

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

**DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES COGNITIVAS POR MEIO DE UMA
SEQUÊNCIA DE AULAS EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS DE QUÍMICA
ORGÂNICA NO ENSINO MÉDIO**

DARLÉIA ALESSANDRA POSSER BARBOZA

Porto Alegre, junho de 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

DARLÉIA ALESSANDRA POSSER BARBOZA

**DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES COGNITIVAS POR MEIO DE UMA
SEQUÊNCIA DE AULAS EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS DE QUÍMICA
ORGÂNICA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - PROFQUI da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Química.

Orientador: Prof. Dr. Maurícus Selvero Pazinato.

Coorientador: Prof. Dr. Aloir Antonio Merlo.

Porto Alegre, junho de 2021.

DARLÉIA ALESSANDRA POSSER BARBOZA

**DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES COGNITIVAS POR MEIO DE UMA
SEQUÊNCIA DE AULAS EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS DE QUÍMICA
ORGÂNICA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre em Química,
sob orientação do Prof. Dr. Maurícus Selvero
Pazinato e Coorientação do Prof. Dr. Aloir
Antonio Merlo.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Maurícus Selvero Pazinato (UFRGS)
Orientador

Prof. Dr. Aloir Antonio Merlo (UFRGS)
Coorientador

Prof. Dra. Mara Elisa Fortes Braibante (UFSM)

Prof. Dra. Daniele Raupp (UFRGS)

Profa. Dra. Nathália Marcolin Simon (UFRGS)

Porto Alegre, junho de 2021.

CIP - Catalogação na Publicação

Barboza, Darléia Alessandra Posser
Desenvolvimento de habilidades cognitivas por meio
de uma sequência de aulas experimentais investigativas
de Química Orgânica no ensino médio / Darléia
Alessandra Posser Barboza. -- 2021.
134 f.
Orientador: Maurícus Selvero Pazinato.

Coorientador: Aloir Antonio Merlo.

Dissertação (Mestrado Profissional) -- Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química,
Programa de Pós-Graduação em Mestrado Profissional em
Química em Rede Nacional, Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. Experimento investigativo. 2. Planos
Orientadores. 3. Ensino de Química Orgânica. I.
Pazinato, Maurícus Selvero, orient. II. Merlo, Aloir
Antonio, coorient. III. Título.

*Com gratidão, dedico este trabalho àqueles
que me permitiram estar aqui, meus pais.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter derramado as suas bênçãos sobre mim, pela saúde e fé para que eu conseguisse vencer todas as provações encontradas durante o percurso e concluir este trabalho tão especial.

A minha mãe e ao meu pai, pela vida e amor incondicional, acreditando em mim sempre e incentivando na realização deste sonho. Aos meus irmãos Lucinara, Jocimara e Jarisson, pelo exemplo de humildade e coragem.

Aos queridos Professores, meu Orientador Dr. Mauricius Selvero Pazinato, que sempre demonstrou acreditar na minha capacidade, me incentivando e encorajando em todos os momentos. Obrigada pelo exemplo de profissional, por me ensinar o que sabe e pela amizade verdadeira. Meu Coorientador, Professor Dr. Aloir Antonio Merlo, pelas incansáveis explicações e conversas, compartilhando comigo seu conhecimento e seu amor pela Química. A vocês, meu carinho e minha admiração. Muito obrigada. Vocês são exemplos que levarei para sempre em minha vida.

A todos os professores do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional da UFRGS que contribuíram para o meu crescimento profissional. As professoras Dra. Mara Elisa Fortes Braibante, Dra. Daniele Trajano Raupp e Dra. Nathália Marcolin Simon por aceitarem fazer parte da minha banca de dissertação. A Professora Andressa Schaurich, pela contribuição neste trabalho. A UFRGS por pela acolhida e oportunidade de estudar em uma universidade pública e de qualidade.

Aos colegas de turma do ProfQui, obrigada por compartilharem comigo as experiências, os momentos bons, as risadas e também os conhecimentos. Agradeço as explicações, as trocas de material e a amizade. Guardo todos em meu coração.

A colega de mestrado, Maikeli Carniel, que, além de tudo, foi companheira de jornada, de viagem, de quarto. Dividimos alegrias, tristezas, conquistas, decepções, mas o mais importante foi ter ganhado uma amiga.

Aos meus colegas de trabalho das três escolas onde atuo na prática docente.

Aos meus alunos, em especial aqueles do ensino médio do Colégio Estadual Doutor Dorvalino Luciano de Souza e da Escola Ângelo Beltramin, que contribuíram com a sua participação nesta pesquisa.

E, especialmente, ao meu querido e amado companheiro Josnei, por sonhar comigo este sonho, pela sua compreensão, ficando sempre ao meu lado, suportando a ausência, me apoiando e me encorajando a seguir em frente e concluir este trabalho.

Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.

Marthin Luther King.

TRABALHOS GERADOS DA DISSERTAÇÃO E PUBLICADOS ATÉ O MOMENTO

- BARBOZA, D. A. P.; MERLO, A. A.; PAZINATO, M. S. Proposta de atividade experimental investigativa para o estudo de propriedades dos compostos orgânicos no ensino médio. In: 39º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química (EDEQ), 2020, Lajeado. **Anais dos 39º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química (EDEQ)**. Lajeado: Editora Univates, 2019. p. 864.

- BARBOZA, D. A. P.; MERLO, A. A.; PAZINATO, M. S. Plano Orientador "Grupos Cromóforos e sua Relação com a Cor": Produto Educacional para uma Abordagem Experimental Investigativa da Química Orgânica no Ensino Médio. **Revista Virtual de Química**, v. 13, n. 3, p. 650 – 660, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20210036>.

RESUMO

Este estudo relata uma pesquisa desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - PROFQUI da UFRGS, que teve como objetivo investigar as habilidades cognitivas desenvolvidas pelos estudantes que participaram de uma sequência de atividades experimentais com enfoque investigativo voltada para o estudo dos conceitos de Química Orgânica no ensino médio. Fundamenta-se na ideia do experimento investigativo como uma atividade diferenciada em termos metodológicos para a construção de novos conhecimentos e desenvolvimento de habilidades de alta ordem cognitiva, tais como selecionar e avaliar informações para a resolução de problemas, além de generalizar os tópicos estudados em outros contextos. Para isso, foram elaborados três Planos Orientadores que fornecem um passo a passo do planejamento e aplicação de atividades de cunho investigativo. Por intermédio dos Planos Orientadores é possível abordar conceitos químicos, como funções orgânicas (estrutura química e densidade eletrônica), polaridade das moléculas, forças intermoleculares, propriedades físicas e métodos de separação de substâncias em uma mistura. De acordo com a literatura da área, a classificação da proposta investigativa quanto ao nível de exigência cognitiva requerido pelas questões propostas para os alunos é de nível 3 e em relação à participação dos estudantes na execução das atividades experimentais, ou seja, o grau de liberdade, se enquadra na categoria V. Os Planos Orientadores foram desenvolvidos em duas turmas da 3ª série do ensino médio no contexto do Ensino Híbrido proposto pelo estado do Rio Grande do Sul, sendo a maior parte das atividades remotas e fornecido suporte para a execução dos experimentos. Os dados desta pesquisa foram coletados através de questionários e relatórios das atividades experimentais. A partir dos resultados obtidos percebem-se indícios do desenvolvimento de habilidades cognitivas de alta ordem, o que pode ter sido favorecido pela participação ativa dos estudantes nas tarefas propostas, bem como pela contextualização dos conceitos químicos com suas vivências a partir das aulas experimentais investigativas. Os resultados apresentados neste trabalho evidenciam que os estudantes analisaram informações, investigaram alternativas para a solução das questões propostas nos experimentos, avaliaram e interpretaram dados experimentais, bem como elaboraram respostas e justificativas embasadas na teoria científica. Assim, os Planos Orientadores proporcionaram abordar a Química Orgânica de uma forma investigativa e podem ser úteis em outros contextos educacionais, que busquem abrir um espaço de diálogo, entre professor e estudante e entre os próprios estudantes, visando o aprofundamento conceitual.

Palavras-chave: Experimento investigativo; Planos Orientadores; Ensino de Química Orgânica.

ABSTRACT

This study reports the research developed on the Professional Master's Degree in Chemistry in National Network - PROFQUI at UFRGS, it aims to examine cognitive skills developed by students who took part in some experimental activities with an exploratory focus on the study of Organic Chemistry concepts in High School. This research is based on the idea of a science experiment as a different method of activities to construct new knowledge and develop cognitive skills of a high order, such as select and assess information to solve problems, besides generalizing topics studied in other contexts. To do so, three Guiding Plans were elaborated to provide step by step the planning and appliance of exploratory activities. Through the Guiding Plans, it is possible to approach chemical concepts like functional groups (chemical structure and electronic density), molecule polarity, intermolecular forces, physical properties, and methods for separating mixtures. According to the literature in the area, the experimental proposal is classified as 3rd level considering the requirement level demanded from the students related to their attendance in the execution of the experimentation activities, that means, the degree of freedom is in category V. The Guiding Plans was developed in two teams of the 3rd Grade of High School in the context of the Hybrid Education proposed by the State of Rio Grande do Sul, as remote activities and support were provided to the execution of the experiments. The data for this research were collected through questionnaires and reports of the experimentation activities. From the results achieved some evidence of the development of cognitive skills of high level were noticed, what was beneficiated by the active involvement of the students in the proposed tasks, as well as the contextualization of the chemical concepts with their lived experience in experimental and exploratory classes. The results presented in this work emphasize that students analyzed information, researched alternatives to solve the questions given in the experiments, assessed and comprehended experimental data, as well as they composed answers and justifications based on scientific theory. Thus, the Guiding Plans provide for approaching Organic Chemistry in an exploratory way and they can be useful to other educational contexts in search for opening spaces of dialogue, between teacher and student, and among students, aiming to conceptual enhancement.

KEYWORDS: Investigative experiment; Guiding Plans; Organic Chemistry Teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Representação da estrutura química dos ácidos oleico (cis), ácido elaídico (trans) e ácido esteárico.	33
Figura 2- Ponto de fusão versus cadeia carbônica dos ácidos graxos.	35
Figura 3 - Esquema da cadeia carbônica do triacilglicerol.....	37
Figura 4 - Cadeias carbônicas do ácido butírico e do acetato de etila.....	38
Figura 5 - Representação da estrutura química da água, do etanol e do octanol.....	39
Figura 6 - Representação da estrutura química da vitamina C e vitamina.	40
Figura 7 - Representação da síntese do ácido acetilsalicílico através de anidrido acético e ácido salicílico.....	41
Figura 8 - Representação da hidrólise do ácido acetilsalicílico.....	43
Figura 9 - Efeitos da luz que provocam a sensação de cor.....	44
Figura 10 - Um auxocromo iniciando a deslocalização eletrônica em um grupo cromóforo do tipo azo.	45
Figura 11 - Espectro eletromagnético.....	47
Figura 12 - Representação da estrutura química da tartrazina.....	47
Figura 13 - Estrutura química do corante azul de indigotina.	48
Figura 14 - Representações da estrutura química do íon flavílio.	49
Figura 15 - Representação das estruturas químicas das antocianidinas Delfinidina e Malvidina. A cor e forma predominante nas respectivas faixas de pH, bem como a hidrólise do cátion flavílio para formar as chalconas isoméricas Z e E. Isômero Z é mostrado.....	50
Figura 16 - Escala do grau de concordância.....	64
Figura 17 - Faixa etária dos sujeitos da pesquisa e gênero da turma em dados percentuais. ...	65
Figura 18 - Análise geral das respostas obtidas no questionário pós-laboratório 1.	70
Figura 19 - Análise geral das respostas obtidas no questionário pós-laboratório 2.	73
Figura 20 - Análise geral das respostas obtidas no questionário pós-laboratório 3.	76
Figura 21 - Avaliação das etapas da categoria “Conceitualização” de cada atividade experimental investigativa.....	79
Figura 22 - Avaliação das etapas da categoria “Investigação” de cada atividade experimental investigativa.....	84
Figura 23 - Avaliação das etapas da categoria “Conclusão” de cada atividade experimental investigativa.....	93

Figura 24 - Grau de concordância da categoria “Atividades Experimentais como recurso didático”.....	96
Figura 25 - Grau de concordância da categoria “Sequência de aulas experimentais”.....	99
Figura 26 - Grau de concordância da categoria “Envolvimento/participação dos estudantes”.....	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Nível de exigência cognitiva requerido pelas questões propostas para os alunos.	23
Quadro 2 - Categorias de experimentos de acordo com o grau de participação do estudante.	23
Quadro 3 - Nível cognitivo das respostas dos alunos.....	27
Quadro 4 - Absorção de luz e a cor aparente.....	46
Quadro 5 - Descrição dos objetivos e habilidades de cada Plano Orientador.	57
Quadro 6 - Instrumento de análise de habilidades cognitivas investigativas dos estudantes. ..	61
Quadro 7 - Categorias de avaliação do Instrumento de coleta de dados 4.	62
Quadro 8 - Escala numérica para julgar as afirmações.	62
Quadro 9 - Análise individual do desempenho dos estudantes nas questões pós-laboratório do Plano Orientador 1.....	70
Quadro 10 - Análise individual do desempenho dos estudantes nas questões pós-laboratório do Plano Orientador 2.....	74
Quadro 11 - Análise individual do desempenho dos estudantes nas questões pós-laboratório do Plano Orientador 3.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de insaturações* versus PF para um ácido graxo com 18 carbonos.....	34
Tabela 2 - Análise descritiva da categoria “Atividades Experimentais como recurso didático”.	96
Tabela 3 - Análise descritiva da categoria “Sequência de aulas experimentais”.	98
Tabela 4 - Análise descritiva da categoria “Envolvimento/participação dos estudantes”.....	101

