e hidrofóbicas. Por outro lado, as moléculas polares (como água, glicose e íons) encontram dificuldades em atravessar diretamente a membrana, necessitando de proteínas especializadas para seu transporte.

Figura 4 - Pedro



Figura 5 - Representação esquemática das proteínas de membrana



Fonte: TODA MATÉRIA. O que é membrana plasmática?

Pensando no texto:

Muito bem, pessoal! Agora que todos leram o texto sobre a Portaria Celular, vamos conversar um pouco sobre essa comparação que fizemos com a membrana plasmática. **Lembrem-se que o objetivo de uma analogia é nos ajudar a entender algo novo e complexo comparando com algo que já conhecemos.**

Primeiro, vamos identificar os pontos em comum, **onde a portaria do prédio se assemelha com a membrana plasmática e suas funções.** Quem gostaria de começar a compartilhar alguma semelhança que percebeu?

Essas questões podem ser discutidas de forma oral, sem a necessidade de que os estudantes escrevam suas respostas. A ideia é fazer uma discussão geral para facilitar o preenchimento do quadro de mapeamento da analogia.

- **Qual seria o papel da portaria no controle de acesso ao prédio e como isso se relaciona com o funcionamento da membrana plasmática?**

- E o porteiro, qual função importante ele desempenha que se assemelha ao que acontece na membrana?

- O texto menciona regras específicas para quem pode entrar no prédio. Existe algo parecido na membrana plasmática?

Agora que discutimos as semelhanças, vamos organizar essas ideias em um quadro de mapeamento:

Quadro 1- Quadro de mapeamento de analogias

Análogo (A Portaria do prédio: Proteção e Controle na entrada de pessoas)	Mapeamento	Domínio Alvo (Membrana Plasmática e Transporte de Substâncias)
Limitações		

Fonte: Elaboração própria com base em Mozzer e Justi (2015) e Martins et al. (2019)

Vimos no texto que algumas substâncias têm uma maior facilidade de atravessar membranas, pois possuem características específicas. A membrana plasmática é composta por uma **bicamada lipídica** que favorece a passagem de moléculas apolares e moléculas polares pequenas e sem carga, enquanto substâncias polares ou carregadas enfrentam maior dificuldade de permeação. Outra informação interessante que pode ser mencionada é que o estômago tem o pH ácido (colocar o valor aproximado) enquanto o intestino tem pH alcalino.

Como podemos fazer um experimento para avaliar se um fármaco seria melhor absorvido no intestino ou no estômago?

- Entendemos que a interação entre moléculas polares e apolares influencia a passagem de substâncias pela membrana. Como um experimento poderia demonstrar a preferência de solubilidade de um fármaco em meios com diferentes propriedades químicas?

- Como podemos alterar a fase aquosa para simular o que acontece no estômago?

- Como podemos alterar a fase aquosa para simular o que acontece no intestino?

AULA 3

Experimentos

Figura 6 - Clara



Nesta fase, você colocará em prática sua curiosidade científica. Até agora, discutimos conceitos importantes: membranas, polaridade, pH, solubilidade. Mas e se investigássemos através de experimentos como esses fatores influenciam o comportamento da absorção de um fármaco?

Para os experimentos desta atividade, utilizaremos a **quinina**, um composto naturalmente presente na casca da árvore quina-quina. Historicamente, a quinina foi amplamente usada no combate à malária e ainda hoje é encontrada em pequenas quantidades em bebidas como a água tônica.

Uma planta nativa da Cordilheira dos Andes e da Bacia Amazônica está ligada à origem de alguns dos medicamentos mais comentados durante a pandemia brasileira: a cloroquina e a hidroxicloroquina.

