

POTENCIALIDADES DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA EM TEMPO DE PANDEMIA

Potentials of Experimental Activities in Teaching Organic Chemistry in Pandemic Time

João R de Freitas Filho(joaoveronice@yahoo.com.br)
André R França da Silva(andrefrancasilva@hotmail.com)
Pedro R de Souza Neto(pedrosouzanovo@gmail.com)
Ricarte Tavares (ricarttavares@hotmail.com)
Jucarlos R de Freitas(jucarlosrufino12384@gmail.com)

*Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE
Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, 52171-900, Recife, PE, Brasil.*

Recebido em: 20/05/2021

Aceito em: 27/06/2022

Resumo

Este trabalho relata a execução de diferentes experimentos, realizados de forma assíncrona, pelos estudantes do terceiro período do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no PLE referente ao período de novembro de 2020 a fevereiro de 2021, a partir da temática, laboratório alternativo de ensino de Química Orgânica, cuja proposta de trabalho consistiu no seguinte eixo: montagem e uso do laboratório alternativo em casa através de experimentos simples de química orgânica. Tais atividades pautaram-se na extração, identificação e reação de compostos orgânicos. Com a realização dos experimentos, vários grupos funcionais e funções orgânicas, entre os compostos presentes nos medicamentos e alimentos estudados, foram focados e explorados, tais como hidrocarbonetos, álcoois, éter, ácidos carboxílicos e derivados, cetonas, compostos fenólicos, entre outros. O mesmo trata de atividades experimentais que contribuíram para a abordagem de forma contextualizada e significativa de conteúdos tais como, grupos funcionais, funções orgânicas e reações orgânicas. Neste cenário, aulas experimentais assíncronas podem servir de forma mais eficaz como uma alternativa possível de aprender ciências em casa.

Palavras-chave: Experimentos, Laboratório alternativo, Ensino de Química.

Abstract

This work reports the execution of different experiments, carried out asynchronous, by students of the third period of the Degree in Chemistry course at the Rural Federal University of Pernambuco, at PLE referent to period November 2020 to February 2021, from the thematic alternative laboratory teaching Organic Chemistry, whose work proposal consisted of the following axis: Assembly and use of the alternative laboratory at home through simple organic chemistry experiments. Such activities were guided on the extraction, identification and reaction of organic compound. With the performance of the experiments, several functional groups and organic functions among the compounds present in the studied drugs and foods, were focused and explored, such as hydrocarbons, alcohols, ether, carboxylic acids and derivatives, ketones, phenolic compounds, among others. It deals with experimental activities that contributed to the contextualized and meaningful approach to content such as functional groups, organic functions and organic reactions. In this scenario, asynchronous experimental classes can serve more effectively as a possible alternative to learning science at home.

Keywords: Experiments, Alternative laboratory, Chemistry teaching.

1. INTRODUÇÃO

Em tempos de pandemia da Covid-19, o ensino remoto vem sendo algo inovador e tecnológico para os professores da educação brasileira, são diversos os fatores que tornam este cenário desafiador para escolas e instituições de ensino, como a infraestrutura, problemas com a conexão de internet e várias outras dificuldades encontradas. Por outro lado, o ensino remoto nas instituições de ensino, quer seja escola de educação básica, quer seja na educação superior, na maioria das vezes, ocorrem com atividades complementares ou utilizando as plataformas de aprendizagem como suporte às atividades desenvolvidas nas aulas na modalidade presencial (BURCI et al. 2020).

Porém, para o desenvolvimento de aula prática/experimental remota há estranhamento de como instigar os estudantes a realizá-la, como também se terão os materiais necessários a execução. De acordo com a literatura (ARRUDA, 2020; MODELSKI, 2021), a necessidade de distanciamento social na pandemia da COVID-19, as instituições de ensino puderam optar pelas aulas não presenciais e utilizar as tecnologias digitais para oferecer aulas de forma remota.

Dessa forma, pensou-se em aplicar atividades experimentais voltadas aos conteúdos vistos no ensino remoto, a partir de equipamentos e materiais que os estudantes encontram em casa. Segundo Guimarães (2017) as atividades experimentais no ensino de ciências são de extrema importância para o desenvolvimento científico dos estudantes. A aprendizagem é mais bem construída a partir da investigação, problematização e contextualização que a experimentação pode proporcionar. Como relatado por Costa e Batista (2017), a aprendizagem é mais efetiva quando se trabalha teoria e prática em conjunto, visto que as atividades práticas despertam a criatividade, desenvolvem o senso crítico dos alunos e os fazem refletir. Da mesma forma, conforme Pires (2019) a realização da experimentação no ensino de ciências faz com que o estudante passe a argumentar e a apropriar-se de conceitos.

A partir do impasse, entre ensino remoto versus necessidade de aulas experimentais verifica-se a importância da criação de metodologias alternativas para incorporar a experimentação no ensino remoto. Felizmente, os conceitos de Ciências e mais especificamente de Química são facilmente encontrados no cotidiano e deste modo, permitem a criação de diversos experimentos com materiais de baixo custo, que podem ou não serem realizados no ambiente do laboratório convencional. De acordo com Silva et al., (2017) a construção de experimentos pelos estudantes não requer instrumentos elaborados ou de alto valor, na verdade, o ato da manipulação dos materiais, construção, observação e análise do fenômeno é que proporcionarão o bom desempenho do estudante em seu aprendizado.

Acostumados à sala de aula presencial, os professores tiveram que se reinventar, pois, a grande maioria não estava preparada e nem capacitada para isso. Podendo assim dizer que o ensino virtual foi adotado de forma temporária nos diferentes níveis de ensino por instituições educacionais do mundo inteiro para que as atividades escolares não fossem interrompidas (ARRUDA, 2020).

Por outro lado, à aula remota ocorre num tempo síncrono (seguindo os princípios do ensino presencial), com vídeo-aula, aula expositiva dialogada por sistema de webconferência, e as atividades seguem durante a semana de forma assíncrona, o que permite que professores e estudantes tenham condições de realizar interações e organizar seus tempos de aprendizagem da forma mais próxima à educação presencial (MOREIRA, 2020). A realização das atividades referentes aos estudos em casa ou em qualquer lugar de preferência do estudante estão entre as vantagens do Ensino Virtual. No entanto, segundo Tulha (2019), o desafio da educação nessa modalidade está na realização de aulas práticas, essenciais para compreensão de conteúdos e aplicação da teoria, uma vez que as dependências do laboratório estão situadas no espaço físico da instituição de ensino ou no lugar que está designado.

Neste contexto, a disciplina Química Orgânica LI apresenta desenho curricular que envolve conceitos e definições complexas, cujo adensamento conceitual tende a favorecer a predominância de aulas expositivas/dialogadas. Para que a aprendizagem destes conteúdos e conceitos se dê de forma mais significativa, se faz necessário o uso de recursos que facilitem a assimilação de conceitos, onde os estudantes possam posicionar-se de maneira mais ativa. Logo, a estratégia de ensino experimentação ocupa lugar de destaque ao favorecer a construção de vínculos entre teoria e prática e a construção de discurso científico, ao mesmo tempo, que estimula a socialização do conhecimento entre os estudantes que compõem uma mesma equipe.

De acordo com Kang e Wallace (2005), os experimentos desempenham um papel importante no ensino de química, mas o impacto das aulas práticas de química desenvolvidas nos laboratórios sobre o conhecimento dos estudantes ainda requer pesquisa e melhor compreensão (BRETZ, 2019).

Todavia, a pandemia de COVID-19 trouxe consigo vários desafios para esta estratégia colaborativa e coletiva de conhecimento, uma vez que os estudantes não possuem a maior parte dos recursos materiais necessários para a realização das diversas práticas e experimentos. Neste contexto, se fez necessário a transformação da cozinha das casas dos estudantes em um laboratório, onde os experimentos foram realizados, com materiais de seus cotidianos, mas que, ao mesmo tempo, favorecessem a investigação, a hipotetização e o desenvolvimento de habilidades de argumentação e criticidade junto aos seus pares. Esta proposta já foi relatada por Arnaud (2019), quando menciona que uma alternativa é os estudantes poderem realizar trabalhos experimentais em suas casas usando substâncias domésticas ou reagentes enviados pelos docentes.

Outra alternativa para as aulas experimentais em tempo de Pandemia de COVID-19 são os laboratórios virtuais, que segundo Jones (2018), tornam-se vantajosos para os educadores, uma vez que organizar instalações de laboratório de alto custo e sofisticadas em ambientes acadêmicos muitas vezes permanece um desafio, particularmente nos países em desenvolvimento e subdesenvolvidos com orçamentos educacionais limitados (SRIVASTAVA et al. 2013). Há alguns anos, conforme relato de Ray et al., (2012), laboratórios simulados em uma disciplina avançada de biologia molecular (proteômica) foram desenvolvidos e obtiveram-se excelentes respostas de estudantes universitários e pesquisadores em estágio inicial. Por outro lado, vários estudos indicam que não há diferença significativa nos resultados de aprendizagem entre laboratórios virtuais e físicos (RAY et al. 2016; JONG et al. 2013).

Mediante o exposto, o presente estudo objetivou a abordagem dos conteúdos de química orgânica de forma prazerosa e contextualizada, sendo eles: acidez e basicidade dos compostos orgânicos, solubilidade dos compostos orgânicos, grupos funcionais e funções orgânicas, reações orgânicas, por meio de cinco atividades experimentais; a primeira sobre extração de constituintes para identificação da acidez e basicidade de compostos orgânicos, a segunda sobre teste de solubilidade de substâncias orgânicas, a terceira sobre a identificação de grupos funcionais e funções orgânicas, a quarta e quinta sobre reações orgânicas. Os experimentos foram realizados de forma assíncrona, pelos estudantes da disciplina de Química Orgânica LI, a partir da temática laboratório alternativo de ensino de química orgânica: como montar e utilizar em casa; cuja proposta de trabalho consistiu no seguinte eixo: **montagem e uso do laboratório alternativo em casa através de experimentos simples de química orgânica**. A Figura 1, abaixo sumariza os diferentes experimentos realizados na turma de Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco, na disciplina de Química Orgânica LI.

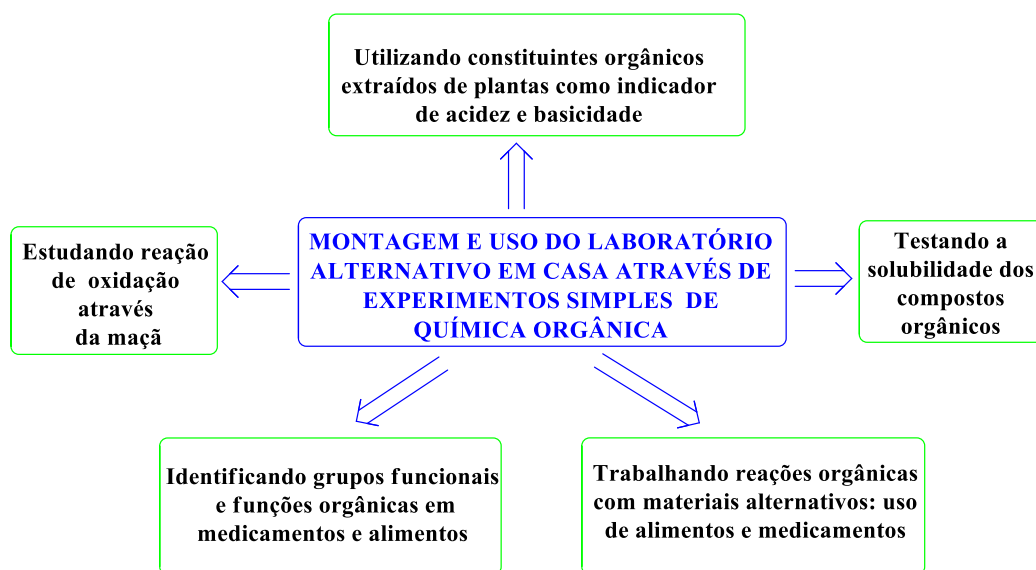


Figura 1. Eixo e diferentes experimentos realizados de forma assíncronas (Fonte: Os Autores)

2. PERCURSO METODOLÓGICO

2.1. Participantes da pesquisa

O presente trabalho foi desenvolvido durante a pandemia da COVID-19, como parte da disciplina de Química Orgânica LI em uma turma com quarenta estudantes do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco, turno diurno, no município de Recife, PE, nos anos de 2020-2021 (novembro de 2020 ao mês de fevereiro de 2021) sob supervisão do professor regente e de quatro alunos (dois do mestrado e dois do doutorado) da disciplina estágio à docência A disciplina tem carga horária semestral de 60 horas, das quais quinze (15) aulas foram destinadas às atividades práticas, referentes a cinco experimentos e discussão dos resultados. As aulas remotas síncronas ocorreram às quartas-feiras das 16h às 18h, realizando encontro virtual-presencial. E as aulas assíncronas às sextas-feiras das 14 às 16h. As aulas experimentais ocorreram as sextas-feiras. Também utilizamos o recurso de gravação dos encontros do webdebate. Isso facilitou que estudantes, que tiveram algum imprevisto e não conseguiram participar no horário agendado, pudessem entrar em um outro momento e assisti ao conteúdo gravado.