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAS	Ácido acetilsalicílico
ALG	Algorítmicas
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
HDL	Lipoproteína de alta densidade
HOCS	<i>Higher Order Cognitive Skills</i>
LDL	Lipoproteína de baixa densidade
LOCS	<i>Lower Order Cognitive Skills</i>
LP-4	Linha de Pesquisa 4
OCEM	Orientações Curriculares para o Ensino Médio
PC	Parcialmente Corretas
PCNEM+	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PE	Ponto de ebulição
PF	Ponto de fusão
pH	Potencial hidrogeniônico
PROFQUI	Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional
RM	Ranking Médio
SPSS	<i>Statistical Package for Social Sciences</i>
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
1 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE QUÍMICA E O DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES.....	20
1.1 O ensino de Química baseado no experimento investigativo.....	20
1.2 Desenvolvimento de habilidades por meio de atividades experimentais investigativas	25
2 OS CONTEÚDOS DE QUÍMICA ORGÂNICA	29
2.1 Contextualização do ensino de Química Orgânica a partir dos documentos oficiais.....	29
2.2 Os conteúdos de Química Orgânica abordados no produto educacional	32
2.2.1 Plano Orientador 1 - “Relação entre estrutura química e propriedades dos compostos orgânicos”	32
2.2.2 Plano Orientador 2 - “Pureza dos medicamentos”	40
2.2.3 Plano Orientador 3 - “Grupos cromóforos e sua relação com a cor”	44
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	53
3.1 Classificação da pesquisa	53
3.2 Contexto da pesquisa.....	54
3.3 Etapas da Pesquisa	55
3.3.1 Elaboração do produto	55
3.3.2 Aplicação do produto	58
3.3.3 Avaliação dos dados.....	59
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
4.1 Perfil dos estudantes.....	65
4.2 Perspectivas, opiniões e experiências dos sujeitos da pesquisa	66
4.3 Evolução conceitual em Química Orgânica	69
4.4 Desenvolvimento de habilidades cognitivas: alguns indícios	79
4.5 Avaliação dos experimentos investigativos e autoavaliação dos estudantes.....	95
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
APÊNDICES.....	115
Apêndice A – Produto Educacional	115
Plano Orientador da atividade experimental 1 - Relação entre estrutura química e propriedades dos compostos orgânicos	118
Plano Orientador da atividade experimental 2 - Pureza dos medicamentos	123
Plano Orientador da atividade experimental 3 - Grupos cromóforos e sua relação com a cor	127
Apêndice B – Questionário investigativo inicial.....	132
Apêndice C – Autoavaliação.....	133

INTRODUÇÃO

A Química Orgânica trata das propriedades dos compostos contendo o elemento químico carbono. A maioria deles é formado pelos elementos químicos carbono e hidrogênio, mas eles podem também apresentar outros elementos químicos, tais como oxigênio, nitrogênio, enxofre, fósforo, halogênios, silício, etc. A combinação de átomos desses elementos forma moléculas que estão relacionadas com a estrutura dos seres vivos e sua sobrevivência, bem como com a maioria dos produtos industrializados, que vão desde fibras têxteis aos medicamentos. Avaliando esse contexto, percebe-se que a quantidade de compostos orgânicos presentes direta ou indiretamente no nosso dia a dia é numerosa e variada. Com tantos produtos à disposição, será que as pessoas utilizam os conhecimentos químicos para lidar e solucionar problemas que ocorrem rotineiramente em suas vidas?

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) aponta que uma pequena parcela dos brasileiros aplica os conhecimentos científicos na resolução de problemas do cotidiano, o que indica a necessidade do letramento científico da população. O documento destaca ainda que aprender ciência é ir além dos conteúdos conceituais (BRASIL, 2018), considerando uma abordagem que leve o estudante a construir aprendizados e solucionar problemas, o que pode tornar a aprendizagem interessante e com utilidade na vida das pessoas (FERREIRA; HARTWIG; OLIVEIRA, 2010; LIMA; PINA; BARBOSA, 2000).

Nessa perspectiva, a aprendizagem em Química implica em compreender, falar e pensar sobre os fenômenos cotidianos. No entanto, em relação ao ensino de Química Orgânica, algumas pesquisas (FREIRE, 2017; PAZINATO; BRAIBANTE, 2014; CORREIA; DONNER JR; INFANTE-MALACHIAS, 2008; LIMA; PINA; BARBOSA, 2000) sinalizam preocupação com a aprendizagem dos conceitos científicos desta área no ensino médio. Este problema pode estar relacionado ao fato de os tópicos de Química Orgânica serem desenvolvidos de forma desvinculada dos demais conteúdos da Química, tendo foco em operações de classificação e nomenclatura de compostos orgânicos, assim como ocorre com as outras áreas da Química, cabendo ao estudante fazer as conexões e relacionar os conceitos químicos para desenvolver uma visão unificada desta Ciência (CORIO *et al.*, 2012).

O ensino, assim fragmentado, não relaciona os conteúdos e leva a concepção de que uma área da Química nada tem a ver com as demais. Desta forma, as aulas de Química Orgânica, em muitas escolas, se resumem em classificar e dar nomes a compostos orgânicos na maior parte do ano letivo, com pouco ou nenhum momento de reflexão e contextualização dos

conteúdos considerados de maior relevância para a construção do saber científico (MARCONDES *et al.*, 2015).

Destaca-se que o ensino de Química não pode se limitar a uma abordagem meramente tradicional e tecnicista, restringindo-se à transmissão de informações e de estruturas químicas, reforçando uma visão arcaica de conceber a Ciência. Aprender Ciência está muito além de conceitos sem significação e relação com o contexto social ou tecnológico onde o estudante está inserido. O aprendizado ocorre mediante a participação do aluno como centro do processo de aprendizagem, ou seja, ele exerce papel ativo em atividades que promovem o desenvolvimento de habilidades cognitivas mais elevadas, tais como: levantar hipóteses, formular questões, resolver problemas, tomar decisões e desenvolver o pensamento crítico. (ZOMPERO; LABURÚ; VILAÇA, 2019; SUART; MARCONDES, 2009; SUART, 2008; GONDIN; MOL, 2006; DE JONG, 1998).

Portanto, o pressuposto ‘professor transmissor de conjunto de fórmulas e nomes complexos e aluno receptor de informações’ consiste em um modelo pedagógico ultrapassado. É preciso romper com a linearidade dessa Química descontextualizada e provocar o interesse do estudante, possibilitando o desenvolvimento do saber científico.

Neste contexto, a BNCC ressalta a importância dos processos e práticas investigativas no âmbito da aproximação do estudante com a identificação de problemas que os coloquem em posição ativa nas atividades desenvolvidas em sala de aula. A solução desses problemas exige o levantamento de informações relevantes; a elaboração de hipóteses, argumentos e explicações, planejamento de procedimentos; a realização de testes experimentais, tirar conclusões a partir da análise de dados e informações coletadas durante a investigação, o que, conseqüentemente, promove o protagonismo do estudante, pois além de adquirir as informações, ele aprende como obtê-las, produzi-las e analisá-las criticamente (BRASIL, 2018; SOUZA *et al.*, 2013). Assim, habilidades podem ser desencadeadas a partir de propostas investigativas.

As atividades experimentais no ensino médio, se bem elaboradas, surgem como um instrumento capaz de favorecer o processo de ensino e a abordagem de conceitos químicos de maneira dinâmica e significativa para os estudantes. Isso pode ser favorecido por intermédio de uma abordagem investigativa. Nessa perspectiva, o estudante é desafiado a mobilizar o seu conhecimento prévio e formular uma estratégia pessoal ou em pequenos grupos, para resolver problemas cotidianos utilizando a cultura científica. Em específico, na presente pesquisa, acredita-se que isso favorece a aprendizagem de Química Orgânica, caso os experimentos estejam relacionados e aplicáveis em sua vida.

Desta forma, considerando que o ensino de Química enfrenta muitas dificuldades, tais como o desinteresse dos alunos e a descontextualização, as principais motivações para esse estudo são:

I - Poucas propostas de atividades experimentais para o ensino médio que contextualizem o saber científico (de Química Orgânica) com o cotidiano;

II - Necessidade do desenvolvimento de um produto educacional com abordagem de cunho investigativo que estimule o desenvolvimento de habilidades de alta ordem cognitiva nos estudantes.

Esta pesquisa foi desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - PROFQUI, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, dentro da Linha de Pesquisa LP-4: Novos Materiais. Assim, entende-se que é necessário propor uma estratégia de abordagem investigativa, com situações que desafiem o aluno a mobilizar seu conhecimento prévio, desenvolver habilidade cognitiva e formular estratégias para resolver problemas que fazem parte do cotidiano. Para isso, foi desenvolvida uma sequência de aulas com experimentos investigativos, em que se propõe: 1^o - teste de solubilidade de alguns compostos orgânicos presentes no dia a dia, por meio da análise do comportamento dessas substâncias na presença de solventes que se diferem pela polaridade e massa molecular; 2^o - recristalização do ácido acetilsalicílico usando etanol comercial como solvente; e 3^o - extração de pigmentos de plantas e/ou produtos alimentícios industrializados utilizando a técnica de cromatografia de papel e cromatografia em coluna. Salienta-se que para o desenvolvimento dos experimentos investigativos foram priorizados materiais de baixo custo e fácil acesso, com aplicações diversas na vida cotidiana, uma vez que a falta de espaço adequado, equipamentos e a dificuldade de adquirir reagentes específicos e de alto custo constituem empecilhos para o desenvolvimento de experimentos na educação básica (FREIRE, 2017).

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo geral investigar as habilidades cognitivas desenvolvidas nos estudantes que participaram de uma sequência de atividades experimentais com enfoque investigativo voltada para o estudo dos conceitos de Química Orgânica no ensino médio. Os objetivos específicos envolvem:

- Desenvolver e aplicar uma sequência de atividades experimentais a fim de contextualizar conteúdos de Química Orgânica, tais como: polaridade, forças intermoleculares, estrutura química e propriedades físicas dos compostos orgânicos com o cotidiano;

- Investigar a percepção dos estudantes sobre a sequência de aulas experimentais e o potencial didático dos experimentos;
- Verificar a autoavaliação dos estudantes quanto ao envolvimento e participação nas tarefas propostas durante a sequência de aulas experimentais;
- Fornecer aos professores do ensino médio um produto educacional que os auxilie na elaboração de aulas experimentais que não sejam meramente expositivas.

Nesse contexto, a presente Dissertação está estruturada em cinco capítulos, de modo a apresentar uma pesquisa na área de Ensino de Química. O primeiro capítulo **Atividades experimentais investigativas no ensino de Química e o desenvolvimento de habilidades** fornece o embasamento teórico norteador desta pesquisa, o qual foi organizado nos seguintes tópicos: *O ensino de Química baseado no experimento investigativo*, em que é apresentado o aporte bibliográfico necessário para desenvolver atividades experimentais investigativas e *Desenvolvimento de habilidades por meio de atividades experimentais investigativas*, o qual destaca as habilidades cognitivas a serem desenvolvidas nos estudantes através da abordagem investigativa.

O segundo capítulo **Os conteúdos de Química Orgânica** está estruturado nos seguintes tópicos: *Contextualização do ensino de Química Orgânica a partir dos documentos oficiais* e *Os conteúdos de Química Orgânica abordados no produto educacional*, o qual trata dos conceitos químicos dos três Planos Orientadores.

O capítulo seguinte **Procedimentos metodológicos** apresenta os aspectos metodológicos desta pesquisa. É exposta a caracterização da pesquisa, o contexto em que ela aconteceu e as etapas de desenvolvimento, que envolvem a elaboração, aplicação, avaliação, seguido do método e da coleta e análise dos dados.

Já no quarto capítulo **Resultados e discussão**, são apresentadas a análise e discussão dos resultados obtidos com a aplicação do produto educacional. Por fim, no capítulo 5, **Considerações finais**, são retomadas as atividades desenvolvidas nesta pesquisa e feitas algumas considerações a respeito da abordagem através do experimento investigativo.

1 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE QUÍMICA E O DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES

Neste capítulo, apresenta-se a fundamentação teórica para o desenvolvimento de atividades investigativas no ensino de Química no nível médio. Além disso, alguns estudos sobre o desenvolvimento de habilidades cognitivas nos estudantes utilizando o método investigativo são expostos.

1.1 O ensino de Química baseado no experimento investigativo

A experimentação vem sendo usada no ensino de Química como uma ferramenta pedagógica eficiente na construção do conhecimento científico, uma vez que favorece a relação entre os conceitos trabalhados em sala de aula e aspectos observáveis, muitas vezes, relacionados às vivências dos estudantes. É preciso considerar que as atividades experimentais não servem apenas para que os estudantes apreciem a experimentação. É preciso compreendê-la e utilizá-la corretamente, assim como refletir acerca das questões: “Qual o papel didático da experimentação?” ou “De que maneira ela contribui para a aprendizagem da Química?” (SOUZA *et al.*, 2013, p. 11).

O desenvolvimento de experimentos com estudantes, seja no laboratório ou em sala de aula, tem uma série de objetivos didáticos previstos pela literatura. Alguns desses objetivos são: compreensão de conceitos científicos e o confronto com suas concepções atuais; desenvolvimento de habilidades cognitivas, como resolução de problemas, pensamento crítico e fazer decisões; desenvolvimento de habilidades manipuladora e investigadora; compreensão da natureza da ciência; compreensão dos conceitos subjacentes à pesquisa científica, como a definição de um problema científico e uma hipótese; desenvolvimento de atitudes científicas, como objetividade e curiosidade; incentiva o prazer e interesse pelo estudo de ciências, ou seja, o trabalho em equipe enriquece o conhecimento e desenvolve o ser humano (FERREIRA; HARTWIG; OLIVEIRA, 2010; OLIVEIRA, 2010; GIORDAN, 1999; DE JONG, 1998).

De acordo com Oliveira (2010), o uso de atividades experimentais pode ocorrer de diversas maneiras. Dependendo do objetivo da aula, as intervenções podem ser classificadas em três tipos de abordagens ou modalidades:

i) atividades experimentais demonstrativas: neste tipo de abordagem os estudantes observam os fenômenos enquanto o professor executa o experimento. Associada à aula expositiva, o experimento demonstrativo é utilizado para explicar particularidades de um conteúdo, podendo

ser realizado no início ou no final da aula. Essa modalidade geralmente é empregada quando não há material disponível para todos os estudantes ou espaço compatível ou ainda quando há pouco tempo para a realização do experimento. O professor é o detentor do processo, pois desenvolve todas as etapas do experimento.

ii) atividades experimentais de verificação: têm a função de comprovar uma lei ou teoria. Os resultados e as explicações para os fenômenos observados são previamente esperados. Essa abordagem geralmente é empregada quando os estudantes não estão acostumados a manusear equipamentos e realizar experimentos, sendo aplicada na sequência da aula expositiva por necessitar de conhecimentos prévios.

iii) atividades experimentais investigativas: nesta abordagem o estudante participa de todas as etapas do desenvolvimento do experimento, que vai desde a interpretação do problema até a solução para ele. O estudante torna-se ativo na construção do próprio saber e o professor tem o papel de orientar o processo de aprendizagem, ou seja, auxilia e incentiva-o nos momentos em que há a necessidade de clareza ou ajustes no desenvolvimento do experimento. Essa abordagem oferece a oportunidade para o estudante analisar situações problemas, coletar dados, elaborar e testar hipóteses, argumentar e discutir com o grupo os fenômenos químicos observados, o que levará ao desenvolvimento de habilidades cognitivas e raciocínio lógico.

Analisando o último critério, a experimentação quando aliada a abordagem investigativa, oportuniza a contextualização desses saberes (dos conceitos científicos) e o desenvolvimento de habilidades para a vida real. A atividade experimental com esse viés é vista como uma estratégia que permite aos alunos autonomia no processo de construção do conhecimento. Portanto, neste trabalho dissertamos sobre como explorar o potencial dos experimentos investigativos como uma estratégia para o ensino de Química a nível médio com o propósito de desenvolver habilidades cognitivas nos estudantes.