Utilizada por comunidades rurais e amazônicas no combate à malária, foi através dessa eficácia que, reza a lenda, deu-se a origem de seu nome. Uma história conta que em 1638 uma condessa espanhola em viagem ao Peru foi curada da doença a partir do uso da casca dessa árvore por indígenas locais e a chamou de “Cinchona”, um apelido em homenagem ao seu município de origem, Chinchón. Daí derivou-se o nome científico da planta. Fato é que, poucos anos depois, seu uso medicinal já era dominado pelos europeus que foram apresentados à quina pelas descobertas jesuíticas. Quase 200 anos desde a lenda, ela se tornou item indispensável nas farmácias inglesas e a fama da planta foi tão difundida que, até o século XIX, ela era o tratamento mais usado no mundo contra a malária e uma alternativa constantemente aplicada em casos de febre, indigestão e dores de garganta.

Figura 7 - Quina-Quina



Preparação Solução de Quinina:

1. Pesagem da substância:

Pese uma **massa de 60 mg** de quinina utilizando uma balança analítica.

2. Dissolução inicial:

Transfira a quinina para um béquer contendo **50 mL de água**.

3. Agitação da mistura:

Deixe a solução sob **agitação constante por 20 minutos** para favorecer a dissolução da quinina na água.

4. Filtração da solução:

Após a agitação, **filtre a solução** utilizando funil e papel de filtro para remover partículas não dissolvidas.

5. Proteção da solução:

Cubra o frasco com papel alumínio para proteger a quinina da luz, pois é uma substância fotossensível.

Experimento 1 – Vamos observar o fenômeno da fluorescência?

Objetivo do experimento:

Observar o fenômeno de fluorescência de substâncias na presença de luz ultravioleta.

Materiais Necessários:

- Solução aquosa de quinina
- Água destilada
- Éter etílico
- Luz ultravioleta (luz negra)
- 3 tubos de ensaio transparentes ou béqueres pequenos
- Etiquetas e caneta para identificação

Objetivos:

Este experimento tem como objetivo observar e comparar o comportamento de substâncias na presença de luz ultravioleta (UV), destacando o fenômeno da fluorescência, mostrando que nem todas as substâncias reagem da mesma forma à radiação UV: enquanto algumas permanecem inalteradas, outras, como a quinina, absorvem a energia da luz UV e reemitem parte dessa energia como luz visível, um fenômeno característico da fluorescência.

Procedimento:

Rotule os tubos como A, B e C:

- **Tubo A:** água destilada
- **Tubo B:** éter etílico
- **Tubo C:** Solução aquosa de quinina

Coloque volumes iguais de cada líquido nos respectivos tubos de ensaio e leve-os para a luz ultravioleta em um ambiente escuro.

Descreva o que você observou nos tubos A, B e C.

No experimento de observação da fluorescência, os alunos utilizarão três tubos de ensaio com diferentes conteúdos: água destilada (**Tubo A**), éter etílico (**Tubo B**) e uma solução aquosa de quinina (**Tubo C**), que foi preparada pelo professor, conforme descrito acima. O professor pode orientar os estudantes a observarem cada tubo sob luz UV e registrarem as diferenças perceptíveis.

O **Tubo A**, contendo apenas água destilada, não deve apresentar fluorescência. O mesmo ocorre com o **Tubo B**, que contém somente éter etílico. Nenhum desses líquidos possui compostos capazes de emitir luz visível sob radiação ultravioleta. Já o **Tubo C**, que contém a solução de quinina, deve apresentar fluorescência de coloração azulada sob a luz UV.

A fluorescência é um fenômeno no qual um material absorve energia luminosa (geralmente na forma de luz ultravioleta) e, em seguida, reemite essa energia na forma de luz visível. Esse processo ocorre quando elétrons de um material são excitados a um nível de energia superior e, ao retornar ao seu estado original, liberam a energia na

forma de luz. Com base em suas observações dos tubos A, B e C, podemos inferir que o fenômeno da fluorescência ocorreu em algum deles? Justifique.

Caso tenha observado o fenômeno da fluorescência em algum dos tubos a que substância presente podemos atribuir essa propriedade? Justifique.