Nos resultados, quando citados, os estudantes da disciplina de Química Orgânica LI foram identificados por letras seguidas de números (A1, A2, A3... A40). Cada aluno da disciplina estágio à docência que acompanhava as aulas ficaram na incumbência de acompanhar dez estudantes, sob a supervisão do docente da cadeira. O acompanhamento dos experimentos foi realizado via plataforma Google meet, em horário determinado, e-mail e WhatsApp. Os experimentos foram testados e discutidos com os estudantes da disciplina de estágio à docência antes de ser socializados com a turma.

2.2. Desdobramentos dos experimentos

Experimento 1: Utilizando os constituintes orgânicos extraídos de plantas como indicadores de acidez e basicidade

Antes da realização do experimento, resalta-se que os conteúdos, grupos funcionais, acidez e basicidade de compostos orgânicos, já haviam sido anteriormente trabalhados em sala de aula, de forma síncrona usando a plataforma Google meet. No entanto, haja vista várias dúvidas dos estudantes, especialmente no que se refere à aplicabilidade destes conteúdos em seus cotidianos, decidiu-se, então, saná-las por meio da realização de uma atividade experimental que consistiu na extração dos constituintes do repolho roxo e utilização como indicador de ácidos e bases. Tal atividade foi realizada de forma assíncrona, pelos próprios estudantes sob supervisão do professor, tendo duração de 180 minutos (duas aulas assíncronas de 60 minutos cada para realização do experimento e uma de 60 min para discussão dos resultados obtidos, de forma síncrona). Às duas aulas assíncronas foram realizadas na cozinha da casa dos estudantes, a qual foi transformada em um laboratório de química orgânica. As aulas experimentais assíncronas ocorreram as sextas-feiras.

Para o desenvolvimento da atividade experimental foi enviado via e-mail e postado no Google Classroom <https://classroom.google.com/> um roteiro experimental para cada estudante, o qual se dividia em objetivo, fundamentação teórica, materiais e reagentes, procedimentos e questões para discussão. Os objetivos principais do experimento foram extrair e utilizar o extrato do repolho roxo como indicador de ácidos e bases. Os materiais, reagentes, procedimentos utilizados e questões para discussão estão sumarizados na Tabela 1.

Tabela 1 - Materiais, procedimentos e questões para discussão

Materiais	Procedimentos	Questões
Liquidificador	Procedimento 1: Extração	1. Cite exemplos de substâncias do seu cotidiano que você acredita que sejam ácidos ou bases, nos diversos produtos conhecidos e utilizados, justificando sua opinião.
Copo plásticos	Para a extração dos constituintes foi utilizado 1/4 de repolho roxo cortados em 100 mL de água fervente e batido no liquidificador.	
Repolho roxo	Após extração com o auxílio de uma peneira e funil de plástico, filtrou-se a mistura para um recipiente de 200 mL.	2. Segundo seus conhecimentos, quais das soluções (vinagre, leite magnésia, suco de limão e detergente) eram consideradas como ácidas ou básicas? E o que levaram a fazer essa escolha?
Álcool etílico		
Água	Procedimento 2: Uso do indicador	3. O repolho roxo contém pigmentos, as antocianinas, que são capazes de alterar sua estrutura e, conseqüentemente, coloração de acordo com o meio ácido ou básico em que se encontram. Represente a alteração estrutural que proporciona a mudança de cor.
Funil de plásticos		
Peneira	Numerou-se os copos plásticos de 1 a 10, colocou-se 10 mL de cada um dos materiais da lista na ordem a seguir, (1) suco de limão, (2) vinagre, (3) shampoo diluído em água (4) detergente diluído em água, (5) leite, (6) fermento em pó diluído em água destilada, (7) creme dental dissolvido em água, (8) água de torneira, (9), água sanitária e (10) sabão líquido. Com o auxílio de contras gotas colocou-se algumas gotas do indicador até a mudança de colocação.	4. Quais os grupos funcionais podem ser identificados nas três estruturas ilustradas?
Papel de vidro melita		
Vinagre, leite, suco de limão, creme dental, água sanitária, água de torneira, shampoo, detergente, fermento em pó e sabão líquido.		

Experimento 2: Testando a solubilidade dos compostos orgânicos

Para a realização do experimento foram utilizadas quatro aulas, com duração de 240 minutos. A primeira aula, realizada de forma síncrona e usando a plataforma Google meet, consistiu na abordagem do conteúdo propriedades físicas e químicas dos compostos orgânicos; a segunda e terceira aula, foram desenvolvidas pelos próprios estudantes como atividade experimental, e realizadas de forma assíncrona, no laboratório alternativo montado na cozinha da sua casa e a quarta aula foi destinada à discussão dos resultados do experimento. Para o desenvolvimento da atividade experimental, foi entregue a cada aluno um roteiro da aula prática. O roteiro iniciava-se com a fundamentação teórica sobre as propriedades físicas dos compostos orgânicos. Além disso, havia objetivos, materiais e reagentes, procedimentos metodológicos e questões para discussão. O objetivo principal foi determinar a solubilidade de compostos orgânicos (líquidos e sólidos) utilizados no seu dia a dia e a relação deste produto com os conteúdos de grupo funcional. Os materiais, reagentes, procedimentos e questões para discussão, encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Materiais, procedimentos e questões para discussão

Materiais	Procedimentos	Questões
Colher de café ou colher descartável	1. Para cada teste, separe um copo plástico, adicione cerca de 1 mL do solvente a ser usado. Em seguida adicione 0,5mL da amostra líquida ou com uma colher de plástico uma quantidade equivalente a um grão de arroz se amostra for sólida.	1. Por que determinados compostos orgânicos são solúveis em água e álcool e outras em querosene? Esta dissolução é devido à solubilidade ou miscibilidade?
Copo plástico		
Contra gotas	2. Agite cuidadosamente o copo anote o resultado. O desaparecimento do líquido ou do sólido, ou o aparecimento de linhas de mistura indica que está ocorrendo dissolução. Alguns minutos podem ser necessários para dissolver o sólido.	2. A solubilidade das substâncias orgânicas em água é devida, basicamente, a que fator?
Seringa descartável		
Removedor de cera;	OBS: Se o sólido não dissolver transfira a mistura para um copo de vidro e aqueça levemente para ajudar a dissolução.	3. Substâncias pertencentes a diferentes funções orgânicas podem interagir com a água?
Óleo de banana;		
Álcool etílico	4. Quais fatores contribuem ou afetam a solubilidade dos diferentes álcoois em água e em querosene?	
Água mineral		
Glicerina		
Gordura vegetal		
Açúcar de mesa		
Vaselina líquida		
Óleo de soja		
Naftalina		
Querosene*.		

*Adquirido em supermercado

Experimento 3: Identificando grupos funcionais e funções orgânicas em medicamentos e alimentos

Para a realização do experimento foram utilizadas quatro aulas, com duração de 240 minutos (cada aula com duração de 60 minutos). A primeira aula, realizada de forma síncrona e usando a plataforma Google meet, consistiu na abordagem de grupos funcionais e funções orgânicas; a segunda e a terceira aula, foram desenvolvidas pelos próprios estudantes como atividade experimental, realizadas de forma assíncrona, no laboratório alternativo montado na cozinha da sua casa e a quarta aula consistiu em discutir os resultados dos experimentos em forma de fórum de debates com os estudantes. Para o desenvolvimento da atividade experimental, foi entregue a cada estudante um roteiro da aula prática. O roteiro iniciava-se com a fundamentação teórica sobre grupos funcionais e funções orgânicas. Além disso, havia objetivos, materiais e reagentes, procedimentos metodológicos e questionamentos para discussão. O objetivo principal foi identificar grupos funcionais e funções orgânicas após as reações de alguns materiais, tais como alimentos e medicamentos. Os materiais, procedimentos e questões para discussão, encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Materiais, procedimentos e questões para discussão

Materiais	Procedimentos	Questões
Comprimido de KMnO_4 Água Cenoura Óleo de soja; Liquidificador Lozartana potássica Vaselina Peneira fina; Copos de vidro Garrafa pet Etiqueta Cumbuca de plástico e mão de pilão	<p>1. Pulverizar o comprimido de permanganato de potássio em uma cumbuca plástica, em seguida transferir para uma garrafa pet e adicionar 20 mL de água. Agite a mistura até que todo o sal se dissolva (amostra A).</p> <p>2. Colocar 250 mL de água no interior do liquidificador e, em seguida, adicionar uma cenoura cortada em pedaços pequenos. Bata até que a cenoura fique bem triturada. Em seguida, peneire o suco preparado diretamente em uma garrafa pet de 250 mL. O suco de cenoura peneirado será rotulado de amostra 1.</p> <p>3. Adicione 20 mL da amostra 1 e 2,5 mL da amostra A em um copo de vidro. Agite bem e aguarde e anote resultados.</p> <p>3. Adicionar em um copo de vidro 30 mL de óleo de soja (amostra 2) e 2,5 mL da amostra A. Agite bem e aguarde pelo menos 15 minutos para avaliar se houve ou não alguma alteração.</p> <p>4. Adicionar em um copo 2,5 mL de lozartana potássica (amostra 3) e 2,5 mL da amostra A. Agite bem e anote resultado. Para obtenção da solução de lozartana repita o procedimento 1.</p> <p>5. Adicionar em um copo 2,5 mL de vaselina (amostra 4) e 2,5 mL da amostra A. Agite bem e anote resultados.</p>	<p>1. Na reação que ocorreu com o β-caroteno (amostra 2), qual o grupo funcional presente e quais foram as substâncias formadas?</p> <p>2- O óleo de soja é constituído por uma mistura de compostos orgânicos que são ésteres de glicerol com ácidos graxos. Por que o óleo de soja reage com o permanganato de potássio?</p> <p>3. Sabe-se que a lozartana potássica sofre oxidação do grupo 5-hidroximetil no anel imidazol. Represente a reação, indicando o grupo funcional nos reagentes e produto.</p> <p>4. Explique porque a vaselina não reagiu com o permanganato de potássio.</p>

Notas: 1) Para observar se houve ou não alguma alteração, é interessante colocar 20 mL de cada amostra (1, 2, 3 e 4) separadamente, em um copo cada e posicioná-lo ao lado de cada mistura reacional.

2) Quando alguns estudantes apresentaram dificuldades em adquirir os materiais para realização dos experimentos, solicitávamos que desenvolvessem com materiais disponíveis em suas casas. No caso, 75% dos estudantes não demonstraram dificuldades.