Para Suart (2008), a atividade experimental investigativa é definida como aquela em que os estudantes participam de todas as etapas do planejamento experimental, sendo instigados pelo professor, o qual faz indagações e propõe desafios aos estudantes. A aprendizagem ocorre de forma autogerida e ativa, com os estudantes assumindo responsabilidades pela sua aprendizagem e desenvolvimento de competências (SPRONKEN-SMITH *et al.*, 2007). Esse tipo de atividade também possui outras denominações na literatura, como “ensino baseado em pesquisa, aprendizagem baseada em inquérito (*Inquiry Based Learning – IBL*), ensino e aprendizagem indutiva” (SPRONKEN-SMITH *et al.*, 2007).

Na atividade experimental investigativa o estudante explora fenômenos partindo de situações problema, e a aprendizagem ocorre através da proposição de soluções a partir da

elaboração de um plano experimental desenvolvido pelos próprios estudantes (BORGES, 2002). Freire (2017) destaca a importância do protagonismo do estudante na construção da aprendizagem através de abordagens investigativas, “onde ele participa de todas as etapas do experimento (planejamento para implementação, desenvolvimento das atividades, discussão e conclusão)”, favorecendo uma aprendizagem mais consistente (FREIRE, 2017, p. 23-24).

Neste tipo de intervenção, geralmente, o professor não fornece um roteiro de atividade experimental, mas orienta e possibilita ao estudante a liberdade para desenvolver todas as etapas que atividades dessa natureza necessitam, como a análise do problema, levantamento de hipóteses, preparo e execução dos procedimentos, análise e discussão dos resultados (SOUZA *et al.*, 2013; OLIVEIRA, 2010; SPRONKEN-SMITH *et al.*, 2007; BORGES, 2002). Essa proposta requer um planejamento para a realização do experimento, bem como anotações, análise de dados e o desenvolvimento da capacidade de argumentação através da sistematização das observações obtidas pelos estudantes (ZOMPERO; LABURÚ; VILAÇA, 2019; BORGES, 2002).

O planejamento deve ser cuidadosamente elaborado, considerando os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o assunto a ser abordado e o tempo de execução da atividade, assim como as habilidades que se deseja desenvolver nos estudantes (BRASIL, 2002). Atenta-se para o fato de que a atividade experimental efetiva leva em consideração a aplicação de atividades pré e pós-laboratório, como levantamento de hipóteses e justificativas para a fase pré, assim como discussão e interpretação dos resultados obtidos na fase pós-laboratório. Neste momento faz-se necessário relacionar as observações feitas na atividade com as previsões levantadas antes da realização da mesma, discutindo possíveis resultados e erros da atividade prática (BORGES, 2002). A participação efetiva do estudante na realização das atividades propostas poderá levá-lo ao desenvolvimento de habilidades.

Suart e Marcondes (2009) relacionam o esforço cognitivo exigido para o aluno resolver o problema experimental e o nível cognitivo, ou seja, quanto maior o esforço mental dos estudantes, maior a capacidade de desenvolver habilidades de nível cognitivo superior. Conforme as perguntas propostas pelo professor enquanto os estudantes participam da investigação, as atividades experimentais investigativas podem ser classificadas em três níveis, que são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Nível de exigência cognitiva requerido pelas questões propostas para os alunos.

Nível	Descrição
1	Requer que o estudante somente recorde uma informação partindo dos dados obtidos.
2	Requer que o estudante desenvolva atividades como sequenciar, comparar, contrastar, aplicar leis e conceitos para a resolução do problema.
3	Requer que o estudante utilize os dados obtidos para propor hipóteses, fazer inferências, avaliar condições e generalizar.

Fonte: Suart; Marcondes, 2008.

Essa classificação permite analisar se os questionamentos dos professores são de fato desafiadores e significativos para os estudantes. Também avalia o nível de habilidade cognitiva que os mesmos devem desenvolver para que possam solucionar o problema.

Borges (2002) apresenta a discussão sobre “o grau de abertura” que o estudante tem ao realizar uma atividade, ou seja, o quanto da atividade a ser desenvolvida é determinada pelo professor e quanto de liberdade os estudantes têm para desenvolverem cada etapa desta atividade. Nessa mesma linha de pensamento, De Jong (1998) destaca as diferentes categorias de experimentos baseadas na ideia de "graus de liberdade" que podem ser definidos com a participação requerida dos estudantes para a execução das atividades experimentais, tendo mais ou menos autonomia para sua execução. O Quadro 2 apresenta a relação entre a participação dos alunos (A) e a categoria que o experimento é classificado.

Quadro 2 - Categorias de experimentos de acordo com o grau de participação do estudante.

Etapas no procedimento	Categoria do experimento					
	I	II	III	IV	V	VI
	Realizado pelo Professor (P) ou pelo Aluno (A)					
Levantar um problema	P	P	P	P	P	A
Formular hipóteses	P	P	P	P	A	A
Planejar um experimento	P	P	P	A	A	A
Realizar o experimento	P	P	A	A	A	A
Registrar dados/observações	P	A	A	A	A	A
Tirar conclusões	A	A	A	A	A	A

Fonte: Pella, 1961 apud De Jong, 1998, tradução nossa.

Na primeira categoria de experimentos, os alunos interpretam dados e tiram conclusões, apenas. Uma segunda categoria inclui as observações e registro de fenômenos. Já a terceira categoria de experimentos envolve escolher e usar procedimentos de medição apropriados e outras atividades práticas. Uma quarta categoria inclui elaborar um plano geral de atividades. Uma quinta inclui todas as atividades anteriores e a de reformular um problema através do desenvolvimento de hipóteses. Por fim, uma sexta categoria de experimentos inclui as etapas anteriores e se expande com a atividade de levantar um problema geral (DE JONG, 1998).

Desta forma, quanto mais liberdade os estudantes têm para desenvolver a atividade, maior o caráter investigativo da aula. Assim, espera-se que os estudantes alcancem resultados de aprendizagem que incluam pensamento crítico, capacidade de investigação independente, responsabilidade pela própria aprendizagem e crescimento intelectual e maturidade (LEE *et al.*, 2004).

Neste sentido, atividade experimental investigativa e contextualizada requer um estudante muito mais ativo, que solucione problemas a partir da relação entre os conceitos científicos e situações reais da sua vivência diária. Muitas pesquisas mencionam os benefícios do uso de metodologias investigativas: os alunos aprendem melhor quando assumem um papel ativo e praticam o que aprenderam; desenvolvem competências, que são a tomada de decisões, o pensamento crítico e autonomia; fazem observações, perguntas, experimentos e relacionam suas conclusões (BRASIL, 2018; SOUZA *et al.*, 2013; SUART, 2008).

O experimento investigativo geralmente é realizado de forma colaborativa, em que os alunos podem trabalhar em grupos, e, assim, desenvolver autonomia, competências metacognitivas, como chegar ao conhecimento, além de habilidades de alta ordem, como pensamento crítico, análise e resolução de problemas, por exemplo. Desta forma, as atividades experimentais investigativas têm o papel de desenvolver habilidades cognitivas, competências e assim, resultar na alfabetização científica, desde que sejam planejadas e executadas de forma a privilegiar a participação dos estudantes (BRASIL, 2018; SUART; MARCONDES, 2009).

A literatura aponta que é importante que no ensino de Química sejam desenvolvidas habilidades de ordem superior, as quais compreendem, por exemplo, estabelecer relações, controlar variáveis, resolver problemas, desenvolver o pensamento crítico e avaliativo. Tais habilidades não se alcançam simplesmente com o estudo exaustivo, em específico para a Química Orgânica, da nomenclatura e classificação de funções orgânicas (MARCONDES *et al.*, 2015), muito comum no ensino médio brasileiro, conforme relatado anteriormente.

1.2 Desenvolvimento de habilidades por meio de atividades experimentais investigativas

Atividades desenvolvidas no laboratório de Química sem a intenção de envolver os estudantes de maneira crítica e reflexiva não contribuem para desenvolver habilidades tampouco para construir conhecimento. Muito se fala em estratégias que visem a formação científica dos estudantes, construção de conceitos e tomada de decisões (SUART, 2008).

Para Borges (2002), parece haver um desaconselhamento quanto às aulas de laboratórios do modo como comumente está sendo utilizado por conta do efeito negativo ao aprendizado dos estudantes. O cumprimento do roteiro previamente estabelecido pelo professor, montagem de equipamentos, anotações e cálculos para chegar na “resposta esperada” consomem praticamente todo o tempo disponível, não sobrando espaço para a interpretação dos resultados. Assim, não há mudanças nas concepções e tomada de gosto pela investigação científica, e o desenvolvimento de habilidades não ocorre.

O experimento investigativo vai muito além de comprovar fenômenos (BRASIL, 2018; SOUZA *et al.*, 2013; LIMA; PINA; BARBOSA, 2000). Fomenta o desenvolvimento cognitivo, fornece importantes novas estratégias de ensino nas quais as atividades laboratoriais adequadamente projetadas terão um papel central. Assim, quando os estudantes participam desses momentos, mediados pelo professor que tem o papel de orientar a organização das ideias, ocorre desenvolvimento conceitual, atitudinal e cognitivo (BRASIL, 2018; SUART; MARCONDES, 2009).

A elaboração de hipóteses é de fundamental importância na construção do conhecimento científico. É através da suposição de consequências que o estudante é levado a desenvolver criatividade, refletindo acerca das estratégias que deverá desenvolver para coletar e analisar os dados observados para solucionar a situação problema (SUART, 2008). A aplicação de atividades dessa natureza desenvolve habilidades cognitivas e o raciocínio lógico, uma vez que o estudante atua em todas as etapas da investigação (ZOMPERO; LABURÚ; VILAÇA, 2019; SUART, 2008), desde que essas atividades sejam planejadas e executadas de modo a oportunizar a sua participação (SUART; MARCONDES, 2009).

A construção do conhecimento científico promove “[...] a formação do pensamento e das atitudes do sujeito” (GIORDAN, 1999, p. 44). Para esse mesmo autor, considerando a dimensão psicológica, a experimentação que possibilita erro e acerto, faz com que o estudante formule estratégias para solucionar o problema, mantendo-o comprometido com sua aprendizagem. Assim, ocorre a relação entre os fenômenos e os conceitos químicos, favorece a aproximação entre estudantes e entre estudantes e o professor. O professor torna-se mediador,

fazendo uso da linguagem científica para transcorrer entre as concepções prévias, que podem ser consideradas como hipóteses, para os conceitos científicos, desenvolvendo habilidades para lidar com problemas sociais (GONDIN; MOL, 2006).

A resolução de problemas pode ocorrer de várias maneiras considerando diferentes alunos. Essa diferença pode ser explicada pelo esforço cognitivo empregado pelos estudantes durante a execução das atividades envolvidas no experimento, as quais são classificadas em duas categorias: as habilidades cognitivas de baixa ordem (LOCS: *Lower Order Cognitive Skills*) e as de alta ordem (HOCS: *Higher Order Cognitive Skills*). Há ainda uma terceira categoria, classificada como questões ALG (algorítmicas), que constituem uma categoria a parte ou uma subcategoria das LOCS.

As LOCS ocorrem quando os estudantes têm a capacidade de conhecer, lembrar informações ou aplicar conhecimento ou algoritmos memorizados e resolução de exercícios. Já as HOCS são aquelas onde o estudante tem capacidade para a investigação, resolução de problemas (não exercícios), tomada de decisões, desenvolvimento do pensamento crítico e avaliativo (SUART; MARCONDES, 2009). Portanto, espera-se que a metodologia investigativa desencadeie habilidades cognitivas de alta ordem nos estudantes.

As soluções para os problemas elaborados pelos alunos podem ser categorizadas de acordo com as habilidades cognitivas empregadas. Suart e Marcondes (2008) listam as habilidades desenvolvidas nos estudantes a partir da análise das respostas dadas aos questionamentos elaborados pelo professor quando eles participavam de atividades experimentais investigativas (Quadro 3).

Quadro 3 - Nível cognitivo das respostas dos alunos.

Nível	Categoria de resposta ALG
1	<ul style="list-style-type: none"> ● Não reconhece a situação problema. ● Limita-se a expor um dado lembrado. ● Retêm-se a aplicação de fórmulas ou conceitos
Nível	Categoria de resposta LOCS
2	<ul style="list-style-type: none"> ● Reconhece a situação problemática e identifica o que deve ser buscado. ● Não identifica variáveis. ● Não estabelece processos de controle para a seleção das informações. ● Não justifica as respostas de acordo com os conceitos exigidos
3	<ul style="list-style-type: none"> ● Explica a resolução do problema utilizando conceitos já conhecidos ou lembrados (resoluções não fundamentadas, por tentativa) e quando necessário representa o problema com fórmulas ou equações. ● Identifica e estabelece processos de controle para a seleção das informações. ● Identifica as variáveis, podendo não compreender seus significados conceituais.
Nível	Categoria de resposta HOCS
4	<ul style="list-style-type: none"> ● Seleciona as informações relevantes. ● Analisa ou avalia as variáveis ou relações causais entre os elementos do problema. ● Sugere as possíveis soluções do problema ou relações causais entre os elementos do problema. ● Exibe capacidade de elaboração de hipóteses
5	<ul style="list-style-type: none"> ● Aborda ou generaliza o problema em outros contextos ou condições iniciais

Fonte: Suart, Marcondes, 2008.

Verifica-se que, quanto maior o nível cognitivo exigido para a resolução de problemas, de mais alta ordem será a habilidade desenvolvida no estudante. A partir disso, pressupõe-se que uma atividade experimental investigativa bem elaborada e aplicada pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades cognitivas de alta ordem.

Conforme a BNCC, o desenvolvimento de habilidades favorece o exercício do pensamento crítico, a tomada de decisões responsáveis, éticas e consistentes na identificação e solução de situações-problema. Espera-se que no Ensino Médio os estudantes desenvolvam competências específicas, como analisar, compreender, utilizar e construir; a partir dessas competências, desenvolvam habilidades como investigar, representar, utilizar, avaliar, analisar, interpretar, elaborar, justificar e comunicar (BRASIL, 2018).

Deste modo, a aprendizagem baseada na investigação se diferencia da aula expositiva ou de experimentos sem contextualização, contribuindo para a compreensão dos objetivos reais de um experimento e desenvolvimento do pensamento científico, por meio da sistematização

das etapas propostas. Assim, neste trabalho se pressupõe que as atividades experimentais com caráter investigativo podem auxiliar no desenvolvimento de habilidades cognitivas de alta ordem nos estudantes.