Experimento 2: Influência do pH na Fluorescência da Quinina

Objetivo do experimento:

Investigar como o pH do meio afeta a fluorescência da quinina, utilizando soluções tampão de diferentes pH (ácido, neutro e básico) e observando as mudanças visuais sob luz ultravioleta (luz negra).

Materiais Necessários

- Água destilada
- Solução de quinina
- Soluções tampão de pH 2 (ácido), pH 7 (neutro) e pH 12 (básico)
- Tubos de ensaio (3 unidades)
- Luz negra (UV)

Procedimento:

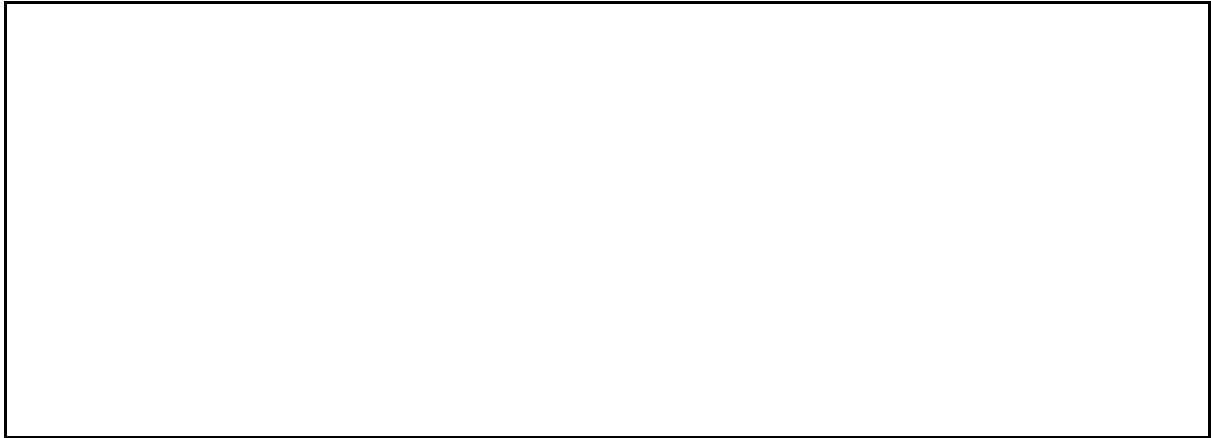
- ☐ Rotule os tubos como A, B e C:
- ☐ **Tubo A:** PH 2 (ácido)
- ☐ **Tubo B:** PH 7 (neutro)
- ☐ **Tubo C:** PH 12 (básico)

Adicione **2 mL da solução tampão** correspondente a cada tubo, em seguida, acrescente **2 mL da solução de quinina**. Adicione **1 mL de água destilada**. Misture bem utilizando um bastão de vidro.

Descreva o que você observou nos tubos A, B e C:

A quinina tem a mesma solubilidade independente do pH? Com base em suas observações é possível afirmar que o pH pode afetar a solubilidade da quinina? Justifique.

Proponha um desenho, comparando os tubos A e C, para explicar no nível submicroscópico (partículas) o que está acontecendo.



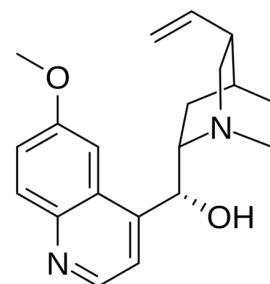
Leve os tubos para um ambiente escuro e ilumine-os com luz negra (UV).

Descreva o que você observou nos tubos A, B e C após a incidência de luz UV. A quinina apresentou fluorescência nos três tubos?

O que pode estar interferindo na intensidade da fluorescência da quinina?