Experimento 4: Trabalhando reações orgânicas com materiais alternativos: uso de alimentos e medicamentos

Para a realização do experimento foram utilizadas quatro aulas, com duração de 240 minutos (cada aula com duração de 60 minutos). A primeira, realizada de forma síncrona, usando a plataforma Google meet, consistiu na abordagem do conteúdo de reações orgânicas; a segunda e terceira aula, foram desenvolvidas pelos próprios estudantes como atividade experimental, e realizadas de forma assíncrona, no laboratório alternativo montado na cozinha da sua casa e finalmente a quarta aula consistiu na realização de um fórum de debates para discutir os resultados do experimento. Para o desenvolvimento da atividade experimental, foi entregue a cada estudante um roteiro da aula prática. O roteiro iniciava com a fundamentação teórica sobre as reações orgânicas de adição e polimerização. Além disso, havia objetivos, materiais e reagentes, procedimentos metodológicos e questões para

discussão. O objetivo principal foi reconhecer evidências que permitem identificar a ocorrência de uma reação química. Os materiais, procedimentos e questões para discussão, encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Materiais, procedimentos e questões para discussão

Materiais	Procedimentos	Questões para discussão
Experimento A	Experimento A	1. Quando o bicarbonato de sódio (NaHCO_3) reagiu com o ácido acético do vinagre (CH_3COOH) no frasco 1, formou o acetato de sódio (CH_3COONa) e o ácido carbônico (H_2CO_3). De onde veio o dióxido de carbono? 2. Qual a proposta mecanística para reação do vinagre com bicarbonato de sódio? 3. Qual a reação entre o ácido acetilsalicílico e o bicarbonato de sódio? 4. Quem é o responsável pela descoloração do permanganato de potássio (KMnO_4)? Escreva reação.
Bicarbonato de sódio (NaHCO_3).	Macerar dois comprimidos ácido acetilsalicílico.	
Ácido acético (CH_3COOH – vinagre)	Dissolver em 2mL de álcool etílico.	
Ácido acetilsalicílico (comprimidos).	Adicionar 1g de bicarbonato na solução de ácido acetilsalicílico. Observe e anote resultados.	
Álcool etílico	Adicionar 1g de bicarbonato em 3mL de vinagre. Observe e anote resultados.	
Experimento B	Experimento B	
Ácido acético (CH_3COOH – vinagre)	Triturar o comprimido de permanganato de potássio (KMnO_4) e dissolver em água, de modo a ter uma solução de coloração não muito intensa.	
Água (H_2O)	Colocar 2mL de vinagre em um copo (rotulado de 1) e adicionar 2mL da solução de KMnO_4 .	
Água oxigenada (H_2O_2) 10 volumes	Em seguida, adicionar 2mL de água oxigenada copo 1. Anote resultados	
Comprimido de permanganato de potássio (KMnO_4)		
3 copos		
Seringa		
Cumbuca de plástico e mão de pilão		

Experimento 5: Estudando reações de oxidação através da maçã

Para a realização do experimento foram utilizadas quatro aulas, com duração de 240 minutos (cada aula com duração de 60 minutos). A primeira, realizada de forma síncrona, usando a plataforma Google meet, consistiu na abordagem do conteúdo de reações de oxidação; a segunda e terceira aula, foram desenvolvidas pelos próprios estudantes como atividade experimental, e realizadas de forma assíncrona, no laboratório alternativo montado na cozinha da sua casa e a quarta aula foi destinada à socialização e discussão dos resultados em forma de fórum de debates com os estudantes. Para o desenvolvimento da atividade experimental, foi entregue a cada estudante um roteiro da aula prática. O roteiro iniciava-se com a fundamentação teórica sobre reações de oxidação enzimática. Além disso, havia objetivos, materiais e reagentes, procedimentos metodológicos e questões para discussão. Os objetivos do experimento foram a) identificar a enzima das frutas que reage com o oxigênio do ar para formar frutas castanhas e b) entender como as frutas podem ser protegidas do escurecimento

usando suco e ter uma ideia da preservação natural das frutas. Os materiais, procedimentos e questões para discussão, encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5. Materiais, procedimentos e questões para discussão

Materiais	Procedimentos	Questões para discussão
Maçã Limão Vinagre Bicarbonato de sódio Quatro pratos rasos Um copo Água Uma colher de chá Caneta Fita adesiva.	1. Com a fita adesiva e a caneta, intitule cada um dos pratos com as palavras: limão, vinagre, bicarbonato e sem adição; 2. Corte a maçã em quatro pedaços e coloque um pedaço em cada prato; 3. Esprema o limão e jogue o caldo sobre a polpa da maçã que está no prato intitulado “limão”; 4. No pedaço de maçã que está no prato intitulado “vinagre”, coloque vinagre, cobrindo a superfície da maçã; 5. Em meio copo de água, dissolva 1 colher de bicarbonato de sódio e jogue no pedaço de maçã que está no prato intitulado “bicarbonato”; 6. No prato intitulado “sem adição”, não coloque nada sobre o pedaço de maçã; 7. Anote qualquer mudança na aparência das maçãs, assim que forem feitas as adições; 8. Deixe os pedaços descansarem por algum tempo, e depois observe se houve alguma mudança;	1. Você observou o que acontece com as frutas - como as maçãs - se forem cortadas e deixadas no ar? 2. Quando cortada, a maçã entra em contato com o oxigênio presente no ar e começa um processo de “autodefesa” por meio de enzimas, conhecidas como polifenol oxidase (PFO). Represente quimicamente a reação de oxidação 2. Você consegue pensar em uma maneira de evitar que elas fiquem marrom? 4. Você acha que as razões do enferrujamento do ferro e o escurecimento da maçã são as mesmas?

Para realização dos experimentos foi apresentado aos estudantes instruções de segurança, conforme exemplificado no apêndice 1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A disciplina de Química Orgânica LI na modalidade de ensino remoto se mostrou bastante exitosa. A maior parte do sucesso da disciplina pode ser atribuída à dinâmica empregada na mesma, com o desenvolvimento de pesquisa, investigação e realização de diversos experimentos com materiais alternativos. De acordo com Guimarães (2009) a realização de experimentos trata-se de uma forma eficaz de ensino, desde que o estudante seja estimulado a investigar, problematizar e contextualizar as questões envolvidas no tema, deste modo, o estudante passa a ter uma ação ativa no processo. Diante disso, foi possível constatar que a proposta de realizar experimentos de forma remota apresentou-se ainda mais interessante, visto que os estudantes produziram e adaptaram as práticas em suas casas, por isso, foi inevitável que estes realizassem pesquisa e investigação para entender todo o processo e atingir o objetivo almejado.

Experimento 1: Extração de constituintes de repolho para identificação de acidez e basicidade

É possível encontrarmos na literatura alguns trabalhos que descrevem o uso de corantes naturais como estratégia pedagógica para o ensino de química. De acordo com Almeida, Yamaguch e Souza (2020), um deles refere-se a um trabalho de revisão que descreve as variações de cores dos extratos dos frutos e vegetais (repolho, roxo, beterraba, acaí, jabuticabas, feijão-preto, uva, etc) em função do pH ácido e básico.

Após a realização da atividade prática, de forma assíncrona, extração de constituintes orgânicos do repolho roxo, com materiais do dia a dia dos estudantes, percebeu-se de acordo com a leitura dos relatórios escritos e também nos comentários feitos numa aula síncrona, destinadas à socialização dos resultados obtidos, o interesse e a motivação dos estudantes na realização da atividade experimental. A Figura 2 sumariza os resultados alcançados após realização do experimento.

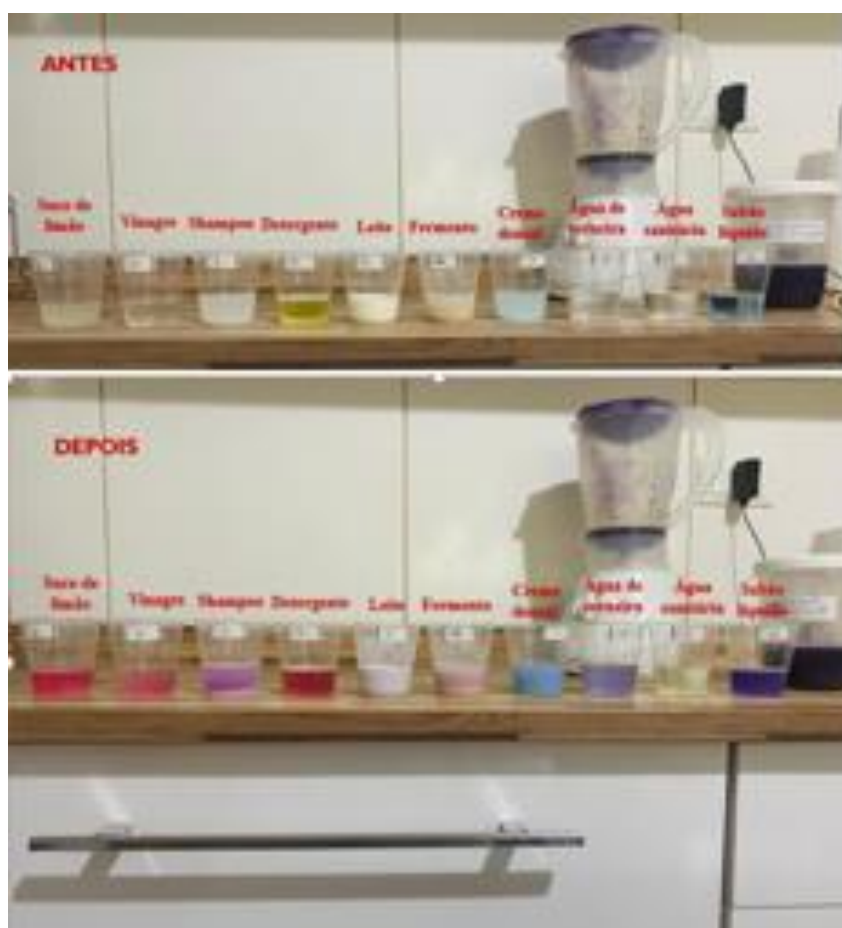


Figura 2. Resultados alcançados pelo estudante A12 (Fonte: Os Autores)

De acordo com o descrito nos relatórios dos estudantes, o extrato de repolho roxo demonstrou modificação em sua coloração tanto em meio ácido como alcalino. A Tabela 6 sumariza a coloração observada antes e depois, a faixa de pH descrito na literatura e a classificação de cada amostra analisada.

Segundo os relatos dos estudantes, as amostras, cujo meio é levemente ácido com pH próximo de seis, predomina uma coloração lilás, e em meio fortemente ácido com pH próximo de dois a coloração predominante é vermelha. Em meio alcalino, a faixa de coloração varia de azul-claro (meio levemente alcalino) para verde (meio fortemente alcalino). Ainda segundo eles, a coloração avermelhada e tonalidades próximas na escala de cor, em substâncias ácidas, e indica que há a presença de antocianinas. De acordo com Terzi (2002), as antocianinas possuem coloração avermelhada em meio ácido, violeta em meio neutro e azul em condições alcalinas, o que explica também a tonalidade violeta na solução de nitrato de prata após o acréscimo do indicador.

Tabela 6 - Coloração observada antes e depois, faixa de pH e a classificação de cada amostra

Amostra	Coloração observada		Faixa de pH*	Classificação
	Antes	Depois		
Suco de limão	Verde	Vermelho	2,4	Ácido
Vinagre	Incolor	Rosa	2,69-2,83	Ácido
Shampoo	Branco	Roxo claro	5,5-7,0	Ácido
Detergente	Amarelo	Rosa claro	7,0	Neutro
Leite	Branco	Roxo claro	6,5-7,5	Neutro
Fermento	Rosa	Roxo claro	7,0-8,0	Básico
Creme dental	Azul claro	Verde - azulado	7,0	Básico
Água de torneira	Incolor	Roxo claro	6,5-9,0	Básico
Água sanitária	Incolor	Amarelo	13	Básico
Sabão líquido	Azul	Verde - Azulado	10,3	Básico

* Faixa de pH modificado de Tarnowski (2017)

Porém, observa-se que o extrato de repolho roxo não é recomendado quando se deseja verificar a acidez ou alcalinidade de materiais coloridos, como foi o caso do creme dental (azulado) e sabão líquido (cor azul) e fermento (cor rosa), pois pode existir uma margem de erro associada à determinação do pH. Essa informação é corroborada por Tarnowski (2017).