2 OS CONTEÚDOS DE QUÍMICA ORGÂNICA

Este capítulo inicialmente apresenta uma breve revisão sobre o que dizem os documentos oficiais acerca do ensino de Química Orgânica e a importância da abordagem investigativa na aprendizagem desta ciência. Na sequência são apresentados os conceitos científicos que embasam teoricamente os experimentos propostos e podem ser abordados pelos professores quando desenvolverem cada Plano Orientador.

2.1 Contextualização do ensino de Química Orgânica a partir dos documentos oficiais

A abordagem investigativa através da experimentação deve ter objetivos claros e possuir vínculo com o conteúdo estudado e, se possível, com o cotidiano dos alunos, para que a Ciência se torne algo possível de ser entendida na esfera macroscópica. Nesse sentido, o ensino de Química deve contemplar o desenvolvimento de raciocínio, senso crítico e formação humana, uma vez que tem o papel de formar indivíduos capazes de ter autonomia moral, de contribuir para as transformações científicas e tecnológicas e, como consequência, sociais e culturais (BRASIL, 2018).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM+) sugerem que os conteúdos sejam desenvolvidos segundo um tripé sustentado nos três alicerces, sob a qual o ensino de Química deve estar estruturado: transformações químicas, materiais e suas propriedades e modelos explicativos. Juntamente com essa tríade vem a adequação pedagógica fundada em contextualização, desenvolvimento cognitivo e afetivo, e o desenvolvimento de competências e habilidades. Quanto aos conteúdos, deve-se levar em conta “temas relevantes que favoreçam a compreensão do mundo natural, social, político e econômico. E, para isso, a forma de tratamento desses temas e conteúdos é determinante e deve contemplar o desenvolvimento de procedimentos, atitudes e valores” (BRASIL, 2002, p. 88).

Neste mesmo documento, os conteúdos de Química Orgânica aparecem articulados com conhecimentos biológicos. O documento destaca a relação entre alimentos de origem vegetal tais como carboidratos, proteínas, óleos ou gorduras como sendo o ponto de partida para o entendimento de conceitos químicos, como a formação de cadeias carbônicas, dos tipos de ligação do carbono, das funções orgânicas e de isomeria. Em relação a articulação da Química com outras áreas do conhecimento, esses conceitos podem explicar muitos fenômenos biológicos e processos presentes nos sistemas produtivos (BRASIL, 2002).

Os PCNEM+ propõem a organização dos conteúdos por meio de temáticas. No tema 8, Química e Biosfera, “propõe-se o estudo dos compostos orgânicos de origem vegetal e animal como fontes de recursos necessários à sobrevivência humana: suas composições, propriedades, funções, transformações e usos”. Nesse item, a Química Orgânica “ganha outro significado, integrando conceitos e princípios gerais tratados em outros temas” (BRASIL, 2002, p. 104).

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio (OCEM) elencam os conhecimentos químicos importantes a serem trabalhados no ensino médio. No caso, referente à Química Orgânica, os conteúdos destacados são: compreensão das propriedades das substâncias e dos materiais em função das interações entre átomos, moléculas ou íons; caracterização de substâncias por algumas de suas propriedades físicas; aplicação de ideias sobre arranjos atômicos e moleculares para compreender a formação de cadeias, ligações, funções orgânicas e isomeria; identificação das estruturas químicas dos hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres, carboidratos, lipídeos e proteínas; reconhecimento da associação entre nomenclatura de substâncias com a organização de seus constituintes (BRASIL, 2006). Dentre os documentos oficiais norteadores do ensino de Química no nível médio, as OCEM apresentam os conteúdos conceituais a serem abordados nesta disciplina de forma mais clara, listando uma base conceitual para os professores.

No documento mais recente, a Base Nacional Curricular Comum (BNCC), os conhecimentos conceituais da área de Ciências da Natureza foram privilegiados levando em consideração as competências específicas e habilidades iniciadas no Ensino Fundamental e sua adequação ao Ensino Médio, propondo o aprofundamento nas temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo (BRASIL, 2018).

Na orientação da BNCC, as competências específicas e habilidades propostas para o Ensino Médio exploram situações-problema envolvendo melhoria da qualidade de vida, segurança, sustentabilidade, diversidade étnica e cultural, entre outras, na expectativa de que os estudantes aprofundem e ampliem seus pensamentos quanto ao contexto de produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico e construam suas interpretações para fenômenos e problemas sociais. O documento reitera que “as análises, investigações, comparações e avaliações contempladas nas competências e habilidades da área podem ser desencadeadoras de atividades envolvendo procedimentos de investigação” (BRASIL, 2018, p. 551).

Analisando a BNCC, os conteúdos de Química não aparecem explicitamente. A competência específica 3 relaciona o conhecimento conceitual relacionado à Química Orgânica

somente em três itens: “estrutura e propriedades de compostos orgânicos, biomoléculas e produção do etanol” (BRASIL, 2018, p. 559).

Observa-se uma complementaridade dos documentos oficiais em relação ao ensino de Química Orgânica. Desta forma, considerou-se os pressupostos expostos, bem como os conhecimentos conceituais sugeridos para a elaboração do produto desta dissertação, o qual constitui três Planos Orientadores para o desenvolvimento de atividades experimentais investigativas. A partir dessa abordagem experimental, buscou-se contemplar o desenvolvimento de habilidades e competências, previsto na BNCC. Percebe-se que o enfoque desse documento é orientar para uma mudança na postura do professor, sugerindo que este utilize situações problemáticas e métodos ativos, visto que os aspectos conceituais são pouco enfatizados.

Outro referencial utilizado para a elaboração do produto educacional desta dissertação foi o de Mullins (2008). Para o autor, entender e aprender Química Orgânica remete a uma estrutura fundamental de conteúdos que devem ser ministrados, impreterivelmente, na disciplina, a qual ele chama de “Seis pilares da Química Orgânica”. Os conteúdos destacados são: 1. Eletronegatividade; 2. Ligação covalente polar; 3. Efeitos estéricos; 4. Efeitos indutivos; 5. Ressonância; 6. Aromaticidade. O autor considera que esses seis conceitos são suficientes para solucionar muitos problemas que surgem durante o estudo da Química Orgânica. Esta abordagem dos seis pilares possui alguns objetivos, que são:

- (i) construir conhecimento de química orgânica sobre uma base sólida de conceitos fundamentais;
- (ii) explicar e prever uma ampla variedade de propriedades químicas, físicas e biológicas das moléculas;
- (iii) unir conceitualmente características importantes de Química Geral, Orgânica e Bioquímica; e
- (iv) introduzir os conceitos mais cedo e reforçá-los frequentemente de forma que sejam assimilados (MULLINS, 2008, p. 83, tradução nossa).

Acredita-se que, além destes, outros conteúdos também sejam relevantes para o ensino de Química Orgânica, como por exemplo, forças intermoleculares, propriedades físicas e estrutura química.

Após análise dos documentos e da abordagem dos seis pilares, considera-se que a Química Orgânica deve dar sequência às aprendizagens químicas construídas ao longo da trajetória escolar, unindo os saberes das outras áreas da Química, como Química Inorgânica e Físico-Química, pois o conhecimento não se apresenta fragmentado, mas numa sequência lógica e estruturada, de modo que um conceito complementa o outro.

Considerando a importância de alguns temas na área da Química, iremos discorrer sobre os conceitos químicos tratados no produto desta dissertação, que são: polaridade, forças intermoleculares, estrutura química e propriedades físicas dos compostos orgânicos.

2.2 Os conteúdos de Química Orgânica abordados no produto educacional

A seguir, apresenta-se a fundamentação teórica dos três Planos Orientadores que constituem o produto educacional desta dissertação. O Plano Orientador 1 foi denominado de “Relação entre estrutura química e propriedades dos compostos orgânicos”, o Plano Orientador 2 “Pureza dos medicamentos” e o Plano Orientador 3 “Grupos cromóforos e sua relação com a cor”.

2.2.1 Plano Orientador 1 - “Relação entre estrutura química e propriedades dos compostos orgânicos”

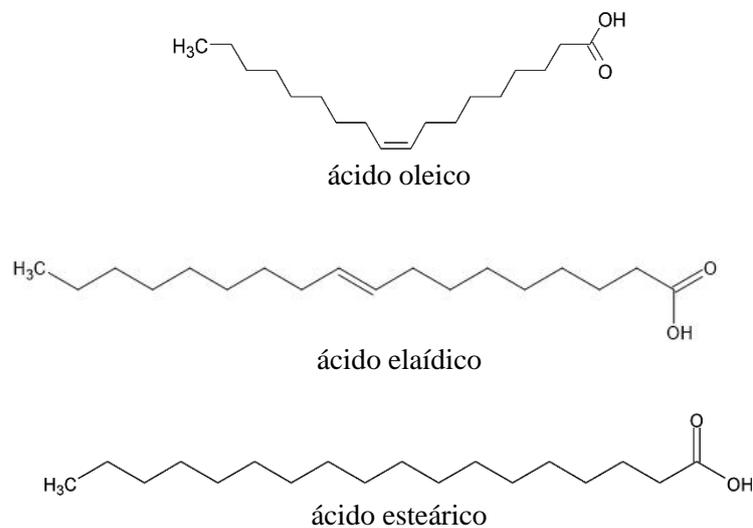
A maioria das moléculas de organismos vivos são constituídas por átomos de carbono. O estudo da Química Orgânica se justifica pela capacidade que o carbono tem de formar quatro ligações covalentes de diferentes formas com outros átomos de carbono e também com outros átomos, principalmente, dos elementos hidrogênio, oxigênio, enxofre e nitrogênio, o “que torna possível a existência de um vasto número de moléculas diferentes presentes em organismos vivos complexos” (SOLOMONS; FRYHLE, 2001, p. 44). Quanto à função biológica, esta é determinada pela estrutura tridimensional de uma molécula orgânica e pelos grupos funcionais que ela contém.

A estrutura química dos compostos orgânicos é constituída por uma sequência de ligações covalentes de átomos de carbono e hidrogênio, e, em alguns casos, seguido de outros heteroátomos. Estas ligações se devem ao emparelhamento de elétrons, resultando na formação de orbitais moleculares, que podem ser do tipo sigma (σ) ou pi (π). Essa sequência ajuda a identificar as substâncias orgânicas e algumas de suas características, assim como o grupo a qual pertencem. Além disso, interferem nas forças intermoleculares pelas quais as moléculas interagem entre si. Essas forças dependem de fatores como: polaridade, massa molecular, simetria e superfície de contato (SILVA; LIMA, 2019).

As moléculas orgânicas apresentam, além dos átomos de Carbono e Hidrogênio, outros átomos que formam o grupo funcional ou insaturações que são responsáveis pela ocorrência das reações químicas, sendo a parte que efetivamente determina as propriedades químicas e

muitas propriedades físicas de um composto. Por exemplo, nos alcenos, a ligação dupla carbono-carbono é responsável pela reatividade da molécula, como pode-se observar na estrutura química do ácido oleico, apresentada no Plano Orientador 1 desta pesquisa. A ligação dupla também é a origem dos isômeros *cis-trans*, os quais apresentam propriedades físicas diferentes, tais como pontos de fusão (PF) e pontos de ebulição (PE) (BRUICE, 2006; SOLOMONS; FRYHLE, 2001). Isso pode ser observado nos ácidos oleico, elaídico e esteárico (Figura 1), com pontos de fusão 13°C, 44°C e 70°C, respectivamente.

Figura 1- Representação da estrutura química dos ácidos oleico (*cis*), ácido elaídico (*trans*) e ácido esteárico.



Fonte: Autores (2021).

Observando a estrutura química dos ácidos graxos que são constituintes da classe de biomoléculas Lipídeos, por exemplo, do ácido oleico (presente no azeite de oliva) e do ácido esteárico (presente na manteiga de cacau), pode-se fazer previsões quanto ao seu comportamento físico à temperatura ambiente (Figura 1). Os estados físicos líquido, sólido ou gás das substâncias orgânicas têm uma dependência com a forma da molécula. Para os ácidos graxos, por exemplo, a fase líquida ou sólida tem uma relação com a presença de ligações duplas nas moléculas, levando-se em consideração a presença ou ausência de insaturações na cadeia carbônica, o que confere ou não uma eficiência no “empacotamento” entre as moléculas da substância (BRUICE, 2006).

Analisando as estruturas do ácido oleico (C₁₈H₃₄O₂) e do ácido esteárico (C₁₈H₃₆O₂), distintas apenas por uma ligação dupla, percebe-se que o primeiro se apresenta líquido à temperatura ambiente (PF = 13°C), enquanto o segundo está no estado sólido (PF = 70°C). Isso

acontece devido à ausência de insaturações nas moléculas do ácido esteárico e a forma estendida, conferindo forças de van der Waals mais fortes entre elas. Quanto maior a área de contato para associações intermoleculares, mais forte serão as forças de van der Waals, e, portanto, maior será a energia necessária para romper tais forças para a substância atingir o ponto de fusão ou de ebulição (CAREY, 2011; BRUICE, 2006).

A previsão do ponto de fusão é mais fácil do que do ponto de ebulição. Enquanto que no primeiro pode-se utilizar o critério de simetria da molécula para prever o tipo de empacotamento, no ponto de ebulição a previsão é mais complexa porque as moléculas da vizinhança passam para estado gasoso na transição do estado líquido para o gasoso.

Na Tabela 1 pode-se observar uma comparação feita entre o PF e o número de duplas ligações em uma molécula de um ácido graxo com 18 carbonos (BAIRD, 2006). Percebe-se que quanto maior o número de insaturações, menor a temperatura de fusão.

Tabela 1 - Número de insaturações* versus PF para um ácido graxo com 18 carbonos.

Número de ligações C=C	PF (°C)
0	71
1	16
2	-5
3	-11

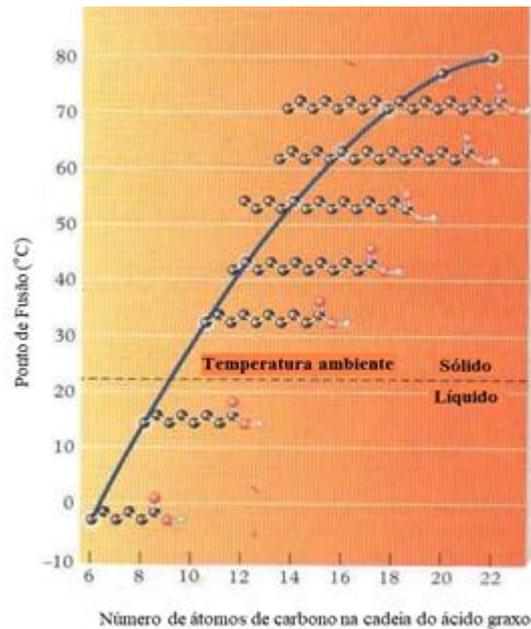
*A cadeia carbônica assume uma forma dobrada com a geometria *Cis* da ligação dupla.