Tanto na presença quanto na ausência de luz UV, o tubo C tem um comportamento diferente dos tubos A e B. Sabemos que o que está variando é o pH. Observe a estrutura química da quinina representada abaixo. Essa estrutura pode ser afetada pelo pH do meio em que ela se encontra? Justifique.

Figura 8 - Estrutura da Quinina



Discutimos anteriormente que as membranas plasmáticas devido à presença da bicamada lipídica tendem a ser mais permeáveis a substâncias apolares. Isso ocorre porque a membrana é composta principalmente por fosfolipídios, que possuem uma parte polar (hidrofílica) e uma parte apolar (hidrofóbica). As partes apolares dos fosfolipídios, que formam a região central da membrana dificultam a passagem de substâncias polares. Discutimos também que uma forma de simular a interação de compostos com a membrana é através da utilização de solventes orgânicos.

Com base nessas informações, levante hipóteses do que você esperaria observar caso 6 mL de éter etílico (solvente apolar) fosse adicionado a cada um dos três tubos do experimento acima:

Por qual motivo o que você descreveu iria ocorrer?

Atividade Experimental 3: Vamos adicionar solvente orgânico e ver o que acontece?

Objetivo do experimento:

Observar como os sistemas ácido, neutro e básico irão se comportar ao adicionar éter etílico.

Materiais Necessários

- Solução de quinina
- Soluções tampão de pH 2, pH 7 e pH 12
- Água destilada
- Éter etílico
- 3 tubos de ensaio
- Lâmpada de luz negra (UV)

Procedimento: Rotule os tubos como A, B e C:

- **Tubo A:** PH 2 (ácido) + éter etílico
- **Tubo B:** PH 7 (neutro) + éter etílico
- **Tubo C:** PH 12 (básico) + éter etílico

Para a preparação dos tubos, adicione **2 mL da solução tampão ácida (pH 2)** no Tubo A, seguido de **2 mL da solução de quinina**. Complete o volume com **3 mL de água destilada** e acrescente **6 mL de éter etílico**. Para o Tubo B (pH 7), repita o mesmo procedimento utilizando a solução tampão neutra. No Tubo C (pH 12), siga o mesmo processo, substituindo pela solução tampão básica.

Descreva o que você observou no tubo A:

A mistura de solução aquosa com o solvente orgânico éter etílico é uma mistura homogênea ou heterogênea? Justifique.

Agite o tubo 3 por 5 minutos (cuidado para não derramar).

Descreva o que você observou no tubo 3 após agitar a solução. Houve mudança em relação à turbidez da fase aquosa?

Antes de agitar o tubo 3 era uma mistura heterogênea composta formada por quantas fases? Após a agitação, quantas fases são observadas? O que isso significa?

Em relação ao que você observou nos tubos A, B e C o quê é possível afirmar sobre a solubilidade da quinina no éter etílico com a solução aquosa nos diferentes valores de pH?

A quinina é solúvel ou insolúvel em éter etílico em pH ácido?

Leve os três tubos (A, B e C) para a luz UV e observe.

Descreva o que você observou em relação à fluorescência nos tubos A, B e C.

O que há de diferente na aparência das soluções entre o experimento 2 e o experimento 3?

A partir dessas novas observações, o quê é possível afirmar sobre a solubilidade da quinina no éter etílico com a solução aquosa nos diferentes valores de pH?

Com base na estrutura química da quinina apresentada anteriormente, explique as razões que justifiquem sua diferença de solubilidade nos meios aquosos e orgânicos para os diferentes valores de pH.

Atividade Experimental 4: Vamos adicionar tampão ácido e ver o que acontece?

Após agitarmos o tubo C notamos que a fase aquosa deixa de ficar turva. Isso pode ser um indício de que o composto, insolúvel na fase aquosa se solubilizou na fase orgânica. Mas e se adicionarmos ácido, o que irá ocorrer?

Descreva o que você esperaria observar após a adição de 6 mL de tampão pH 2 ao tubo C do experimento anterior. Justifique.