Ao serem questionados sobre exemplos do cotidiano que acredita que sejam ácidos ou bases, nos diversos produtos conhecidos e utilizados, os estudantes descreveram que os ácidos e bases estão presentes em materiais do seu cotidiano, tais como, alimentos, medicamentos, produtos de higiene pessoal e produtos de limpeza, entre outros. Ainda de acordo com os estudantes, no seu cotidiano as palavras ácidos e bases são bastante usadas para indicar características de alguns materiais, como, por exemplo, quando uma pessoa se refere a um determinado sabão neutro ou básico, uma fruta que é ácida ou adstringente. De acordo com Ferreira e Rocha (2011) em Química essas características não são atribuições de um determinado material e sim é considerada ácida ou básica de acordo com as possíveis reações, ou interações que faz com outras substâncias.

Ao serem indagados sobre a razão pelas quais o vinagre, a água sanitária, o suco de limão e o detergente eram considerados ácidos ou bases, percebe-se de acordo com relato dos estudantes as mais diversificadas respostas, conforme podemos observar abaixo:

A10: Limão é ácido porque, entre as várias substâncias químicas presentes nele, duas estão em uma quantidade relativamente alta: o ácido cítrico e o ácido ascórbico.

A25: Vinagre é ácido, por que tem na sua composição, ácido acético.

A30: Água sanitária, é uma base, pois seu pH é em torno de 13,5.

A31: Detergente é básico, pois, possuem pH superior a 7.

Segundo Fogaça (2017) a partir das colorações encontradas é possível identificar o pH das soluções, de modo qualitativo, por exemplo, o suco de limão e o vinagre (vermelho e rosa, respectivamente) estão entre o pH 1 e 6, e o creme dental, bicarbonato e água sanitária (azul, verde e amarelo, respectivamente) estão entre o pH 8 e 13.

Ao serem questionados sobre como representar a mudança estrutural das antocianinas, indicador extraído do repolho, a qual proporciona a mudança da cor, os estudantes relataram que as transformações que ocorrem com a variação do pH são responsáveis pelo aparecimento das espécies com colorações diferentes, por exemplo, em meio ácido, coloração vermelha, esverdeada em meio básico, incluindo o amarelo em meio fortemente alcalino e violeta em meio neutro. A Figura 3 ilustra o comportamento de uma antocianina em presença de íons H^+ (meio ácido) e OH^- (meio básico). Segundo relato dos estudantes, o indicador extraído do repolho roxo, apresentam grupos cromóforos capazes de mudar de cor na presença de determinada concentração destes íons. Estes resultados são corroborados por Gonçalves (2016) quando afirmam que as antocianinas sofrem mudanças de cor naturalmente de acordo com o pH do meio: ficam vermelhas em meio ácido, roxas em meio neutro, esverdeadas em meio básico e amarelas em meio extremamente básico.

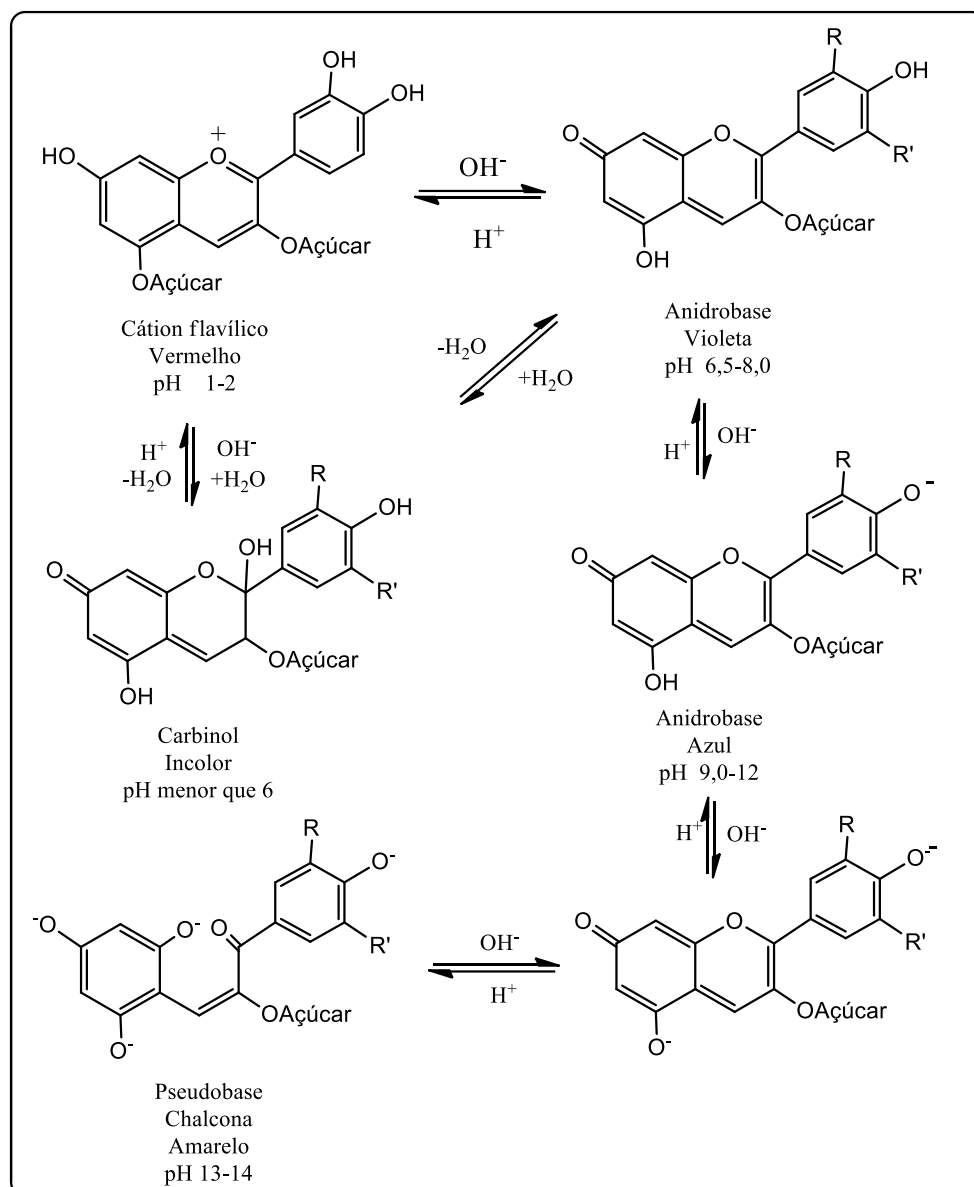


Figura 3. Transformações estruturais das antocianinas em meio aquoso em função do pH (Fonte: Os Autores)

De acordo com a Figura 3, as espécies químicas envolvidas nas transformações são denominadas cátion flavílico (vermelho), base anidra quinoidal (azul), pseudo-base carbitol (incolor), e chalcona (incolor ou levemente amarela). De acordo com Lopes *et al.* (2007) em meio ácido, as antocianinas apresentam-se basicamente na forma catiônica. Conforme o pH aumenta, ocorre uma rápida desprotonação para formar a base quinoidal. Em meio aquoso neutro, o cátion flavílico é hidratado, levando ao equilíbrio entre a forma carbitol e chalcona.

Em relação ao último questionamento, ao serem indagados sobre os grupos funcionais que podem ser identificados nas estruturas das antocianinas, os estudantes destacaram a presença de hidroxila de fenol e álcool, grupo éter e carbonila de cetona (Figura 4). Também descreveram que a estrutura química básica das antocianinas contém quinze átomos de carbono, hidroxilas, onde algumas delas podem estar ligadas a açúcares como D-glicose, D-xilose, D-arabinose, D-ramnose,

D-galactose ou dissacarídeos constituídos por esses açúcares. Esta afirmação é corroborada por Mota e Cleophas (2014).

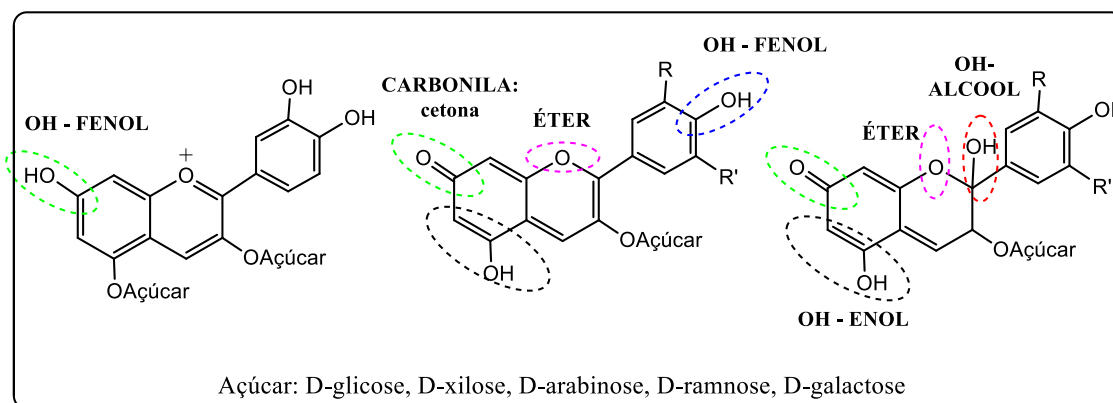


Figura 4. Identificação de grupos funcionais e funções orgânicas nas antocianinas (Fonte: Os Autores)

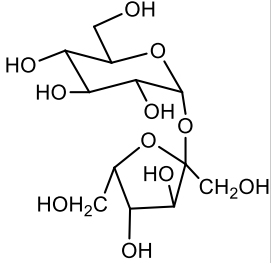
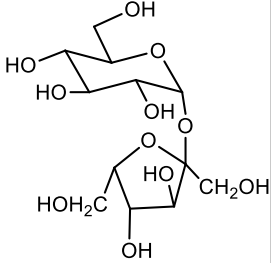
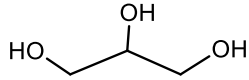
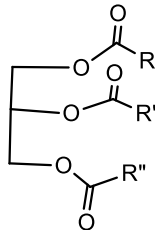
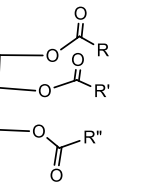
Após conclusão do experimento, em uma aula síncrona, o docente retomou o conteúdo de acidez e basicidades dos compostos orgânicos e discutiu os diferentes conceitos de ácidos e bases na concepção de Arrhenius, Bronsted-Lowry e Lewis. E quando apresentou o conceito de antocianinas, sendo formadas estruturalmente por duas partes, uma sacarídica e outra conhecida como aglicona, abordou o conceito de equilíbrio ácido-base. Ainda, a partir desta abordagem, a conceituação de ácidos, bases e pH é favorecida, sendo associada aos sistemas reais e acessíveis, como a importância do pH controlado do sangue para a saúde; as faixas de pH de solos adequados para crescimento das plantas, com desdobramentos sociais e econômicos; a acidez ou basicidade de diversos produtos de limpeza e materiais de uso doméstico e o efeito destacado do pH em fenômenos de impacto ambiental, como a chuva ácida.

Experimento 2: Aula experimental sobre solubilidade dos compostos orgânicos do seu cotidiano

A solubilidade é um conceito importante e está envolvido em diversos processos químicos e bioquímicos, assim como em muitas situações do cotidiano dos estudantes (Oliveira et al., 2009). Apesar de ser um fenômeno abordado ao longo das séries do ensino médio, muitos alunos apresentam dificuldade em explicar a solubilidade de maneira adequada. Por exemplo, na parte do conhecimento chamado de Química Orgânica, o qual geralmente trabalha com outros solventes que não, a água, a solubilidade pode ser ensinada de forma mais ampla, assim como os conceitos de interação, polaridade das moléculas e polaridade dos materiais.

Neste contexto, os estudantes testaram a solubilidade de alguns compostos do seu dia a dia, conforme descrito na tabela 7.