Fonte: Baird, 2006.

Os dados da Tabela 1 mostram que o aumento do número de insaturações faz com que o ponto de fusão diminua drasticamente. Por exemplo, isso influencia no escoamento de um material pela mudança da forma mais linear para uma forma mais dobrada ou elipsoidal. Nesse sentido, a interação intermolecular e a forma da molécula influenciam na fluidez do material. Nos óleos, o aumento do grau de insaturação *cis* diminui as interações entre as moléculas, aumentando assim a fluidez pela mudança da forma que a molécula assume. Além disso, a ausência da instauração na cadeia alquílica de uma gordura torna o material menos suscetível a oxidação (PINHO; SUAREZ, 2013; OLIVEIRA; SUAREZ; SANTOS, 2008).

Outro fator determinante nas propriedades dos ácidos graxos é o tamanho da cadeia carbônica. A Figura 2 apresenta a relação entre o acréscimo do PF com o aumento da cadeia carbônica para alguns ácidos graxos saturados. Isso ocorre devido a uma maior atração de van der Waals entre essas moléculas (PAZINATO, 2012).

Figura 2- Ponto de fusão versus cadeia carbônica dos ácidos graxos.



Fonte: Baird, 2006.

Com um número maior de carbonos na molécula há um número maior de ligações e elétrons, aumentando o número de interações intermoleculares do tipo van der Waals e, como consequência, aumenta o PF e PE da substância. No entanto, se duas cadeias com mesmo número de carbonos forem comparadas, o PE diminui com a ramificação da cadeia, resultante da menor área de contato e menor número de interações entre as moléculas (BRUICE, 2006).

A compactação e rigidez de moléculas individuais conferem outro fator importante que afeta o ponto de fusão de muitos compostos orgânicos, como a simetria, que confere pontos de fusão elevados para moléculas com essa característica, como é percebido entre as moléculas dos ácidos oleico, eláidico e esteárico, citadas anteriormente (Figura 1), com pontos de fusão de 13°C, 44°C e 70°C, respectivamente (SOLOMONS; FRYHLE, 2001). Salienta-se que o “empacotamento é a propriedade que determina quanto uma molécula individual é bem acomodada em uma rede cristalina. Quanto mais compacta a acomodação, maior é a energia necessária para quebrar a rede cristalina e fundir a substância” (BRUICE, 2006, p. 85).

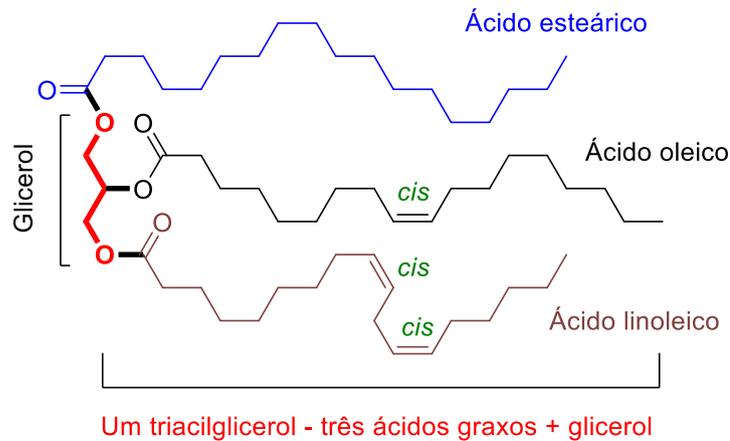
Moléculas com longas cadeias alquílicas tendem a formar sólidos amorfos, em virtude da baixa polaridade das ligações químicas.

A presença das ligações duplas nas estruturas dos ácidos graxos insaturados provoca a possibilidade da existência de arranjos moleculares diferentes para uma mesma fórmula molecular, denominados de diastereoisômeros. Por exemplo, a ligação dupla *cis* do ácido oleico gera uma *dobra* no ácido, fazendo com que as moléculas se acomodem de forma menos compacta, o que confere a substância menor PF. Os espaços vazios são maiores para o ácido que contém a ligação dupla com a geometria *cis*. O mesmo não ocorre com as moléculas dos ácidos elaídico (*trans*) e esteárico (saturado), devido ao empacotamento das moléculas ser mais efetivo.

Assim como avaliamos anteriormente a viscosidade, podemos também avaliar outras propriedades físico-químicas com base nas ideias apresentadas acima. Por exemplo, podemos discutir como os materiais interagem com a radiação da luz visível e a cor que eles apresentam para os nossos olhos. Em materiais em que a luz passa por eles com trajetórias bem definidas ou com baixa dispersão da luz são ditos transparentes. Os materiais opacos são aqueles que não permitem a passagem completa da luz por eles. E o terceiro tipo é o material translúcido no qual a luz se propaga de modo irregular e o que observamos é uma imagem difusa. Para os ácidos citados podemos prever que a transparência a temperatura ambiente (25°C) será maior para o ácido oleico e menor para o ácido esteárico, considerando o estado físico desses compostos. Desse modo, quando a luz é refletida pelos agregados das moléculas do ácido esteárico a temperatura ambiente, enxergamos uma substância de aspecto opaco, pois ele é um sólido amorfo nessa condição. Com aquecimento, todos os agregados tendem a se desfazer e acima do ponto de fusão três exemplos passam a ter um grau de transparência excelente.

Quimicamente, gorduras e óleos são misturas naturais de triacilgliceróis, também chamados de triglicerídeos - triésteres de glicerol com três cadeias longas de ácidos carboxílicos chamados de ácidos graxos (Figura 3). Eles diferem porque as gorduras são sólidas à temperatura ambiente e os óleos são líquidos. Geralmente ignoramos essa distinção e nos referimos a ambos os grupos como gorduras (CAREY, 2011). As gorduras e os óleos, ésteres de ácidos graxos insaturados e saturados, se enquadram na categoria de lipídeos simples. Esses, quando sofrem hidrólise total, originam ácidos graxos e álcoois (POL; GROSS; PARTON, 2014).

Figura 3 - Esquema da cadeia carbônica do triacilglicerol.

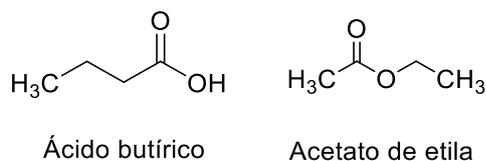


Fonte: Autores (2021).

Os ácidos graxos estão presentes naturalmente nos alimentos. Porém, os isômeros geométricos *trans* (ácido elaídico) podem ser formados a partir dos ácidos graxos insaturados durante o processo de fritura, de hidrogenação e no refino de óleos – processos industriais. Com relação à saúde humana, esse processo reduz o número de duplas ligações, o que pode tornar o ácido graxo capaz de modificar o perfil lipídico provocando um aumento nos níveis da lipoproteína de baixa densidade (LDL) e reduzir os níveis da lipoproteína de alta densidade (HDL), elevando o risco de doenças cardiovasculares (PINHO; SUAREZ, 2013; VASCONCELOS COSTA; BRESSAN; SABARENSE, 2006).

Quando as propriedades físicas são conhecidas, como PF e PE, pode-se identificar e isolar compostos orgânicos, assim como decidir o método de isolamento mais apropriado. Comparando dois compostos de mesma massa (e fórmula) molecular, observa-se que o PE do álcool etílico (+78,5°C) é mais elevado que o do éter dimetílico (-24,9°C). Isso acontece, pois as moléculas do álcool etílico formam entre si ligações hidrogênio muito fortes, uma vez que apresentam um átomo de hidrogênio ligado covalentemente a um átomo de oxigênio. O mesmo não ocorre com as moléculas do éter dimetílico, resultando em forças intermoleculares dipolo-dipolo mais fracas (CAREY, 2011; SOLOMONS; FRYHLE, 2001). Podemos usar outros exemplos, como o ácido butírico (PE 163°C), que confere o aroma rançoso a manteiga e o acetato de etila (77°C) com aroma mais agradável às nossas narinas. Enquanto o ácido butírico se auto-organiza na forma de dímeros via ligações de hidrogênio do grupo carboxílico, o éster se auto-organiza através das interações dipolares do grupo carboxilato.

Figura 4 - Cadeias carbônicas do ácido butírico e do acetato de etila.



Fonte: Autores (2021).

Nesse sentido, a diferença no comportamento físico desses compostos pode ser usada para a escolha correta do método de purificação de líquidos a temperatura ambiente.

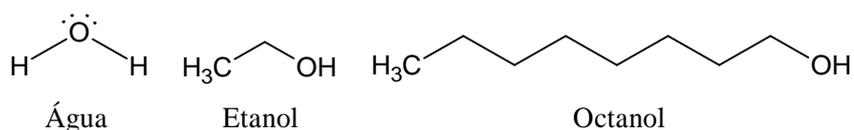
O grau de solubilidade, por exemplo, do ácido oleico e do ácido esteárico em compostos com polaridades semelhantes ou diferentes, como água, etanol e octanol (Figura 5) pode ser previsto, uma vez que a diferença na eletronegatividade na cadeia carbônica entre átomos de carbono e hidrogênio é pequena, conferindo caráter apolar e interação intermolecular mais fraca (dipolo-induzido/London). As moléculas de água, fortemente polares, estão unidas umas às outras por ligações hidrogênio e as novas forças atrativas que poderiam se estabelecer entre as moléculas de água e as moléculas dos ácidos graxos são fracas, não compensando energeticamente o processo de dissolução, uma vez que é um processo que requer energia suficiente para vencer as atrações existentes entre as moléculas que constituem o ácido graxo, bem como vencer as forças existentes entre as próprias moléculas de água (MARTINS; LOPES; ANDRADE, 2013).

Compostos orgânicos com longas cadeias carbônicas, que são formados por dois segmentos moleculares distintos em polaridade, forma, etc., são chamados de anfífilos. Assim, os três ácidos apresentam na mesma estrutura segmentos moleculares com polaridade distintas. A porção alquílica é apolar, enquanto que a parte do grupo carboxílico é polar e capaz de estabelecer ligações de hidrogênio. A predominância da parte apolar com o aumento da cadeia carbônica determina uma maior solubilidade em solventes orgânicos de baixa polaridade. Neste caso, os ácidos oleico, eláidico e esteárico são muito solúveis em octanol, uma vez que a parte apolar da cadeia é a que predomina, e as forças intermoleculares que se estabelecem entre as moléculas dos ácidos graxos e do octanol são de mesma magnitude das existentes entre as moléculas dos ácidos graxos, bem como entre as moléculas do octanol.

Convém também destacar que além da parte energética envolvida nos processos de solubilidade, existe um outro componente que relaciona-se com os graus de liberdade que as moléculas apresentam estando em líquidos de mesma similaridade ou distintos. Assim, a entalpia representa a parte das interações eletrostáticas representadas pelas ligações de

hidrogênio, dipolos e dipolos induzidos, enquanto que a entropia representa o número de posições que os átomos, moléculas, etc., podem ocupar no espaço, sendo matematicamente definidos pela equação de Gibbs ($\Delta G = \Delta H - T\Delta S$).

Figura 5 - Representação da estrutura química da água, do etanol e do octanol.



Fonte: Autores (2021).

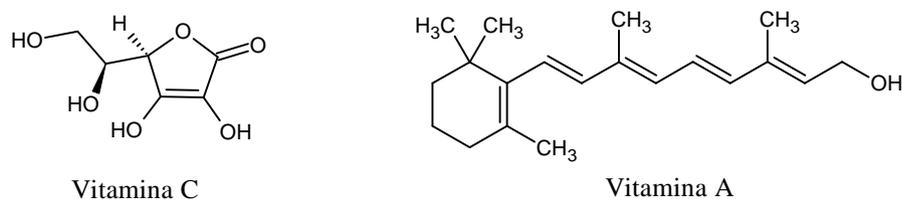
Assim, o ácido oleico, o ácido eláidico e o ácido esteárico possuem melhor solubilidade em compostos apolares, ou seja, dos exemplos citados acima são mais solúveis em octanol do que em etanol ou água, seguindo a regra: “[...] solutos apolares dissolvem-se em solventes apolares porque as interações de van der Waals entre as moléculas de soluto e solvente são aproximadamente as mesmas entre as moléculas de solvente-solvente e soluto-soluto” (BRUICE, 2006, p. 86). Na realidade, para que o rompimento das forças de atração entre as moléculas do soluto e entre as moléculas do solvente seja compensado, as forças de atração entre as moléculas do soluto e do solvente devem ser de mesma magnitude (FREIRE, 2017; MARTINS; LOPES; ANDRADE, 2013).

Quanto ao etanol e água, são bons solventes para compostos polares, uma vez que formam ligações hidrogênio e a cadeia alquílica é pequena. As ligações hidrogênio são resultantes da interação de átomos de hidrogênio com átomos pequenos e fortemente eletronegativos (Oxigênio, Nitrogênio ou Flúor) e pares de elétrons não-ligantes de outros desses átomos (FREIRE, 2017; ATKINS; JONES, 2012; CAREY, 2011). Esse tipo de força intermolecular “é mais fraca que uma ligação covalente, porém muito mais forte que as interações dipolo-dipolo que ocorrem na acetona” (SOLOMONS; FRYHLE, 2001, p. 60). Em virtude da polaridade que apresenta, a água forma interações eletrostáticas com outras moléculas ou íons também polares. Neste caso, os ácidos graxos citados não interagem com a água, permanecendo separados ou em camadas.

Esse mesmo raciocínio pode ser aplicado na solubilidade das vitaminas, que podem ser classificadas em lipossolúveis e hidrossolúveis, de acordo com propriedades fisiológicas e físico-químicas comuns. As vitaminas A, D, E e K são lipossolúveis, enquanto as vitaminas do complexo B e a vitamina C são hidrossolúveis. Essas últimas são metabolizadas e excretadas

mais rapidamente, necessitando de reposição frequente, ao passo que as vitaminas lipossolúveis são estocadas no organismo. Na Figura 6 são apresentadas as estruturas químicas das vitaminas C e A.

Figura 6 - Representação da estrutura química da vitamina C e vitamina.



Fonte: Autores (2021).

Observa-se a presença de várias hidroxilas na molécula de vitamina C, o que confere alta polaridade e a torna hidrossolúvel. Já a vitamina A possui um grupo hidroxila, porém a parte apolar da cadeia é predominante, conferindo característica apolar à vitamina. Daí o motivo pelo qual esta e outras vitaminas lipossolúveis ficam armazenadas no organismo.

O Plano Orientador 1 envolve a realização de uma atividade experimental relativamente simples de ser executada (teste de solubilidade de ácidos graxos em diferentes solventes), utilizando materiais e reagentes de fácil acesso. Esse plano também favorece a contextualização do ensino de Química Orgânica com problemas cotidianos. Os conteúdos do ensino médio que foram desenvolvidos são: polaridade, forças intermoleculares, estrutura química, propriedades físicas dos compostos orgânicos e isomeria, os quais são bastante presentes nas provas do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) (SILVA; SOUZA, 2018).