Objetivo do experimento:

Observar como o sistema em que a quinina se solubilizou na fase orgânica irá se comportar após a adição de ácido ao sistema.

Materiais Necessários

- Solução de quinina
- Soluções tampão de pH 2 e pH 12
- Água destilada
- Éter etílico
- 3 tubos de ensaio
- Lâmpada de luz negra (UV)

Procedimento: Rotule o tubo como C:

- **Tubo C: PH 12 (básico) + éter etílico**

Para a preparação do tubo, adicione **2 mL da solução tampão alcalina (pH 12)** no Tubo C, seguido de **2 mL da solução de quinina**. Complete o volume com **3 mL de água destilada** e acrescente **6 mL de éter etílico**. Adicione lentamente **6 mL de solução tampão ácida** ao tubo na presença de luz UV.

Descreva o que você observou em relação à fluorescência da solução durante a adição de tampão ácido:

O que esse resultado revela?

A que conclusões podemos chegar sobre como o pH do meio pode afetar a solubilidade da quinina em meio aquoso e solvente orgânico.

O pH do estômago é significativamente mais ácido do que o pH do intestino. No estômago, o pH varia entre 1,5 e 3,5, enquanto no intestino delgado, o pH aumenta gradualmente de 6,1 (no duodeno) para 7,5 (no íleo terminal). A partir das observações experimentais realizadas e nas informações fornecidas explique se a quinina seria melhor absorvida no estômago ou no intestino. Justifique detalhadamente a sua resposta.

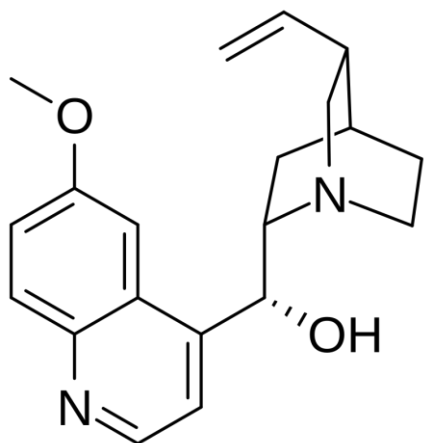
ATIVIDADE 4-

COMO O PH E A ESTRUTURA MOLDAM O CAMINHO DOS FÁRMACOS PELO NOSSO ORGANISMO

Ao longo das últimas atividades, vimos como o pH influencia como as moléculas se comportam, alterando seu estado de protonação e, assim, suas propriedades de solubilidade. Estudamos, em especial, a quinina, e como fatores como a polaridade do meio impactam sua

solubilidade. Essas descobertas nos ajudam a entender melhor a relação entre a estrutura dos compostos e seu caminho no corpo humano!

Figura 9 - Estrutura da Quinina



Realizamos experimentos para observar a fluorescência da quinina em diferentes solventes (água e éter etílico) e condições de pH (ácido, neutro e básico). Pudemos perceber que a quinina, uma substância com características polares, apresenta maior fluorescência em ambientes aquosos e em condição de pH ácido. Também notamos que a quinina é insolúvel em meio aquoso alcalino. E, ao utilizar dois líquidos imiscíveis, como água e éter, ocorre a formação de duas fases distintas, evidenciando a diferença de polaridade entre os solventes. A quinina que em meio aquoso alcalino forma um precipitado de coloração branca e transferida para a fase

orgânica mediante a agitação, indicando que nesta forma a quinina é solúvel em éter dietílico. Essas observações são fundamentais para entendermos como a estrutura das moléculas — ou seja, o tipo de átomos e ligações presentes e o ambiente químico (como o pH) podem modificar sua solubilidade.

A quinina é uma molécula orgânica que contém grupos funcionais, como aminas, que podem ganhar ou perder prótons (H^+) dependendo do pH do meio.