Tabela 7. Solubilidade de alguns compostos do nosso dia a dia

SUBSTÂNCIAS					
Solvente	Soluto	Estrutura	Mistura	Solubilidade	
Álcool etílico	Sacarose		Sacarose + água	S	
			Sacarose + etanol	PS	
			Sacarose + óleo*	PI	
Água mineral	Sacarose		Sacarose + removedor	I	
Removedor de cera			Sacarose + querosene	I	
Óleo de banana (acetato de isopentila)	Glicerina		Glicerina + água	S	
Querosene			Glicerina + etanol	S	
Gordura vegetal hidrogenada	Gordura vegetal hidrogenada		Glicerina + óleo*	PI	
			Glicerina + removedor	I	
			Glicerina + querosene	I	
			Gordura + água	I	
			Gordura + etanol	I	
			Gordura + óleo*	I	
			Gordura + removedor	S	
			Gordura + querosene	S	
			Vaselina líquida	Vaselina + água	I
			Vaselina + etanol	I	
Vaselina + óleo*	S				
Óleo de soja	Óleo de soja		Vaselina + removedor	S	
			Vaselina + querosene	S	
			Óleo + água	I	
			Óleo + etanol	I	
			Óleo + óleo*	S	
			Óleo + removedor	S	
			Óleo + querosene	S	
			Naftalina	Naftalina + água	I
			Naftalina + etanol	S	
			Naftalina + óleo*	S	
Naftalina + removedor	S				

			Naftalina + querosene	S
--	--	--	-----------------------	---

S: solúvel; PS: pouco solúvel; PI praticamente insolúvel e I: insolúvel

As estruturas foram desenhadas pelos autores no ChemDraw ultra 12.0

*Óleo de banana (acetato de isopentila)

Ao analisar os resultados apresentados na Tabela 7, observa-se a total solubilidade da sacarose (substância poli-hidroxilada) em água, devido à facilidade da formação de ligações de hidrogênio com aquele solvente. Isso permitiu a separação das moléculas de sacarose e sua dissolução pela água. Entretanto, a sacarose (açúcar) foi pouco solúvel no etanol e praticamente insolúvel no acetato de isopentila. Essa diferença está relacionada à diminuição da polaridade desses solventes, pela presença da cadeia carbônica, mesmo no éster (acetato de isopentila), que possui um grupo carbonila. Todavia, observou-se a insolubilidade da sacarose (açúcar) no removedor de ceras (mistura de hidrocarbonetos saturados) e no querosene, isso devido às diferenças das forças intermoleculares existentes na sacarose (mais fortes) e no removedor e no querosene (forças do tipo dipolo induzido, mais fracas).

Pelas mesmas razões, a glicerina, que apresenta três átomos de carbono e três grupos hidroxila em sua estrutura, foi totalmente solúvel em água, parcialmente solúvel em acetato de isopentila e etanol, e insolúvel no removedor de ceras e no querosene.

Segundo os estudantes, a vaselina, sendo composta principalmente por alcanos, não foi solúvel na água, ou no etanol, mas foi solúvel no removedor de ceras e no querosene como se poderia esperar. A vaselina foi também solúvel no acetato de isopentila pela possibilidade de interações dipolo/dipolo induzido com esse solvente.

A gordura vegetal hidrogenada, constituída basicamente de triacilglicerol (triésteres do glicerol com cadeia longa saturada), foi solúvel somente no removedor de ceras e no querosene. Já o óleo de soja, que contém triacilglicerol insaturados, além de ter sido solúvel no removedor e no querosene, foi solúvel também no acetato de isopentila.

O naftaleno, por ser apolar, dissolve-se melhor em solventes apolares. A água é um solvente polar, logo o naftaleno apresenta uma baixa solubilidade em água. Já o etanol apresenta em sua estrutura uma parte apolar, o que aumenta a solubilidade do naftaleno nesse solvente. O naftaleno também foi solúvel no removedor de ceras e no querosene.

Ao serem questionados sobre o porquê de determinados compostos orgânicos solubilizarem em água e álcool e outros em querosene, os estudantes descreveram que a solubilidade de um composto orgânica está diretamente relacionada com a sua estrutura molecular, especialmente com a polaridade das ligações e com o momento de dipolo. Ainda segundo eles, os compostos apolares ou fracamente polares, são solúveis em solventes apolares ou de baixa polaridade, enquanto que compostos de alta polaridade são solúveis em solventes também polares. Estes resultados corroboram com o que foi relatado por Martins, Lopes e Andrade (2013). Ao serem indagados sobre qual o fator que contribui para solubilidade das substâncias orgânicas em água, todos responderam que o principal fator para a solubilidade de substâncias orgânicas em água é sua polaridade, pelo fato de a água ser polar e dissolver a maioria das substâncias.

Com relação a terceira questão, vários compostos orgânicos, pertencentes a diferentes funções orgânicas, apresentam-se comumente como espécies insolúveis em água e outros solventes polares, uma vez que são espécies apolares. As moléculas de água, por ser fortemente polares, estão unidas umas às outras por fortes interações dipolo-dipolo, e as novas forças atrativas que poderiam se estabelecer entre as moléculas de água e as moléculas de hidrocarbonetos, como o caso da vaselina e do naftaleno são fracas, não compensando energeticamente o processo de dissolução. Todavia, o etanol, um composto polar, é muito solúvel em água, uma vez que as interações dipolo-dipolo que se estabelecem entre as moléculas de água e as de etanol (ligações de hidrogênio) são da mesma ordem de grandeza das atrações do mesmo tipo existentes entre as moléculas do etanol, bem como entre as moléculas de água.

Em relação à terceira questão, ao serem questionados os fatores contribuem ou afetam a solubilidade dos diferentes álcoois em água e em querosene, os estudantes relataram que a solubilidade de álcoois em água diminui com o aumento da cadeia carbônica. Quando a cadeia carbônica (hidrofóbica) aumenta, ela se torna a parte mais significativa da molécula e a substância química se torna cada vez menos solúvel, ou seja, tende a se comportar, cada vez mais, como um hidrocarboneto. No entanto, a atração entre as moléculas de água é muito maior (ligação de hidrogênio) do que a atração entre as moléculas de querosene e água. Por isso, as moléculas de querosene não conseguem romper a ligação entre duas moléculas de água vizinhas. O que conclui que a força intermolecular já existente for mais intensa do que a nova interação, então o soluto não solubiliza, permanecendo a ligação original. Mas, se a nova interação for mais forte, o soluto se solubiliza, rompendo as ligações intermoleculares das substâncias.

Ao final do experimento, realizado pelos estudantes, numa aula síncrona e em forma de fórum de debates, o professor retomou os conceitos de polaridade e interações intermoleculares, para um melhor entendimento e assimilação do conteúdo de solubilidade. Ao abordar o conteúdo de solubilidade, discutiu-se com os estudantes que solutos apolares em solventes também apolares formam as soluções chamadas ideais, uma vez que todas as interações envolvidas no processo são interações fracas e possuem a mesma ordem de grandeza (forças de London). Ainda foi discutido também, que muitos processos biológicos podem estar diretamente relacionados com a solubilidade das substâncias orgânicas, uma vez que essas podem ser apolares ou fracamente polares, ou seja, lipossolúveis, ou se apresentar polares, com possibilidade de formação das ligações de hidrogênio, o que as tornam altamente solúveis na fase aquosa.

Experimento 3: Identificando grupos funcionais e funções orgânicas em medicamentos e alimentos

Os medicamentos e os alimentos são uma importante ferramenta para facilitar o processo ensino e da aprendizagem de grupos funcionais e funções orgânicas, por apresentarem em suas estruturas, compostos que podem ser identificados através de reações químicas. Nesse contexto, o experimento consistiu na identificação de grupos funcionais utilizando medicamentos e alimentos como reagente, a fim de tornar a experimentação acessível e viabilizar o processo ensino e da aprendizagem. Este experimento foi realizado de forma assíncrona, utilizando produtos do cotidiano do estudante e de fácil aquisição e execução. Inicialmente foram trabalhados os conteúdos grupos funcionais, funções orgânicas e reações de oxidação, assim como as propriedades e composição de alguns medicamentos e alimentos, de forma síncrona, a fim de verificar a possibilidade de desenvolver o experimento utilizando medicamentos e alimentos ao invés de reagentes químicos. A partir dessa aula foram definidas algumas hipóteses sobre quais medicamentos e alimentos poderiam ser usados para essa substituição. Os grupos funcionais que se pretendeu identificar foram: alqueno, álcool, ácidos carboxílicos e imidazol.

Durante a realização do experimento, os estudantes empregaram um agente oxidante forte, o permanganato de potássio (KMnO_4), adquirido em farmácia, que é bastante utilizado para a oxidação de diversos tipos de substâncias, especialmente compostos orgânicos. Por outro lado, é fácil visualizar as reações em que o íon MnO_2 é formado, porque as cores das duas espécies químicas são bem diferentes: o MnO_4^- é lilás-escuro e o MnO_2 é marrom-escuro (Figura 5).



Figura 5. Equação que representa o uso do permanganato de potássio em oxidação branda de alquenos
(Fonte: Os Autores)

No experimento foram usadas quatro substâncias diferentes (alimento e medicamentos): cenoura (amostra 2), óleo de soja (amostra 3), losartana potássica (amostra 4) e vaselina (amostra 5). A figura 6 demonstra os resultados obtidos após adição da solução de permanganato nas quatro substâncias.

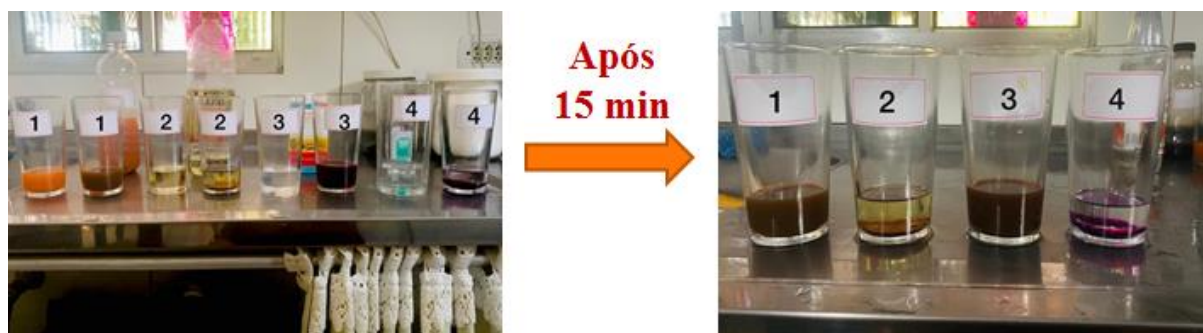


Figura 6. Resultados obtidos após adição do permanganato de potássio às quatro substâncias diferentes
(Fonte: Os Autores)

De acordo com a figura 6, após os estudantes terem adicionado a solução de permanganato de potássio nas quatro soluções diferentes eles perceberam os seguintes: no copo que continha a solução da cenoura (amostra 1), no do óleo vegetal (amostra 2) e no da losartana potássica (amostra 3) as soluções ficaram marrons avermelhadas. No caso da amostra que continha vaselina (amostra 4), ou seja, uma mistura de vários alcanos, a coloração permaneceu violeta. Portanto, os estudantes concluíram que a amostra 1, amostra 2 e a amostra 3, eram substâncias com instauração, no qual foram formados álcool e ácidos carboxílicos e o óxido de manganês. Resultados semelhantes foram descritos por Ciqueira Silva e Batalini (2020).

Após o experimento, solicitou-se que os estudantes respondam a um protocolo de questões que buscaram averiguar a compreensão da atividade realizada. Ao serem questionados sobre que reação ocorreu com o β -caroteno (amostra 1) e qual o grupo funcional presente e quais foram as substâncias formadas, responderam que a substância foi oxidada, sob influência do KMnO_4 e transformado em vitamina A (Figura 7). Além de representar esquematicamente a reação de oxidação do β -caroteno (constituintes da cenoura), os estudantes identificaram os grupos funcionais e funções orgânicas presentes no reagente e produto formado. Para tanto, o grupo funcional do alqueno reage

com o permanganato de potássio, dessa forma a sua coloração, inicialmente violeta, fica incolor e há o surgimento de um precipitado marrom avermelhado.