2.2.2 Plano Orientador 2 - “Pureza dos medicamentos”

O ácido acetilsalicílico (AAS), mais conhecido por Aspirina® (nome da formulação produzida pela Bayer), é um fármaco da família dos salicilatos. O ácido acetilsalicílico é um pó branco cristalino e inodoro, e possui ação antipirética, analgésica, anti-inflamatória e atua como inibidor da agregação das plaquetas sanguíneas (SPITZ, 2008; MAIA, 2007; VANE; BOTTING, 2003).

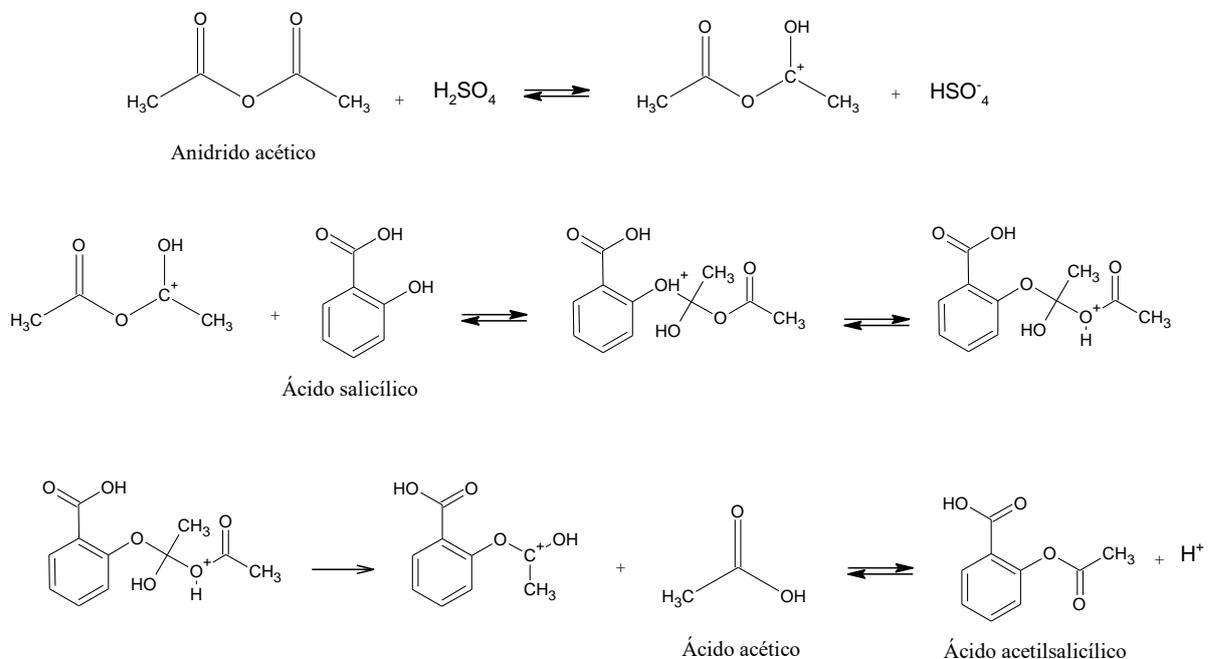
A Aspirina® foi produzida, inicialmente, a partir da acetilação do ácido salicílico, extraído do Salgueiro branco (*Salix Alba*). Existem aproximadamente 400 tipos diferentes de Salgueiro, sendo as mais comuns o Salgueiro branco e o Salgueiro chorão. Crescem em climas temperados e frios e em solos úmidos. Hipócrates, em 400 a.C., já conhecia esses benefícios,

prescrevendo a seus pacientes que mastigaram lascas do salgueiro a fim de diminuir febre e dor (VIEIRA, 2018; JEFFREYS, 2004).

Durante um determinado período da história, na idade média, a salicilina extraída do Salgueiro e suas propriedades medicinais foram esquecidas. Somente em 1763, as especificidades terapêuticas do Salgueiro voltaram ao conhecimento das pessoas. Alguns registros históricos relatam que o Reverendo Edmund Stone de Oxford aplicou o pó das cascas do Salgueiro misturado a chás ou água, em pessoas em estado febril por alguns anos. Mesmo sem conhecer a história de cura do salgueiro de séculos anteriores, Stone evidenciou que, na maioria das vezes, a febre dos pacientes desaparecia (VIEIRA, 2018; MAIA, 2007; JEFFREYS, 2004).

Hoje, depois de 100 anos após ter chegado ao mercado, a Aspirina®, cujo princípio é o ASS, é um dos medicamentos mais consumidos no mundo, com seu consumo excedendo 40.000 toneladas por ano (SIMÃO, 2018). Uma das técnicas de produção industrial mais utilizada é a síntese a partir do anidrido acético e o ácido salicílico na presença de ácido sulfúrico como catalisador, representada na Figura 7.

Figura 7 - Representação da síntese do ácido acetilsalicílico através de anidrido acético e ácido salicílico.



Fonte: Maia, 2007.

A partir da estrutura do AAS, verifica-se que fórmula molecular é $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_3$ e identificam-se os seguintes grupos funcionais: i) carboxila; ii) grupamento acetila; e a cadeia carbônica do

anel benzênico. O grupamento acetila poderá interagir com outras moléculas através de ligações hidrogênio, em que o oxigênio da carbonila é aceptor de hidrogênio (BARREIRO, 2001).

A solubilidade é considerada um parâmetro quantitativo e constitui uma propriedade física importante dos materiais, que pode ser definida como a quantidade de soluto que se dissolve em uma determinada quantidade de solvente, em condições de equilíbrio, importante para o estudo do comportamento dos compostos orgânicos. Conhecer a solubilidade é de interesse na produção de fármacos, pois influencia fortemente as propriedades farmacocinéticas, tais como absorção, distribuição, metabolismo e excreção (MARTINS; LOPES; ANDRADE, 2013).

Segundo Hansen (2000), o parâmetro de solubilidade original pode ser dividido em várias partes individuais, estando relacionado às forças de dispersão atômicas, forças moleculares de dipolo permanente e de ligação hidrogênio. Para o autor, os materiais orgânicos apresentam três tipos de forças de maior interação: forças de interação não polares, também chamadas de forças de dispersão; interações de dipolo permanente e ligação hidrogênio. Uma molécula que possui interações dipolo permanente pode ser significativamente polar sem, entretanto, ser solúvel em água (HANSEN, 2000).

Neste contexto, apesar de o AAS apresentar os grupamentos polares das funções orgânicas éster e ácido carboxílico, é pouco solúvel em água. Por outro lado, o AAS é bastante solúvel em etanol. Esse diferente comportamento pode ser explicado por alguns fatores estruturais que resultam nas diferentes interações entre essas moléculas.

O etanol, que possui um átomo de carbono ligado a um oxigênio do grupo hidroxila (-OH), apresenta ligações polares, resultado de cargas parciais positivas sobre os átomos de carbono (δ^+) e cargas parciais negativas (δ^-) sobre o átomo mais eletronegativo, o átomo de oxigênio. Já o AAS possui grupamentos carbonila, nos quais o átomo de carbono exibe uma carga parcial positiva (δ^+) e o átomo de oxigênio uma carga parcial negativa (δ^-). A polaridade dessas moléculas pode ser expressa por meio do momento de dipolo (μ), estando relacionado com a disposição espacial dos átomos e com a presença de elétrons não ligantes (MARTINS; LOPES; ANDRADE, 2013).

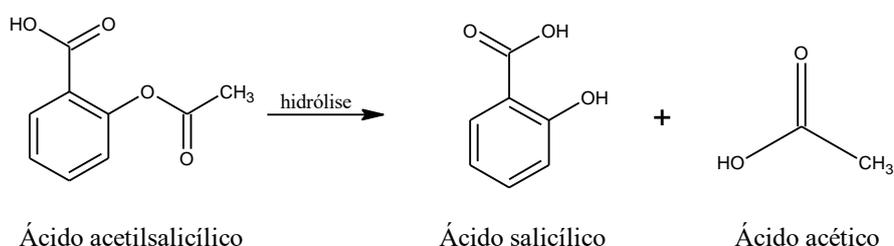
Os momentos dipolares da água (H_2O), etanol (CH_3CH_2OH) e do ASS (formula molecular) são 1,85D, 1,69D e 1,58D respectivamente (SYROVAYA *et al.*, 2017; MARTINS; LOPES; ANDRADE, 2013). A solubilidade do AAS em água à temperatura ambiente é de 0,3g/100g, sendo solúvel em álcool e éter, e seu ponto de fusão é de 135°C (VIEIRA, 2018).

Além disso, a geometria do AAS não contribui para sua solubilidade quando relacionada com a geometria da molécula da água. A parte de menor polaridade (anel benzênico) e parte

polar éster e ácido carboxílico constituem dois segmentos moleculares incompatíveis, e isso acarreta em menor solubilidade em água, pois forma poucas ligações hidrogênio. No entanto, quando analisamos do etanol, percebemos que esses dois elementos moleculares incompatíveis também estão presentes no solvente etanol. Essa incompatibilidade é comum entre o soluto (AAS) e o solvente (etanol). Nesse caso, a regra “similis-similis” é perfeitamente aplicável, ocorrendo assim uma melhor interação do AAS com o etanol.

Em contato com a umidade do ar, o ácido acetilsalicílico hidrolisa gradativamente em ácido salicílico e ácido acético (Figura 8), devido à quebra hidrolítica do grupo éster fenólico (MAIA, 2007). Portanto, a água não é um bom solvente para a recristalização da Aspirina, pois pode hidrolisar parcialmente o ASS quando a solução aquosa for submetida ao aquecimento.

Figura 8 - Representação da hidrólise do ácido acetilsalicílico.



Fonte: Autores (2021).

A maioria dos compostos sólidos possui maior solubilidade em solventes quentes que em solventes frios. Conforme a temperatura diminui, a solubilidade da substância também diminui, ocasionando a recristalização ou a precipitação de acordo com o termo $T\Delta S$ da equação de Gibbs ($\Delta G = \Delta H - T\Delta S$). O processo de dissolução por aquecimento é endotérmico e o incremento na temperatura contribui para o aumento do termo entrópico.

Por esse comportamento físico, os componentes são separados pela diferença de solubilidade em um mesmo solvente, sendo possível purificar o ácido acetilsalicílico eficientemente através da técnica de recristalização.

A recristalização é uma técnica que tem como essência a purificação e baseia-se na diferença de solubilidade de diferentes compostos em um mesmo solvente com gradiente de temperatura. É importante levar em consideração que o solvente deve dissolver o sólido enquanto quente e não dissolvê-lo (ou apresentar uma menor solubilidade) enquanto frio. O mesmo solvente deve manter a impureza dissolvida nele (ZUBRICK, 2005).

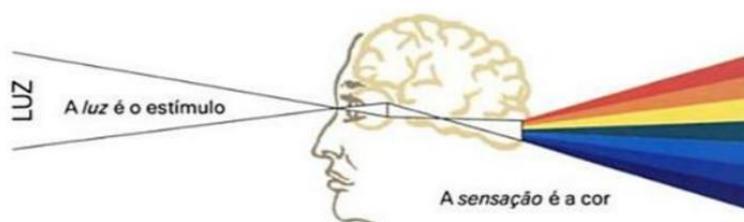
É necessário conhecer o ponto de fusão e a solubilidade do composto a ser purificado em diferentes solventes para decidir se a cristalização é o método mais eficiente na separação ou purificação de uma mistura para remover impurezas (SOLOMONS; FRYHLE, 2001). Por exemplo, como no caso da recristalização do ácido acetilsalicílico, o qual é solúvel em etanol e pouco solúvel em água. Acima de 30 °C, a solubilidade do ácido acetilsalicílico é aumentada utilizando uma mistura de etanol/água, na proporção mássica de 75% - 25%, em relação ao etanol puro (MAIA, 2007).

A atividade experimental proposta no Plano Orientador 2 é a recristalização do ácido acetilsalicílico. A técnica é exequível no ensino médio e adequada para abordagem dos conceitos de polaridade, forças intermoleculares, estrutura química e propriedades físicas dos compostos orgânicos. Neste caso, foi utilizado o etanol comercial e ácido acetilsalicílico, encontrados facilmente em mercados e farmácias, respectivamente, para realizar o experimento.

2.2.3 Plano Orientador 3 - “Grupos cromóforos e sua relação com a cor”

As cores visualizadas, e a interpretação dos sinais que o cérebro recebe é um processo complexo. No entanto, podemos correlacionar de uma maneira bem simplificada as cores que observamos com a estrutura química de um composto orgânico. As células dos olhos captam os sinais na forma de luz e transmitem para o cérebro na forma de sinais elétricos. O cérebro interpreta esses sinais como as imagens e cores que estão na nossa frente, conforme mostra a Figura 9 (MARTINS; SUCUPIRA; SUAREZ, 2015; PEDROSA, 2004). Neste contexto, serão abordados aspectos teóricos relacionados à absorção na região da luz visível.

Figura 9 - Efeitos da luz que provocam a sensação de cor.



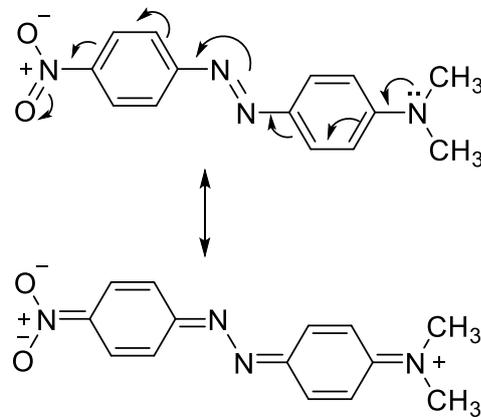
Fonte: Pedrosa, 2004.

Os sinais elétricos captados pelo olho humano compreendem a parte do espectro eletromagnético composta por fótons que se situam entre a faixa de 4.000 Å ou 400 nm (violeta) a 8.000 Å ou 800 nm (vermelho).

A cor visualizada pelo olho humano é devido a presença de grupos específicos nas estruturas químicas de determinadas substâncias, que interagem com a luz e impressionam as células receptoras do olho humano. Esses grupos são denominados de cromóforos e possuem insaturações ou pares de elétrons livres, os quais são responsáveis pela absorção e emissão da radiação eletromagnética (GOUVEIA-MATOS, 1999). Frequentemente, podemos associar o grupo cromóforo com o grupo funcional das moléculas orgânicas. Além disso, os pigmentos orgânicos possuem grupamentos auxocromos (Figura 10), que sozinhos não produzem cor, mas em conjunto com grupos cromóforos são responsáveis por modificar ou intensificar propriedades relacionadas a cor, como intensidade e tonalidade (KRAISIG, 2016).