Em meio ácido (pH baixo):

As aminas da estrutura da quinina tendem a se protonar, ou seja, recebem um próton (H^+) do meio ácido e passam a ter carga positiva. Essa protonação aumenta a polaridade da molécula, tornando-a mais hidrossolúvel (mais solúvel em água).

Em meio neutro ou básico (pH mais alto):

A quinina permanece em sua forma neutra ou desprotonada, sendo menos polar e mais lipossolúvel (mais solúvel em solventes orgânicos). Por isso que ela precipita no meio aquoso alcalino.

Como vimos, as células controlam a entrada e saída de substâncias por meio da membrana plasmática, que permite a passagem seletiva de moléculas, dependendo da sua solubilidade em lipídios ou em água. Esse mesmo princípio é essencial na absorção dos

medicamentos pelo organismo. Para que um fármaco consiga atravessar as membranas biológicas e chegar à corrente sanguínea, ele precisa equilibrar suas características de **lipossolubilidade** e **hidrossolubilidade**.

A **lipossolubilidade** refere-se a capacidade de uma substância de se solubilizar em uma fase oleosa, ou a capacidade de se solubilizar em lipídeos, com isso espera-se que quanto maior for essa lipossolubilidade, mais facilmente o fármaco atravessa a membrana. A **hidrossolubilidade** seria a capacidade de uma substância em se dissolver em meio aquoso. Para permear facilmente pela membrana um fármaco deve ser lipossolúvel, mas para ser absorvido o fármaco deve estar dissolvido em algum fluido corpóreo, logo ele deve ser hidrossolúvel também. No entanto, um fármaco com alta lipossolubilidade possui baixa hidrossolubilidade (abaixo será mostrado o que é alto e baixo), o que pode-se perceber é que a mesma molécula deva possuir características que podem ser opostas entre si, isso é possível devido aos fármacos serem eletrólitos fracos (base ou ácido), assim, a depender do pH do meio, pode-se encontrar o fármaco em sua forma ionizada (hidrossolúvel) ou não-ionizada (lipossolúvel).

Uma forma de se mensurar essa relação entre a lipossolubilidade e hidrossolubilidade é por meio do coeficiente de partição octanol/água (P). Este coeficiente indica a tendência preferencial do fármaco se dissolver em uma fase orgânica ou aquosa. O logaritmo desse coeficiente é chamado de logP.

APRENDENDO NOVOS CONCEITOS...

O coeficiente de partição octanol/água (P) é definido como a razão entre a concentração de uma substância dissolvida em octanol (fase orgânica, representando o meio lipofílico) e sua concentração em água (fase aquosa, representando o meio hidrofílico), quando o sistema atinge o equilíbrio.

$$p = \frac{[Substância]_{octanol}}{[Substância]_{água}}$$

Como os valores de **P** podem variar bastante (de números muito pequenos a muito grandes), usamos o **logaritmo decimal** para facilitar a análise.

Se o **logP = 0**, isso significa que o composto tem a **mesma afinidade** tanto pela fase oleosa (lipídica) quanto pela fase aquosa (água). Em outras palavras, ele se dissolve igualmente nos dois meios.

Se o log P < 0, a substância apresenta **maior solubilidade no meio aquoso**, ou seja, **sua concentração é maior na fase aquosa** do que na fase lipídica. Isso indica **maior hidrossolubilidade**.

Se o log P > 0, a substância apresenta **maior solubilidade na fase orgânica**, o que significa que **sua concentração é maior no meio lipofílico** do que no aquoso. Isso indica **maior lipossolubilidade**.

É importante destacar que o **logP** não é apenas um conceito teórico. Esse parâmetro é amplamente utilizado por químicos medicinais no desenvolvimento e planejamento de novos fármacos. Ao avaliar o logP de uma molécula, os pesquisadores conseguem prever se um composto terá boa **permeabilidade pelas membranas** e, ao mesmo tempo, **solubilidade**. Isso é essencial para garantir que o medicamento chegue ao local de ação em quantidade adequada e exerça seu efeito terapêutico com segurança.