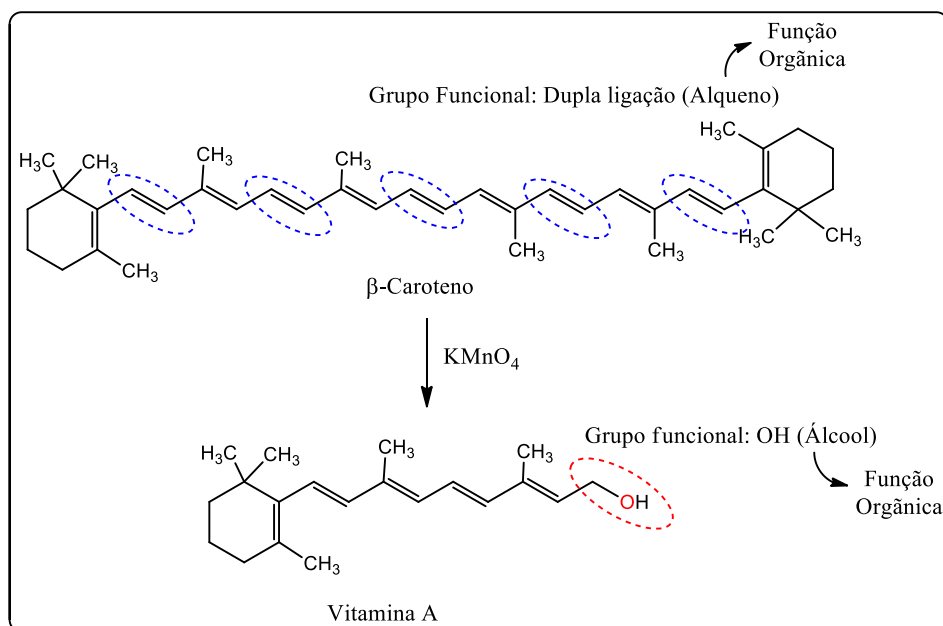


Figura 7. Esquema de oxidação do β -caroteno pelo permanganato de potássio (Fonte: Os Autores)

Quando indagado sobre o porquê de óleo de soja reagir com o permanganato de potássio, eles responderam que os triacilgliceróis (constituintes) apresentam ácidos graxos como cadeias laterais e que essas possuem duplas ligações e que durante a oxidação, essas ligações duplas são rompidas ocorrendo a formação de glicerol (Figura 8). Além de representar esquematicamente a reação do constituinte do óleo de soja com permanganato de potássio, os estudantes identificaram os grupos funcionais e funções orgânicas nos reagentes e produtos. O produto final foi de coloração marrom avermelhado.

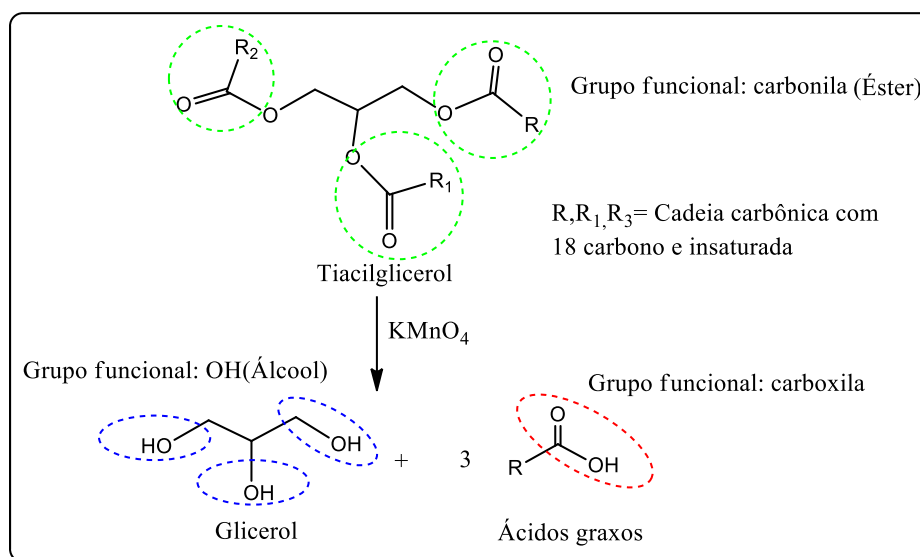


Figura 8. Esquema da reação do triacilglicerol e o permanganato de potássio (Fonte: Os Autores)

A terceira questão tratou da oxidação do medicamento losartana potássica frente ao permanganato de potássio, bem como o esquema reacional e indicação do grupo funcional nos reagentes e produtos. Após realização do experimento, de acordo com os estudantes, na identificação de alcenos ocorreu uma reação de oxidação, onde a ligação pi da dupla presente na estrutura da losartana potássica é quebrada através da adição do agente oxidante, permanganato de potássio, formando um ácido carboxílico e o precipitado dióxido de manganês que apresentou coloração marrom avermelhado, obtendo resultado positivo na identificação. Segundo os estudantes o ácido carboxílico foi formado porque o meio estava ácido. Convém destacar sofre oxidação do grupo 5-hidroximetil no anel imidazol. Este resultado corrobora com o obtido por Rahman, Siddiqui e Azmi (2006). A Figura 9 demonstra o esquema reacional da reação entre a losartana potássica e o permanganato de potássio em meio ácido. Ainda, no esquema os estudantes identificaram os grupos funcionais presentes.

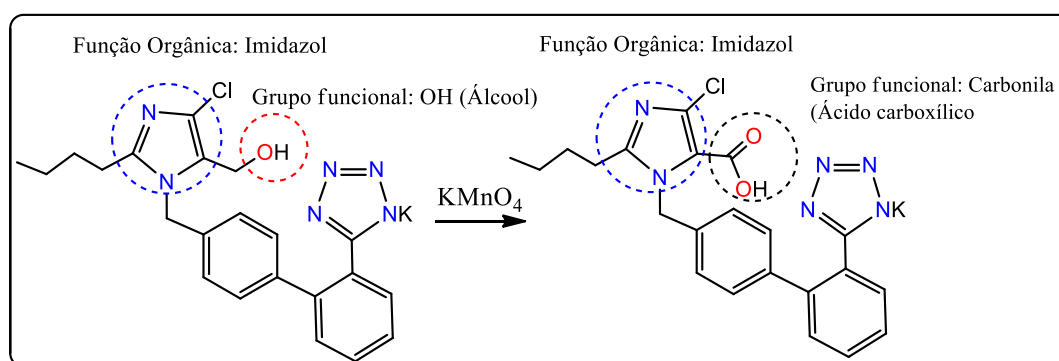


Figura 9. Esquema reacional da losartana potássica com permanganato de potássio (Fonte: Os Autores)

Finalizando o experimento, os estudantes observaram que no copo que continha, vaselina não ocorreu reação, pois a solução permaneceu violeta, uma vez que a vaselina é uma mistura de alcanos, ou seja, não há insaturação (ligação dupla).

Em um momento posterior, numa aula síncrona, na forma de fórum de debates com os estudantes, o professor ressaltou pontos pertinentes à oxidação de compostos orgânicos utilizando o agente oxidante (substância que sofre redução e provoca oxidação em outra) permanganato de potássio (KMnO_4) dissolvido em água na reação com terpenos, alquenos, alcinos, álcool, aldeído e ácido; utilizando os reagentes e produtos destas para abordar os conteúdos de grupos funcionais e funções orgânicas. Na aula, o professor citou outros agentes oxidantes, tais como, o dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), o tetróxido de ósmio (OsO_4), além de fazer um esboço sobre as principais funções orgânicas, classificando-as em hidrocarbonadas, halogenadas, oxigenadas, nitrogenadas e sulfuradas, etc. bem como identificando os seus grupos funcionais.

Experimento 4: Trabalhando reações orgânicas com materiais alternativos: uso de alimentos e medicamentos

Uma das grandes dificuldades dos docentes de Química Orgânica é trabalhar alguns assuntos teórico-experimental, em tempo de pandemia, quer seja com estudantes do Ensino Médio ou do Ensino Superior é a complexidade e subjetividade do assunto que requerem, muitas vezes, uma compreensão empírica. Pensando nessa dificuldade e em dar à Química Orgânica experimental um caráter mais contextualizado, permitindo ao estudante uma compreensão prática da teoria apresentada, pensamos em realizar experimentos simples, de forma assíncrona, sobre reações

orgânicas usando como tema os alimentos e medicamentos. Em virtude do alto custo dos reagentes químicos e dificuldade de aquisição, nesta proposta sugerimos o uso de materiais de baixo custo.

Inicialmente foi trabalhado o conteúdo, reações orgânicas, de forma síncrona, através de uma exposição dialogada. A partir dessa aula foram propostos três experimentos, dois sobre reações de desprendimento e o outro sobre reação de oxirredução, com mudança de cor.

No primeiro e segundo experimentos o bicarbonato de sódio (NaHCO_3) reagiu com o vinagre (ácido acético) e com ácido acetilsalicílico, separadamente, que levou a formação do acetato de sódio (CH_3COONa) ou acetilsalicilato de sódio ($\text{C}_8\text{O}_2\text{H}_7\text{COONa}$) e o ácido carbônico (H_2CO_3). O ácido carbônico (H_2CO_3), por sua vez, é instável e se decompôs por meio da reação: $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (Figura 10).

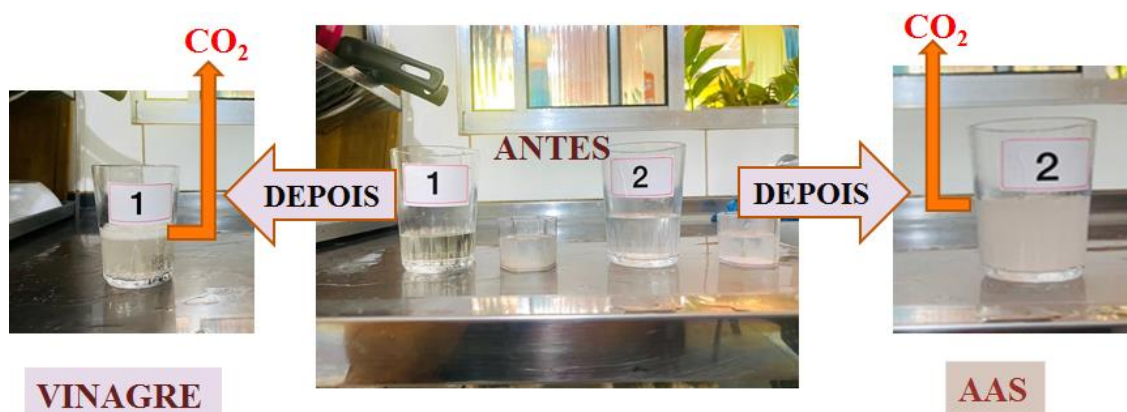


Figura 10. Reação do ácido acético e acetilsalicílico com bicarbonato de sódio (Fonte: Os Autores)

Após realização do experimento, os estudantes foram questionados sobre de onde surgiu o dióxido de carbono e qual seria proposta mecanística para reação, eles relataram que o dióxido de carbono (CO_2) surgiu da decomposição do ácido carbônico, ou seja, quando o bicarbonato de sódio (NaHCO_3) reagiu com o ácido acético do vinagre (CH_3COOH). A Figura 11 demonstra a proposta mecanística para reação.

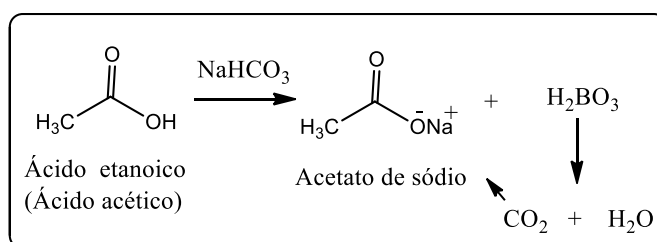


Figura 11. Proposta mecanística da reação entre o ácido acético e o bicarbonato (Fonte: Os Autores)

Quando indagados sobre a reação do bicarbonato de sódio com o ácido acetilsalicílico (AAS), os estudantes descreveram no relatório que a reação era similar a que ocorreu com o ácido acético (vinagre). Os estudantes constataram que o excesso de um componente (no caso o AAS) em uma reação química não reage, e que existe um reagente que delimita este valor, neste caso o bicarbonato de sódio. A figura 12 mostra o esquema reacional ácido acetilsalicílico com o bicarbonato de sódio.