A cor em compostos químicos ocorre quando o grupo cromóforo absorve energia radiante na faixa do visível (comprimento de onda entre 400 e 720 nm). Os elétrons são excitados a um nível energético maior e a frequência é subtraída da luz através da absorção. O elétron excitado tem tendência a retornar ao estado fundamental, emitindo o resto da luz por meio da reflexão ou espalhamento (ISENMANN, 2014).

Figura 10 - Um auxocromo iniciando a deslocalização eletrônica em um grupo cromóforo do tipo azo.



Fonte: Autores (2021).

A cor observada se refere ao comprimento de onda refletido, ou seja, a cor complementar é visualizada. Se o grupo cromóforo absorve luz no comprimento de onda azul, a cor observada será amarela (GOUVEIA-MATOS, 1999). Neste contexto, no Quadro 4 são apresentados os comprimentos de onda absorvidos pelas moléculas que constituem determinado material e a respectiva cor que é observada.

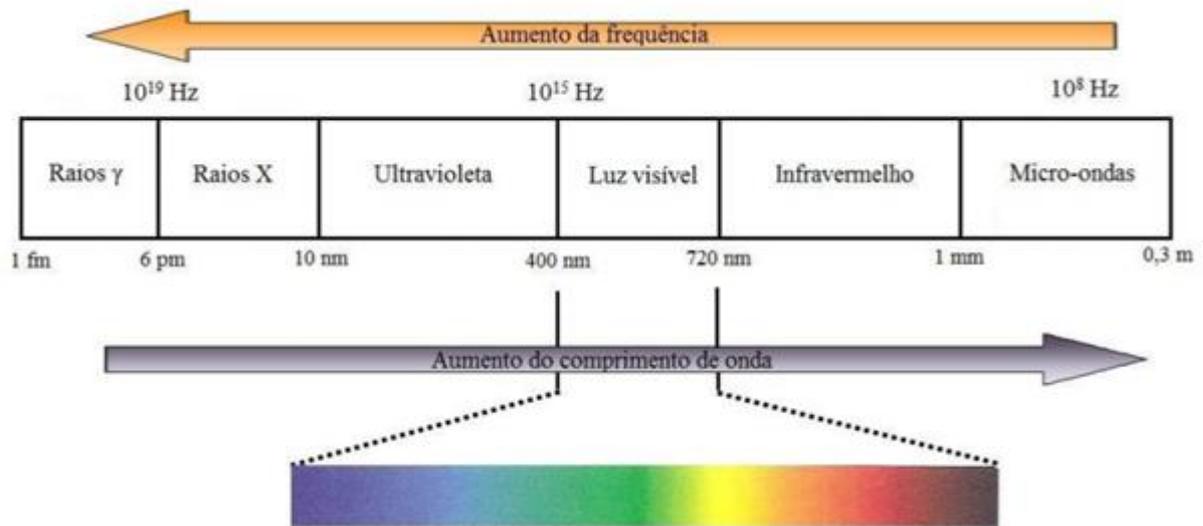
Quadro 4 - Absorção de luz e a cor aparente.

Luz absorvida		Aparência do absorvedor
Comprimento de onda (nm)	Cor	Cor complementar
400 a 440	violeta	verde-amarelado
440 a 480	azul	amarelo
480 a 490	azul-esverdeado	cor laranja
490 a 500	verde-azulado	vermelho
500 a 560	verde	púrpura
560 a 580	verde-amarelado	violeta
580 a 595	amarelo	azul
595 a 605	cor laranja	azul-esverdeado
605 a 750	vermelho	verde-azulado

Fonte: Isenmann, 2014.

Observando o espectro visível, a cor vermelha é uma luz de frequência menor, ou seja, está associada aos comprimentos de onda longos e o violeta é de frequência maior, ou seja, comprimentos de onda mais curtos. Outras faixas fora dos limites do espectro magnético visível não conseguem interagir com o sistema de visão humano, de modo que não geram imagens e cores no nosso cérebro (MARTINS; SUCUPIRA; SUAREZ, 2015; FRENZEL JR, 2013).

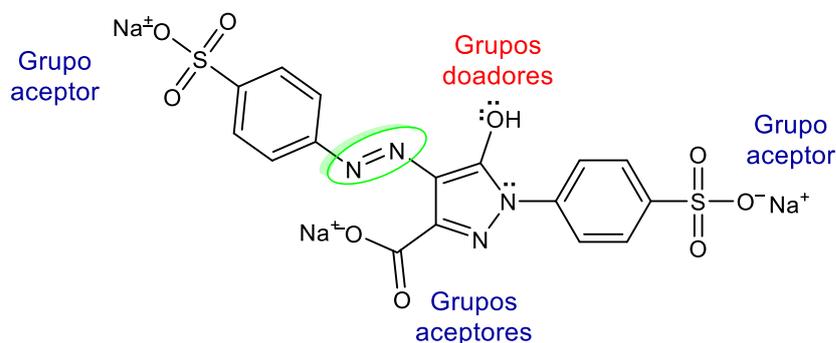
Figura 11 - Espectro eletromagnético.



Fonte: Silva, 2013.

Os grupos cromóforos podem estar presentes em compostos que apresentam insaturações, como os alcenos, alcenos conjugados, alcinos e aromáticos, e em compostos que apresentam os grupos funcionais carbonila, carboxila, amida, azo, nitro, nitroso e nitrato (KRAISIG, 2016; ISENMANN, 2014). Para exemplificar, pode-se citar o corante artificial tartrazina, um azocorante de coloração amarela muito empregado pelas indústrias alimentícia e de medicamentos, mencionado na “Questão para discussão” do Plano Orientador que será apresentado nesta pesquisa, ilustrado na Figura 12.

Figura 12 - Representação da estrutura química da tartrazina.



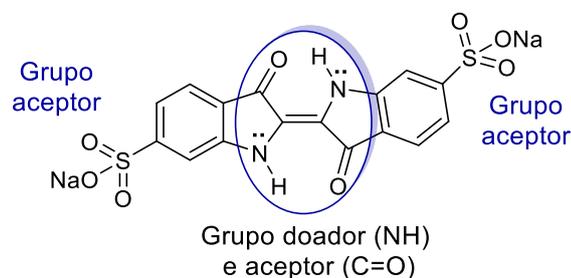
Fonte: Autores (2021).

O grupamento cromóforo azo, constituído pelo grupo -N=N- é formado pela ligação dupla de dois átomos de nitrogênio com elétrons não-ligantes (n). A absorção e a emissão de luz do grupo cromóforo azo é devido a presença de um orbital π e dos pares de elétrons não-

ligantes (n) no átomo de nitrogênio. No caso da tartrazina, o cromóforo está conjugado com um sistema aromático contendo grupos doadores e aceptores de elétrons. Quando isso ocorre, o máximo da absorção se desloca para valores menores de energias, ou seja, da região ultravioleta (UV) para a região do visível e o olho percebe esta substância colorida. As cores mais brilhantes são observadas quando a banda de absorção é estreita, fina e intensa (KRAISIG, 2016; ISENMANN, 2014). O exemplo da tartrazina mostra que a cor que observamos nem sempre é uma consequência direta da presença das insaturações, visto que naftaleno, antraceno e outros poliaromáticos são sólidos brancos e formam soluções incolores. As transições eletrônicas observadas nos processos de absorção e emissão dependem também das diferenças de energias entre os orbitais de fronteira envolvidos nesses processos. Dessa forma, a cor dos materiais é uma consequência também dessa diferença de energia entre os orbitais que participam desse evento fotoquímico.

Um outro exemplo que mostra a importância do grupo cromóforo é o índigo, cor observada no jeans, a qual pode variar entre tons escuros a claros devido a presença do grupamento cromóforo indigoide. É um corante orgânico de origem vegetal, sendo o gênero mais importante o *Indigofera*, e dentro deste gênero a espécie *Indigofera tinctoria*, nativa da Índia e Sudeste da Ásia (MÜNCHEN *et al.*, 2014). A cor azul é rara na sua forma natural. Atualmente é sintetizado, por exemplo, o corante artificial azul de indigotina (Figura 13), classificado como corante indigoide. Além de ser utilizado como corante têxtil, também é aplicado em produtos alimentícios, como gelatinas, refrescos, pós para bebidas, doces e outros (KRAISIG, 2016). O azul de indigotina possui taxa de absorção na faixa de 610 nm (ZENEON; PASCUET; TIGLEA, 2008).

Figura 13 - Estrutura química do corante azul de indigotina.



Fonte: Autores (2021).

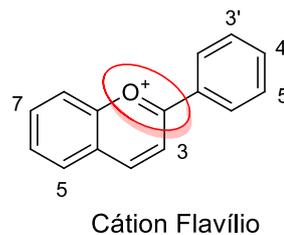
Observa-se que o grupo cromóforo possui dois grupos doadores de elétrons (NH) e dois grupos receptores de elétrons (C=O), conferindo a cor de tonalidade azul escuro ao corante. Os

grupos cromóforos indigóides conferem alta polaridade a molécula, devido às ligações hidrogênio que se formam entre os grupos NH e C=O.

Observa-se em comum aos dois corantes a presença de grupos doadores de elétrons e grupos receptores de elétrons facilitando a deslocalização eletrônica via a transferência inter e intramolecular de hidrogênios, conferido a cor de tonalidade amarela ou azul escuro, para os corantes tartrazina e indigotina, respectivamente. Além disso, esses corantes carregam na sua estrutura grupos polares iônicos (arilsulfatos de sódio, ArSO_3Na) para melhorar a solubilidade em solventes polares próticos.

Um terceiro exemplo de corantes são as antocianinas, classe de pigmentos pertencente ao grupo dos flavonoides, são derivadas do cátion flavílio (Figura 14). A pigmentação de flores e muitas frutas como uvas e jabuticabas se deve a presença das antocianinas (KRAISIG, 2016).

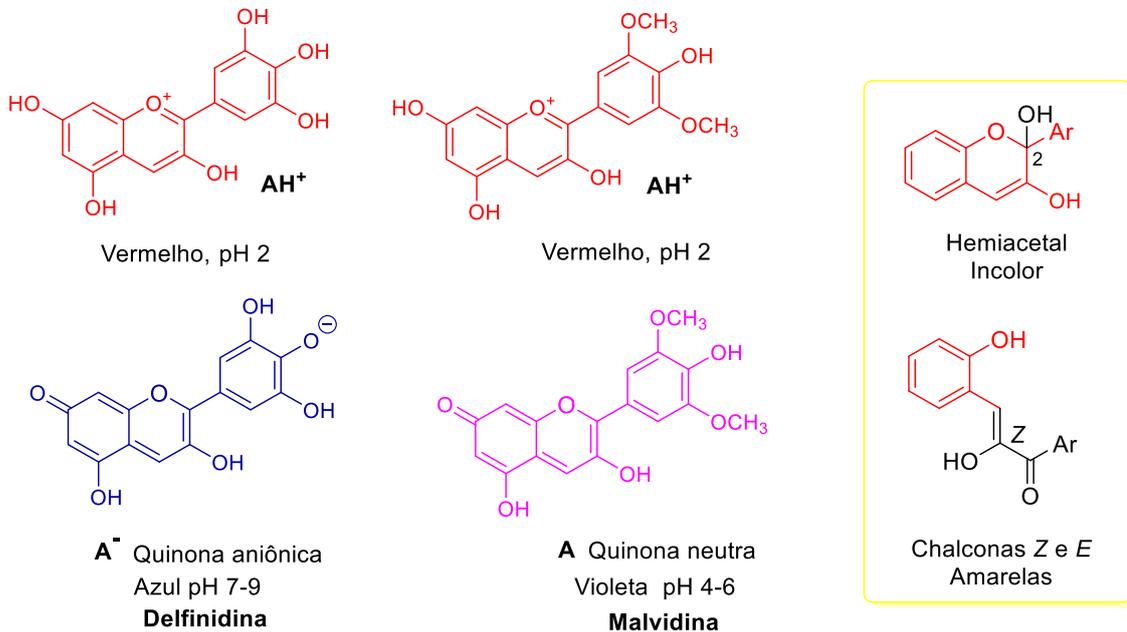
Figura 14 - Representações da estrutura química do íon flavílio.



Fonte: Autores (2021).

As cores exibidas por essa classe de pigmentos são determinadas pela capacidade de absorção das radiações das cores do núcleo do cátion flavílio e dos grupos funcionais ligados nas posições destacadas na Figura 14, que absorvem radiação na região da luz visível. Contudo, a cor é fortemente afetada pelo pH em que se encontra o pigmento (TROUILLAS *et al.*, 2016; PINA *et al.*, 2012). A posição 3 pode apresentar uma hidroxila livre e o pigmento leva o nome de antocianidina. Quando a posição 3 apresenta um açúcar ligado, o pigmento é denominado de antocianina (MARÇO; POPPI; SCARMINIO, 2008). Na Figura 15 são mostradas as formas predominantes em diferentes pHs e as respectivas cores de duas antocianidinas: delfinidina e malvidina.

Figura 15 - Representação das estruturas químicas das antocianidinas Delfinidina e Malvidina. A cor e forma predominante nas respectivas faixas de pH, bem como a hidrólise do cátion flavílio para formar as chalconas isoméricas Z e E. Isômero Z é mostrado.



Fonte: Autores (2021).

A cor azul é predominante para pigmentos em solução de pH em torno de 7-9, enquanto a cor violeta geralmente ocorre em pH na faixa de 4-6. Nessas circunstâncias, a transferência de próton produz quinonas neutras de cor violeta e aniônicas de cor azul. A cor vermelha é observada devido ao cátion flavílio, presente em soluções de pH em torno de 2. O anel 2-fenilbenzopirílium (cátion flavílico) com os substituintes periféricos nas posições 3, 4', 5 e 7 é um sistema π com deslocalização eletrônica plena, o qual favorece o processo de absorção da radiação na região do visível e, conseqüentemente, exibe através da emissão, as variadas cores visualizadas por esses pigmentos (TROUILLAS *et al.*, 2016; MARÇO; POPPI; SCARMINIO, 2008; TERCI; ROSSI, 2002).

As representações AH^+ , A e A^- descritas na Figura 15 representam as formas ácidas, neutras e aniônicas presentes no equilíbrio tautomérico ceto-fenólico (quinona-cátion flavílio). As antocianinas ocorrem na natureza na forma heteroglicosídica, contendo pelo menos um açúcar, sendo os mais comuns a glicose, ramnose, galactose e arabinose ligadas ao átomo de carbono C3. A presença de grupos hidroxilas proporciona uma maior solubilidade em água e álcool e a insolubilidade em óleos e gorduras (ARAÚJO, 1995). Esta diversidade molecular de pigmentos contendo o cátion flavílico resulta em uma coleção de moléculas com extraordinária variação de cores (KRAISIG, 2016). As espécies presentes em solução desses pigmentos

podem colapsar por um outro mecanismo que não envolve o equilíbrio ceto-fenólico. Nesses casos, o cátion flavílio por gerar espécies incolores em solução através da formação de hemiacetais, os quais colapsam para as formas abertas das chalconas *Z* e *E* que produzem soluções amarelas (QUINA; BASTOS, 2018).