Quanto maior o valor de logP mais hidrofóbico e lipossolúvel será o fármaco. Esse valor de logP pode variar de -3 a 7, no entanto, o valor ideal para fármacos fica entre 2 a 5, isso porque valores abaixo desse limite dificultam a permeação pela membrana plasmática, enquanto que fármaco com logP maior que 5 podem ficar retidos na membrana, devido a sua alta lipossolubilidade.

Até aqui, você investigou como a **estrutura química dos compostos** e o **pH do meio** influenciam na **solubilidade** e na **absorção dos medicamentos**.

Agora, vamos analisar um caso real muito conhecido: o **ácido acetilsalicílico** (presente no medicamento aspirina).

Esse exemplo vai ajudar a consolidar tudo que estudamos, mostrando como o pH e a estrutura química de um fármaco afetam sua passagem pelas membranas do corpo.

Trabalhando em grupo:

Leia o texto do Livro Química na abordagem do cotidiano, com atenção e prepare-se para colocar em prática seus conhecimentos!

A INDESEJÁVEL ABSORÇÃO ESTOMACAL DO ÁCIDO ACETILSALICÍLICO

O ácido acetilsalicílico, vendido com diversos nomes comerciais, é uma substância de caráter ácido. Sua fórmula molecular é C_9H_8O e sua constante de ionização ácida vale $K_a = 3 \times 10^{-4}$.

em água sofre o seguinte equilíbrio:



Dentro do estômago (meio ácido), a concentração de H^+ é elevada, o que desloca o equilíbrio para a esquerda, facilitando a absorção do medicamento. Do outro lado da membrana a concentração de H^+ é pequena e o equilíbrio é deslocado para a direita, dificultando a volta para o estômago.

Assim ocorre uma pequena absorção de medicamento pela parede do estômago.

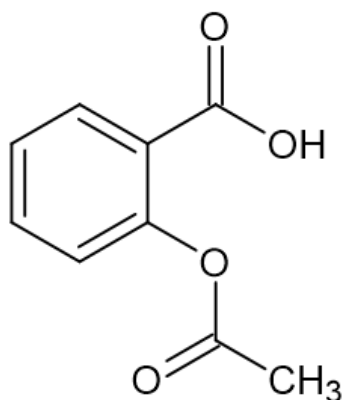
Na verdade, a ação terapêutica do ácido acetilsalicílico está ligada a sua absorção pelo intestino, e não pelo estômago. É no intestino que a maior parte dele é absorvida e a seguir, distribuída pela corrente sanguínea ao organismo, onde irá atuar como analgésico ou antitérmico.

A absorção Estomacal do ácido acetilsalicílico (que ocorre pelo processo que acabamos de descrever) causa alguns efeitos colaterais indesejáveis, tais como irritação gástrica, pequenos sangramentos e até mesmo ulcerações na parede do estômago no caso de pacientes mais sensíveis e/ou altas doses do produto

Qual a relação entre o pH do meio (estômago e intestino) e a forma química do ácido acetilsalicílico? Desenhe as estruturas químicas.

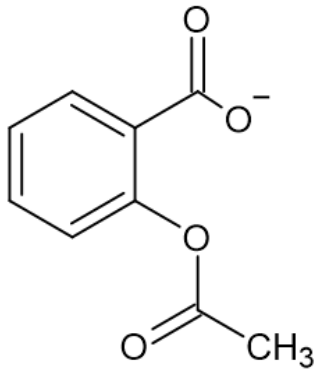
- Estrutura **não ionizada**: ácido acetilsalicílico intacto (com o grupo –COOH).

Figura 10 - Estrutura do ácido acetilsalicílico não ionizada



- Estrutura **ionizada**: o grupo carboxila do ácido perde um próton (--COO^-).