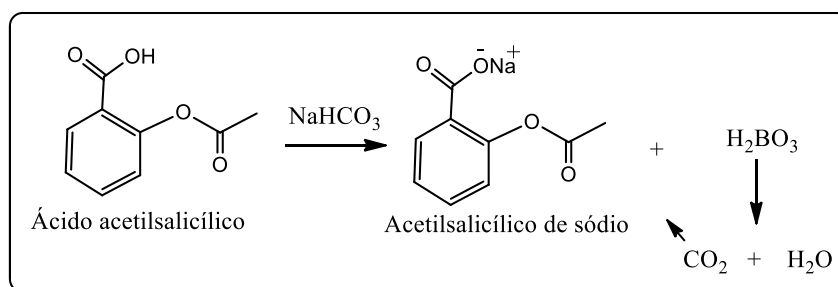


Figura 12. Reação do ácido acetilsalicílico com o bicarbonato de sódio (Fonte: Os Autores)

A oxirredução é um tipo específico de reação química que ocorre pela transferência de elétrons entre os reagentes, ocorrendo, assim, a oxidação ou a redução de um elemento (ganho ou perda de carga negativa). Este tipo de processo pode parecer algo distante da realidade, no entanto, ela está presente no cotidiano de todos os indivíduos, mesmo sem a sua percepção direta. Para exemplificar este tipo de reação, vamos reagir o vinagre com permanganato de potássio e peróxido de hidrogênio (água oxigenada) (Figura 13).

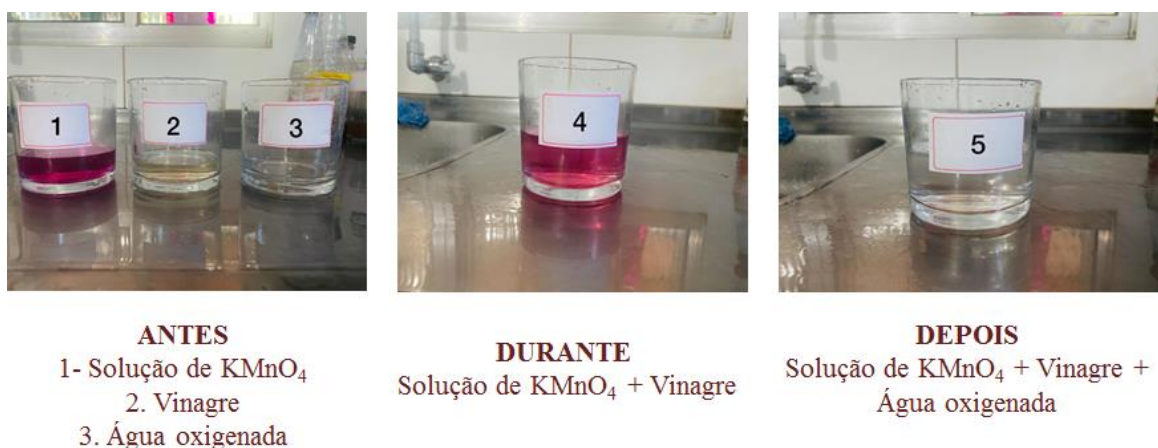


Figura 13. Reação permanganato de potássio, vinagre e água oxigenada (Fonte: Os Autores)

Ao entrar em contato com a água, o permanganato de potássio se dissocia e forma os íons de potássio e permanganato. O primeiro é positivo e o segundo é negativo. Na hora em que a solução de permanganato se mistura com o vinagre e com a água oxigenada, ele perde um oxigênio e vira um íon manganês, que é completamente incolor (Figura 14).

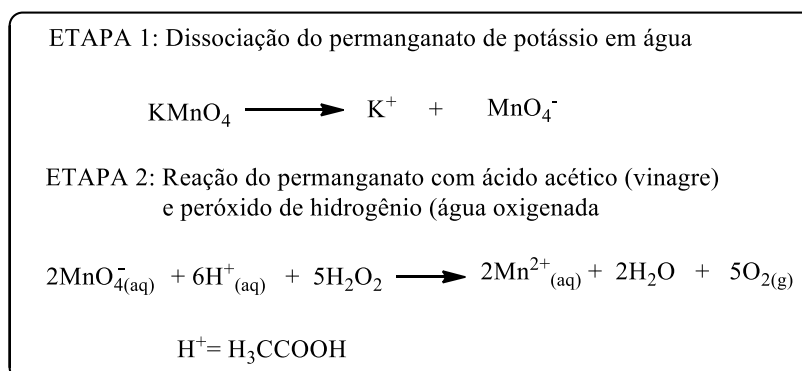


Figura 14. Reação de oxirredução entre KMnO_4 , ácido acético (vinagre) e peróxido de hidrogênio (Fonte: Os Autores)

De acordo com os estudantes a reação responsável pela descoloração do permanganato de potássio (KMnO_4) é a redução do íon permanganato (MnO_4^-). A solução deste íon apresenta uma coloração violeta e quando reage com o vinagre e com a água oxigenada, torna-se incolor. Nesta etapa reacional, a água oxigenada é oxidada, formando o gás oxigênio.

Após concluir o experimento intitulado: trabalhando reações orgânicas com materiais alternativos: uso de alimentos e medicamentos, e posterior entrega do relatório, o professor propôs uma discussão em momento síncrono sobre o experimento realizado. Durante a discussão foi abordado o conteúdo das reações orgânicas e os seguintes conceitos, estereoquímica das reações, impedimento estérico, hibridização, reatividade dos substratos, dos nucleófilos ou eletrófilos, estabilidade e rearranjos dos intermediários, como também aspectos cinéticos e termodinâmico.

Experimento 5: Estudando reações de oxidação através da maçã

No dia a dia, é perceptível como determinados frutos e vegetais, a exemplo das maçãs, bananas, pêra e batatas, escurecem quando suas superfícies entram em contato com o ar, modificando sua aparência. Este fenômeno é chamado de escurecimento enzimático. O nome escurecimento enzimático vem do fato de que uma enzima localizada na fruta reage com o oxigênio do ar para torná-la com a coloração, marrom. Contudo, as reações de oxidação são as responsáveis pelo acontecimento desse fenômeno, assim a maçã foi objeto de estudo para o ensino experimental de química orgânica, de forma assíncrona, recorrendo a um espaço não formal de ensino, a cozinha de sua casa.

Ao mergulhar fatias da maçã em água percebe-se uma pouco de escurecimento, mas não tanto quanto o controle. Segundo os estudantes, isso ocorre porque a água restringe a quantidade de oxigênio que entra em contato com os tecidos da fruta. Se não houver tanto oxigênio disponível, então este reage menos com a enzima polifenol oxidase (PPO), convertendo o fenólico em melanina (coloração, marrom na superfície das frutas). O controle não foi tratado com nenhuma solução, portanto, a reação foi capaz de prosseguir e o fruto escureceu. Quando a fatia da maçã foi mergulhada na solução de suco de limão, este inativou a enzima de escurecimento. A polifenol oxidase (PPO) é dependente do pH. O pH do suco de limão está entre 2,0-2,5. Um pH mais baixo significa que a substância é mais ácida. Logo, o ácido presente, no suco de limão inativa a polifenol oxidase para evitando o escurecimento. Em ralação ao tratamento da fatia de maçã com o vinagre branco observou o não escurecimento. O vinagre tem um pH entre 2,4-3,0. O vinagre deve ser semelhante ao suco de limão, ou seja, evita o escurecimento das maçãs, porém podem ser ligeiramente mais marrons (Figura 15).



Figura 15. Reação de oxidação da maçã em diferentes meios (Fonte: Os Autores)

Após a realização do experimento, aos serem questionados sobre o que acontece com maçãs cortadas expostas ao ar, os estudantes relataram que quando uma maçã é cortada e entra em contato com oxigênio, os teores dos compostos fenólicos, assim como sua atividade antioxidante, são reduzidos devido à ação da enzima, a polifenol oxidase (PPO), ocorrendo o fenômeno do escurecimento enzimático.

Por outro lado, quando foram indagados sobre o fato da maçã ao entrar em contato com o oxigênio presente no ar e da ação da enzima polifenol oxidase (PPO), representando quimicamente a reação de oxidação, os estudantes descreveram que quando cortada, a maçã entra em contato com o oxigênio presente no ar e começa um processo de “autodefesa” por meio de enzimas, conhecidas como polifenol oxidase (PFO). Segundo eles, esse processo resulta em novas substâncias, por exemplo, a *orto*-quinona, que produz os pigmentos escuros, a melanina (Figura 16). As maçãs contêm níveis diferentes de PFO, as que possuem um nível baixo dessa enzima podem ficar menos escuras, ao contrário das que apresentam um nível elevado. Este tipo de reação de oxidação enzimática foi descrito por Araújo (2008).

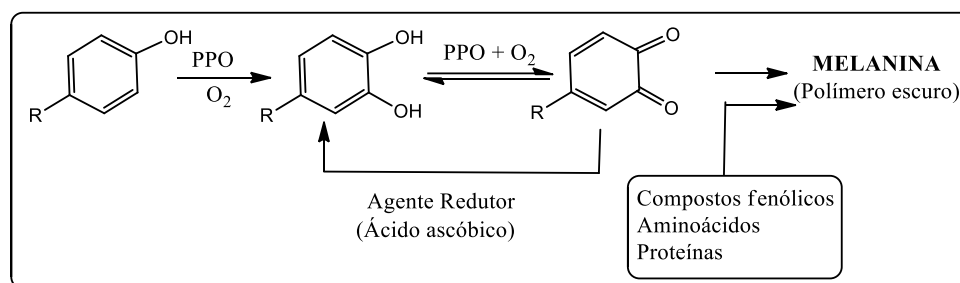


Figura 16. Reação de oxidação do fenol a catecol e à *orto*-quinona pela ação da enzima polifenoloxidase (PPO) (Fonte: Os Autores)

Em relação à terceira questão, que está relacionada com a maneira de evitar que as maçãs fiquem marrons, os estudantes descreveram diferentes maneiras de evitar o escurecimento, por exemplo, mergulhar em água, pois, impede o contato do oxigênio com a enzima; mergulhar em suco de limão, pois a acidez do suco reduz a atividade da polifenol oxidase, o que também preserva a coloração original. Por fim, a vitamina C (ácido ascórbico) reage com as moléculas de *orto*-quinona formadas pela enzima, impedindo que elas formem a melanina vegetal, e isso também impede que a maçã escureça. Esse procedimento é eficaz porque o suco de limão contém vitamina C, sendo que na presença de oxigênio e de um catalisador, o ácido ascórbico se oxida, tornando-se o ácido dehidroascórbico (Figura 17). Esse ácido possui pH abaixo de 4, e um abaixamento do pH do tecido da fruta causa a diminuição da velocidade da reação de escurecimento. Em pH abaixo de 3 não há nenhuma atividade enzimática. Por fim, mergulhar no vinagre branco também deve evitar o escurecimento. O vinagre tem um pH entre 2,4-3,0 e deve ser semelhante ao suco de limão das maçãs, porém podem ser ligeiramente mais marrons.

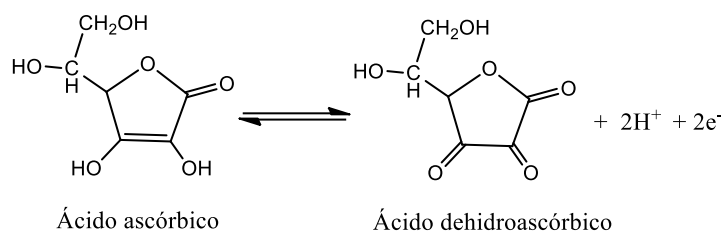


Figura 17. Reação de oxidação do ácido ascórbico ao ácido dehidroascórbico (Fonte: Os Autores)

Com relação a última pergunta que faz referência as razões do enferrujamento do ferro e o escurecimento da maçã são as mesmas. Os estudantes responderam que não, ou seja, o escurecimento da maçã cortada é realizado pela oxidação da enzima chamada polifenol oxidase (PPO), enquanto a ferrugem é formada pela oxidação do ferro e pela redução do oxigênio.

Após terminar a aula prática, em um momento síncrono, o professor abordou o conteúdo de reações de oxidação, redução e os conceitos envolvidos, tais como, corrosão/ferrugem, oxidação das frutas e chuva ácida. Comentou também que as reações de oxidação e redução (transferência de elétrons, atribuição de carga e/Nox) e como elas se dão no dia a dia no meio ambiente, bem como os fatores, implicações e modos de atenuação da poluição causada pelo homem. Por outro lado, discutiu com os estudantes, que a formação da ferrugem é um processo complexo, que envolve inicialmente a oxidação de Fe(0) a Fe(II) e que a presença de água acelera a formação da ferrugem, o que justifica que as ferrugens se tornem muito mais presentes em metais expostos aos ambientes mais úmidos do que nos secos.

Finalizando, com relação aos resultados obtidos nos experimentos realizados, estes corroboraram com o descrito na literatura. A utilização dos roteiros experimentais no decorrer dos procedimentos e questões para discussão facilitou a execução dos experimentos e permitiu uma melhor autonomia dos estudantes, apesar da nossa mediação. Isso, de acordo com nossas observações, fez com que os estudantes se sentissem agentes ativos da própria aprendizagem, despertando maior interesse na execução e na observação dos resultados.

Apesar do êxito na realização dos experimentos, de forma remota assíncrona, observou-se durante a realização dos mesmos, a insegurança de 25% dos estudantes quanto a realização dos experimentos, o que deixa evidente que esses estudantes estão habituados a não ter oportunidade de experimentar, manipular e formular hipóteses em laboratório. Outra limitação dos estudantes foi a elaboração dos relatórios. Analisando os relatórios elaborados por um grupo de estudantes, pode-se perceber que a estrutura do primeiro relatório está coerente, mas com muitos aspectos que poderiam ser melhorados na escrita. No desenvolvimento, por exemplo, o estudante descreve nos resultados o que deveria ser feito na metodologia e não apresentou a discussão de resultados. Na maioria dos relatórios vê-se a falta de argumentação, pois expõem de forma sucinta os resultados. Posteriormente, no decorrer do desenvolvimento das atividades, 70% melhoraram na estrutura da escrita dos relatórios, e na apresentação dos resultados, mas que ainda é preciso muita leitura para a obtenção de resultados mais eficazes.

Pode-se notar que outros obstáculos foram encontrados no desenvolvimento das atividades por 25% dos estudantes, dentre estes, o conceitual. Tendo em vista a falta do hábito da leitura, os estudantes encontram dificuldades em relacionar os conceitos de sala de aula remota na forma síncrona com as atividades experimentais desenvolvidas no laboratório. Quanto às dificuldades conceituais, Bachelard (2008) aponta o obstáculo epistemológico que pode ser entendido como um

empecilho ao progresso científico que surge no momento da construção do conhecimento científico sob a forma de resistência desse conhecimento.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse estudo constatou que as atividades experimentais desenvolvidas, de forma assíncrona, demonstraram ser uma ferramenta bastante importante no processo de ensino e da aprendizagem dos estudantes, visto que estes demonstraram interesses na realização das atividades propostas. Por outro lado, os experimentos desenvolvidos evidenciaram a possibilidade da utilização de materiais alternativos na sua realização em substituição aos reagentes convencionais.

Com a execução dos experimentos, foi observado que os estudantes tiveram uma participação ativa no seu processo de aprendizagem. A estratégia usada permitiu ao professor verificar se os objetivos esperados foram alcançados de uma forma dinâmica, contínua e versátil e se contribuiu para um ensino e aprendizagem de qualidade.

Todavia, a experimentação remota por si só não garante o aprendizado, mas se os estudantes e professores estiverem dispostos a “criar” um ambiente propício para a realização desses experimentos, certamente haverá melhoria no processo de ensino e da aprendizagem, daí ser proposto aos estudantes transformar a cozinha de sua casa em um laboratório móvel, para realização dos cinco experimentos com roteiro pré-definidos.

A simplicidade dos experimentos trabalhados, de forma assíncrona e mediada pelo professor; e de seus procedimentos para identificação de grupos funcionais e funções orgânicas, realização de reações orgânicas e extração de constituintes para identificação de acidez e basicidade; usando substâncias do cotidiano dos estudantes e de fácil aquisição, muitos deles obtidos comercialmente como medicamentos, produtos naturais e alimentos, permitiu assim um aprendizado contextualizado e uma interessante estratégia de ensino para os estudantes.

Ainda sobre o desenvolvimento das aulas experimentais, utilizando a cozinha como um laboratório móvel, consideramos que é de extrema relevância para a formação docente, pois permitem ao futuro profissional a possibilidade de ensinar química de maneira prazerosa, aliando teoria e prática, além de prepará-lo para lidar com os problemas de infraestrutura presentes nas escolas brasileiras e que muitas vezes, comprometem a o fazer pedagógico docente.

Para finalizar, pode-se inferir, de acordo com os descritos nos relatórios e suas falas no fórum de debates, que os estudantes compartilharam os diferentes momentos das atividades, em seus aspectos teóricos e metodológicos, o que favoreceu a autopercepção e a confiança em relação à capacidade de dialogar com os conhecimentos científicos, em outros contextos de aplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, C. S.; Kazumy K.; de Lima, Y.; & Souza, A. O. (2020). The use of natural acid- base indicators in Chemistry teaching: a review. *Research, Society and Development*, 9, n9, e175997243.
- Araújo, J. M. A. (2008). *Química de Alimentos: teoria e prática*. 4. ed. Viçosa: UFV, 478 p.
- Arnaud, C. H. (2019). First-Ever Online Biochemistry Degree Builds Momentum. *Chem. Eng. News*, January 3

- Arruda, E. P. (2020). Educação Remota Emergencial: elementos para políticas públicas na educação brasileira em tempos de Covid-19. *EmRede (Revista de Educação a Distância)*, 7, 1, p. 257-275.
- Bachelard, G. (2008). *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Contraponto.
- Bretz, S. L. (2019). Evidence for the Importance of Laboratory Courses. *J. Chem. Educ.* 96, 2, p. 193-195.
- Burci, T. V. L.; Santos, A. P. S.; Mertzig, P. L. L.; & Mendonça, C. T. M. (2020). Ambientes virtuais de aprendizagem: a contribuição da Educação a Distância para o ensino remoto de emergência em tempos de pandemia. *EM TEIA – Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana –* 11, 2, 1-16.
- Ciqueira Silva, A. C.; & Batalini, C. (2020). Experimentação utilizando materiais do cotidiano como ferramenta de ensino em química orgânica. *Revista Panorâmica, Edição Especial*, p. 31-47.
- Costa, G. R.; & Batista, K. M. (2017). A importância das atividades práticas nas aulas de ciências nas turmas do ensino fundamental. *REVASF*, 7, 12, p. 06-20.
- Figueira, A. C. M.; & Rocha, J. B. T. (2011). Investigando as concepções dos estudantes do ensino fundamental ao superior sobre ácidos e bases. *Revista Ciências & Ideias*, 3, 1, p.1-21.
- Gonçalves, W. W.; Dos Santos, C. G.; & Silva, F. A. R. (2016). Caderno temático para a formação de professores – a água como tema gerador de conhecimento na EJA: proposta de atividades experimentais abordando temas ambientais tratados na Coleção “Viver e Aprender”. *Metrado Profissional em Ensino de Ciências – MPEC - UFOP, Ouro Preto –Mg*.
- Guimarães, C. C. (2009). Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa. *Quím. Nova na Escola*, 31, 3, 198-202.
- Jones, N (2018) Simulated labs are booming. *Nature* 562:S5–S7.
- Kang, N. H.; & Wallace, C. S. (2005). Secondary Science Teachers’ Use of Laboratory Activities: Linking Epistemological Beliefs, Goals, and Practices. *Sci. Educ.* 89, 1, p.140–165.
- Lopes, T. J.; Xavier M. F.; Quadri, M. G. N.; & Quadri, M. B. (2007). Antocianinas: Uma breve revisão das características estruturais e da estabilidade, *R. Bras. Agrocência* 13, 3, p. 291-297.
- Martins, C. R.; Lopes, W. A.; & Andrade, J. B. (2013). Solubilidade das substâncias orgânicas. *Quím. Nova* 36,.8, p.1248-1255.
- Modelsk, D. (2021). Espaços de experimentação de formação docente: uma experiência de migração emergencial do ensino presencial 13 ao remoto. 2021. 150 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Educação, Escola de Humanidades da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul., Porto Alegre.
- Moreira, J. A. M; Henriques, S.; & Barros, D. (2020). Transitando de um ensino remoto emergencial para uma educação digital em rede, em tempos de pandemia. *Dialogia*, 34, p. 351-364.
- Mota, T. C.; & Cleophas, M. G. (2014). Proposta para o Ensino de Química Utilizando a Planta *Pterodon abruptus* (Moric.) Benth. como Indicador Natural de pH. *Rev. Virtual Quim.*, 6, 5, p. 1353-1369.
- Pires, C. R. (2020) Mostra de ciências como uma forma de aprendizagem a partir da experimentação. *Revista Insignare Scientia*, v. 2, n.3- Edição Especial: Ciclos Formativos em Ensino de Ciências.

Rahman, N.; Siddiqui, M. R.; Azmi, S. N. H. (2006). Development and Validation of Kinetic Spectrophotometric Method for the Determination of Losartan Potassium in Pure and Commercial Tablets. *Journal of the Chinese Chemical Society*, 53, p. 735-743.

Ray, S.; Koshy, N. R.; Reddy, P.J.; & Srivastava, S. (2012). Virtual labs in proteomics: new e-learning tools. *J Proteom* 75:2515–2525.

Ray, S.; Srivastava, S.; Diwakar, S.; Nair, B.; & Özdemir, V. (2016.) Delivering on the promise of bioeconomy in the developing world: link it with social innovation and education. In: Srivastava S (ed) Biomarker discovery in the developing world: dissecting the pipeline for meeting the challenges. Springer India, New Delhi, p. 73–81.

Silva, J. N.; Amorim, J. S.; Monteiro, L. P.; & Freitas, K. H. G. (2017). Experimentos de baixo custo aplicados ao ensino de química: contribuição ao processo ensino-aprendizagem. *Sc. Plena*, 13, 1, 012701.

Srivastava, S.; Özdemir, V.; Ray, S.; Panga, J. R.; Noronha, S.; Nair, B.; & Diwakar, S. (2013). Online education: e-learning booster in developing world. *Nature* 501:316.

Tarnowski, K. Dos S. (2017). Química em Prática – Materiais e ideias para aulas de Química, Disponível em < www.quimicaempratica.com >

Terci, D. B. L.; & Ross, A. V. (2002). Indicadores naturais de pH: usar papel ou solução? *Química Nova.*, 25, 4, p. 648-688.

Tulha, C. N.; Carvalho, M. A. G.; & Coluci, V. R. (2019). Uso de Laboratórios Remotos na educação a distância no Brasil: uma revisão sistemática. *Informática na Educação: teoria & prática*, 22, 2, p. 195-209.

APÊNDICE 1

Instruções de segurança para fazer o experimento em Casa

O laboratório é um lugar para trabalho sério e não deve servir para experimentos não programados, nesse caso o montado em sua casa não deve ser diferente. As instruções de segurança são enumeradas a seguir devem ser obedecidas:

1. Deve ser feito em ambiente apropriado, sob supervisão de professor.
2. Não se deve provar, comer ou beber o material usado no experimento.
3. Ouvir as instruções do professor com atenção.
4. Para aquecer os materiais (frasco) na chama direta (fogareiro) observe se estes estão secos externamente, caso contrário, seque-o antes de efetuar a operação. Para que o frasco seja uniformemente aquecido, prenda-o com pegador de roupa e mantenha-o em constante agitação. Nunca dirija a boca do frasco em sua direção ou de alguém que esteja ao seu lado.
5. Espere que o frasco quente volte a esfriar antes de pegá-lo. Lembre-se, o vidro quente parece frio.
6. Terminado o uso fogareiro ou fogão verifique se as torneiras do gás estão bem fechadas, evitando assim explosões e intoxicações.
7. Nunca deixe ou abra frascos de líquidos inflamáveis (éter, álcool, acetona, etc) nas proximidades de chamas.
8. Antes de iniciar qualquer experimento, você deve colocar seus óculos de proteção, luvas e avental. É importante evitar a entrada de produtos químicos em seu corpo. Sempre lave as mãos após a conclusão de um experimento. Ao manusear alimentos, você também deve lavar as mãos antes de iniciar o experimento.