Figura 11 - Estrutura do ácido acetilsalicílico ionizada



Por que a forma neutra do ácido atravessa mais facilmente a membrana enquanto a forma carregada (ânion) atravessa com mais dificuldade? Explique detalhadamente.

O comportamento da solubilidade em diferentes pH do ácido acetilsalicílico é semelhante ou diferente da quinina? Justifique detalhadamente sua resposta com base nas estruturas químicas destes compostos.

Estômago e Intestino: Funções Essenciais na Absorção de Fármacos

O estômago e o intestino desempenham papéis distintos e complementares na digestão e absorção de medicamentos. Ao ingerir um medicamento por via oral, ele percorre o esôfago até chegar ao estômago, onde encontra um ambiente altamente ácido. Essa acidez pode iniciar a dissolução de certos medicamentos, mas, na maioria dos casos, a absorção efetiva dos princípios ativos ocorre no intestino delgado, que possui um ambiente menos ácido e é revestido, o que aumenta a superfície de absorção. O intestino delgado é, portanto, o principal local de absorção dos medicamentos, permitindo que os princípios ativos entrem na corrente sanguínea e exerçam seus efeitos terapêuticos. Para proteger os medicamentos da acidez estomacal e garantir sua liberação no local apropriado, muitas cápsulas possuem revestimentos especiais que resistem ao ambiente ácido do estômago e se dissolvem apenas no intestino.

E agora, o que você responderia?

Durante um final de semana, o primo de Clara, Lucas, de 16 anos, veio visitá-la. Depois de um dia de muitas brincadeiras e conversas, Clara sentiu uma dor de cabeça e foi até a cozinha para tomar um medicamento. Lucas, curioso, observou enquanto ela pegava uma cápsula e um copo d'água.

Figura 12 Clara ensinando Lucas motivo de não abrir a capsula



— Nossa! — exclamou Lucas. — Meu pai sempre abre a cápsula e mistura o pó na água antes de tomar. Fica mais fácil de engolir. Isso não tem problema, né?

Figura 13- Lucas lembrando que o pai sempre abre as capsulas



Clara, já segurando o comprimido, parou por um momento, surpresa com a afirmação do primo. Ela lembrou imediatamente de tudo que aprendeu nas aulas de Química, especialmente sobre a absorção dos medicamentos no organismo.

— Espera aí, Lucas... eu aprendi que abrir a cápsula pode alterar a forma como o medicamento age...

Proposta para os alunos (atividade):

Agora é sua vez! Imagine que você é Clara e precisa explicar para o seu primo por que não devemos abrir as cápsulas dos medicamentos.

Em um pequeno texto, explique para Lucas:

- **O que você aprendeu sobre a absorção de medicamentos (no estômago ou no intestino)**
- **O papel das cápsulas em proteger o medicamento até chegar ao local certo**
- **O que pode acontecer se o medicamento for exposto ao ambiente errado do corpo**

Referências:

- Superinteressante. **O que acontece com os remédios no estômago**. Disponível em: Superinteressante. Acesso em: 21 maio 2025.
- Manual MSD. **Absorção de Fármacos**. Disponível em: Manual MSD. Acesso em: 21 maio 2025.
- G1. **Conheça a quina: planta medicinal que inspirou a hidroxicloroquina**. Disponível em: G1. Acesso em: 21 maio 2025.
- Mozzer, N. B., & Justi, R. (2015). **"Nem tudo que reluz é ouro": Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências**. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 15(1), 123-147.
- Martins, D. M., Mozzer, N. B., & Caetano, M. S. (2019). **A compreensão do processo de interação fármaco-enzima na crítica e elaboração de analogias durante uma sequência de ensino fundamentada na modelagem**. *XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (XII ENPEC)*, Natal, RN
- Le Couteur, P., & Burrenson, J. (2006). **Os Botões de Napoleão: As 17 Moléculas que Mudaram a História**. São Paulo: Zahar.