As antocianinas absorvem na região do espectro visível entre 520 a 560 nm. A intensidade dessa absorção pode ser modificada de acordo com o pH do meio. A perda de coloração pode ser determinada quando ocorre aumento do pH devido ao colapso do cátion flavílio (Figura 15), o que faz com que a máxima absorção se desloque para menores comprimentos de onda (BORDIGNON JR. *et al.*, 2009; VILLIERS *et al.*, 2009; MARÇO; POPPI; SCARMINIO, 2008).

As substâncias derivadas do íon flavílio são solúveis em água, devido aos grupos hidroxilas presentes nas moléculas, o que facilita sua solubilidade em meio polar (OKUMURA; SOARES; CAVALHEIRO, 2002). No Plano Orientador descrito nesta pesquisa, será explorada a técnica de cromatografia em papel e em coluna (fase estacionária) para a extração de pigmentos de flores e outras substâncias, usando etanol como eluente (fase móvel). O gradiente de polaridade da fase móvel pode ser alterado de etanol para acetona. O uso da fase mais polar é recomendado devido a polaridade elevada dos pigmentos.

A cromatografia é “um método físico-químico de separação de componentes de uma mistura e que tem como fundamento básico a migração diferencial dos componentes entre uma fase móvel e uma fase estacionária” (ROSA; SCHELEDER, 2016, p. 383). Do ponto de vista histórico, a cromatografia foi primeiramente usada em 1901 por químicos russos na separação de pigmentos coloridos presentes em folhas. A cromatografia em papel é uma técnica relativamente simples e utilizada, principalmente, na separação e identificação de compostos polares (OKUMURA; SOARES; CAVALHEIRO, 2002). A técnica consiste na diferença da migração de substâncias através de uma fase fixa, no caso o papel (adsorvente celulose), por meio da fase móvel (solvente denominado de eluente) que “arrasta” os diferentes componentes que estão sendo separados. Já a cromatografia em coluna é constituída por um tubo, onde a fase estacionária é confinada e uma fase móvel, também chamada eluente. A separação de uma mistura utilizando a cromatografia “depende das interações intermoleculares que ocorrem entre os componentes da mistura e as fases estacionária e móvel” (FONSECA; GONÇALVES, 2004, p. 55). Nesses casos, o gradiente de polaridade é que define o fator de separação dos componentes na mistura.

Na separação de uma mistura na qual a fase estacionária é polar, os pigmentos apolares eluem mais rapidamente que os pigmentos polares – são segregados. Os compostos polares

possuem maiores interações com a fase estacionária (celulose, no caso do produto desta dissertação, que também é polar) ficando mais adsorvido a ela. Portanto, para que substâncias mais polares sejam eluídas é necessário o uso de solventes de maior polaridade, assim como substâncias apolares eluem com solventes de menor polaridade (ROSA; SCHELEDER, 2016; COLLINS; BRAGA; BONATO, 2006).

Quanto às forças intermoleculares, as forças dipolo-dipolo ou dipolo-dipolo induzido ocorrem em moléculas com polaridade baixa e média, ou seja, são cargas eletrostáticas parciais criadas nos átomos que compõem uma ligação covalente entre átomos com diferenças de eletronegatividades baixas e média. Considerando que as moléculas orgânicas apresentam um grande número de diferentes ligações, as forças intermoleculares não são uniformes ao longo de sua superfície ou de seu volume. A maioria das moléculas orgânicas possui uma polaridade permanente, resultante da distribuição não-uniforme dos elétrons de ligação (BRUICE, 2006). O etanol (eluente) é um líquido associado, que se auto-organiza através das ligações de hidrogênio e um grupamento hidroxila, formado por uma ligação curta e polarizada entre oxigênio e hidrogênio. O etanol possui ponto de ebulição de 78,3 °C, sendo um solvente apropriado para ser usado como eluente polar (gradiente de polaridade) na técnica de cromatografia para a separação de pigmentos polares como mencionado acima (VOLLHARDT; SCHORE, 2013).

O Plano Orientador 3 trata da Química das cores e tem como atividade experimental a cromatografia em papel e em coluna. Os dois modos de desenvolver a técnica são relativamente simples para ser trabalhada no ensino médio e bastante adequada para exemplificar os conceitos de polaridade, forças intermoleculares, estrutura química e propriedades físicas dos compostos orgânicos.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo serão tratados os aspectos metodológicos da pesquisa, em que será apresentada a classificação e o contexto da pesquisa, as etapas de desenvolvimento, incluindo a elaboração e aplicação do produto educacional, seguido do método e de coleta e análise dos dados.

3.1 Classificação da pesquisa

Considera-se a pesquisa desta dissertação de cunho qualitativo. Para Lüdke e André (1986) e Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento, prevalece o modo descritivo dos dados coletados e a análise tende a seguir um processo indutivo. Nesta abordagem o pesquisador influencia na obtenção e análise dos dados, assim como valoriza a subjetividade dos sujeitos da pesquisa, através da observação e do material obtido durante a realização das intervenções, ou seja, o pesquisador está preocupado com o processo e não simplesmente com os resultados e o produto (PRODANOV; FREITAS, 2013; BICUDO, 2004; TRIVIÑOS, 1987).

Segundo Moreira (2011), o interesse central do método qualitativo está em interpretar os conceitos das ações geradas pelos sujeitos, trazendo “como contribuição ao trabalho de pesquisa uma mistura de procedimentos de cunho racional e intuitivo capazes de contribuir para melhor compreensão dos fenômenos” (NEVES, 1996, p. 2), e “aprofundar a complexidade de fatos e processos particulares e específicos a indivíduos e grupos” (PAULILO, 1999, p. 135). Assim, a pesquisa qualitativa:

É um processo de reflexão e análise da realidade através da utilização de métodos e técnicas para compreensão detalhada do objeto de estudo em seu contexto histórico e/ou segundo estruturação. Esse processo implica em estudos segundo a literatura pertinente ao tema, observações, aplicação de questionários ou/e entrevistas e análise de dados, que deve ser apresentada de forma descritiva (OLIVEIRA, 2005, p. 41).

Em suma, esse tipo de pesquisa busca explorar de forma intensa conceitos, atitudes, comportamentos, opiniões e atributos do contexto pesquisado. Ainda, avalia

[...] aspectos emocionais e intencionais, implícitos nas opiniões dos sujeitos da pesquisa, utilizando entrevistas individuais, técnicas de discussão em grupo,

observações e estudo documental, sendo fundamentalmente subjetiva (CAUDURO, 2004, p. 36).

Dentro da abordagem qualitativa, em função do procedimento adotado para a resolução do problema, este trabalho é classificado como uma pesquisa-ação, a qual busca solucionar um problema coletivo, em que a pesquisadora e os participantes estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (PRODANOV; FREITAS, 2013; GIL, 2008; THIOLENT, 1986). Moreira (2011, p. 91) esclarece que na pesquisa ação, “os professores são incentivados a questionar suas próprias ideias e teorias educativas, suas próprias práticas e seus próprios contextos como objetos de análise e crítica”, ou seja, o pesquisador elabora, aplica, observa e avalia os procedimentos com vistas a melhorar a própria prática docente (TRIPP, 2005), desempenhando “um papel ativo na própria realidade dos fatos observados” (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Dessa forma, a pesquisa-ação “é principalmente uma estratégia para o desenvolvimento de professores e pesquisadores de modo que eles possam utilizar suas pesquisas para aprimorar seu ensino e, em decorrência, o aprendizado de seus alunos” (TRIPP, 2005, p. 445). A pesquisa-ação fornece “[...] aos pesquisadores e grupos de participantes os meios de se tornarem capazes de responder com maior eficiência aos problemas da situação em que vivem, em particular sob forma de diretrizes de ação transformadora”, facilitando “a busca de soluções aos problemas reais para os quais os procedimentos convencionais têm pouco contribuído” (THIOLENT, 1986, p. 8). Assim, a pesquisa-ação busca “aumentar o conhecimento dos pesquisadores e o conhecimento ou o ‘nível de consciência’ das pessoas e dos grupos considerados” (PRODANOV; FREITAS, 2013, p. 66).

A partir desse quadro teórico, buscou-se estabelecer as etapas desta pesquisa, as quais compreendem: elaboração do produto, aplicação do produto e avaliação dos dados. A seguir será apresentada uma caracterização dos sujeitos e espaços escolares em que a pesquisa foi aplicada.

3.2 Contexto da pesquisa

Os sujeitos da pesquisa foram estudantes da disciplina de Química de duas turmas, uma da 3ª série do Ensino Médio regular e a outra do Ensino Médio Técnico em Informática, ambas pertencentes a duas escolas públicas. A amostragem foi feita por conveniência, uma vez que a pesquisadora é a professora titular da disciplina de Química de ambas as turmas.

As duas escolas possuem laboratório de Ciências, porém o aparato instrumental é precário e não possui funcionário para organizar as aulas no referido ambiente. As escolas possuem biblioteca e laboratório de informática com acesso à internet. Desta forma, considerou-se o espaço e infraestrutura adequados para a aplicação da pesquisa, que demanda de local para a realização dos experimentos e espaços para a consulta bibliográfica pelos participantes. A escolha das escolas como espaço para a pesquisa justifica-se pelo fato de que neste ambiente tem-se o cenário relacionado à temática estudada, os recursos didático-pedagógicos, os quais favorecem a pesquisa e, também, por serem os locais de atividade profissional da pesquisadora.

A escolha dos sujeitos se deve ao fato da disciplina de Química nesta série ser tratada de modo superficial e com pouca ou nenhuma atividade experimental, dissociada do contexto da vida real (FREIRE, 2017; MARCONDES *et al.*, 2015; PAZINATO; BRAIBANTE, 2014). Portanto, neste estudo desenvolveu-se os conteúdos polaridade, forças intermoleculares, estrutura química e propriedades físicas dos compostos orgânicos por meio de uma sequência de atividades experimentais investigativas, levando em consideração os diferentes níveis de exigência cognitiva para as questões propostas pela professora e os graus de liberdade para a execução do experimento. Para atender a esses pressupostos o produto consistiu em Planos Orientadores para professores que se interessarem em reaplicar essas atividades em suas aulas, com o intuito de melhorar sua prática pedagógica.

3.3 Etapas da Pesquisa

O objetivo de desenvolver habilidades cognitivas nos estudantes a partir de atividades experimentais de cunho investigativo neste trabalho, foi operacionalizado com a elaboração do produto educacional; aplicação do produto, coleta, observação e interpretação de questionários e relatórios; e avaliação dos dados. A seguir será descrita cada uma das etapas desenvolvidas.

3.3.1 Elaboração do produto

Inicialmente foi desenvolvida uma pesquisa bibliográfica sobre atividades experimentais com foco investigativo, com vistas a contribuir com o Ensino de Química Orgânica no nível médio. Após, realizou-se uma busca dos tópicos considerados essenciais de Química Orgânica, ou seja, que devem ser desenvolvidos neste nível de ensino. Para isso, foram selecionados estudos nacionais e internacionais que tratavam dos assuntos desta pesquisa. O estudo deste material deu suporte para a construção da revisão bibliográfica desta pesquisa.

Além disso, percebeu-se nos materiais bibliográficos e documentos oficiais uma relação entre atividades de cunho investigativo e o desenvolvimento de habilidades cognitivas de alta ordem nos estudantes. Essa pesquisa inicial guiou a elaboração do produto educacional desta dissertação, o qual buscará o desenvolvimento de habilidades cognitivas de alta ordem por intermédio de experimentos que envolvam conteúdos fundamentais de Química Orgânica no ensino médio.

Assim, os conteúdos contemplados pelas atividades experimentais investigativas elaboradas partiram dos pressupostos descritos por Mullins (2008), os quais caracterizam uma base estrutural para trabalhar a Química Orgânica, e dos documentos norteadores do ensino médio brasileiro (BRASIL, 2002; 2006; 2018).

No que se refere à elaboração das atividades experimentais, consideraram-se as orientações propostas por Freire (2017), Marcondes *et al.* (2015), Suart e Marcondes (2009), Spronken-Smith *et al.* (2007) e De Jong (1998), os quais fornecem subsídios e sugerem as etapas para que as atividades experimentais possuam caráter investigativo. Nesta abordagem, atenta-se para a investigação independente e a responsabilidade pela própria aprendizagem, em que o estudante tenha liberdade de testar hipóteses partindo de uma situação-problema (OLIVEIRA, 2010; SPRONKEN-SMITH *et al.*, 2007; DE JONG, 1998). Desse modo, os estudantes tiveram liberdade para propor o modo de investigação, uma vez que esse tipo de atividade permite avaliar a capacidade do indivíduo de monitorar e autorregular os próprios processos cognitivos (FREIRE, 2017; SUART; MARCONDES, 2009).

Salienta-se que, no processo de elaboração do produto educacional, foi levada em consideração a literatura abordada, atentando para algumas características: o problema proposto permite que os estudantes formulem hipóteses; a atividade a ser desenvolvida possibilitará o envolvimento e engajamento dos estudantes; as observações e registros possibilitarão a construção do saber científico, características estas, que levam ao desenvolvimento de habilidades cognitivas de alta ordem.

Foram elaboradas três propostas de experimentos a partir de uma situação problema, que foram organizadas em “Planos Orientadores da atividade experimental” (Apêndice A) com o intuito de auxiliar os professores na aplicação das atividades em sala de aula. Durante a elaboração dos experimentos, foram priorizados materiais acessíveis e presentes no cotidiano. Cada plano é constituído por uma sequência de passos, que contemplam etapas de verificação das concepções prévias, elaboração de hipóteses pelos estudantes, propostas de questões para discussão em sala, entre outros, os quais caracterizam a abordagem como investigativa.

O Plano Orientador da atividade experimental 1 “Relação entre estrutura química e propriedades dos compostos orgânicos”, abordou os seguintes conceitos químicos: características estruturais, como função orgânica (ácidos carboxílicos e éster), estruturas químicas (fórmula molecular e estrutural) e polaridade das moléculas; propriedades físicas (solubilidade e ponto de fusão); isomeria espacial (em específico diastereoisômeros, geralmente, abordados no ensino médio como isômeros geométricos: *cis* e *trans*).

No Plano Orientador da atividade experimental 2 “Pureza dos medicamentos” foram abordados: características estruturais, como função orgânica (álcool, ácidos carboxílicos e éster), estruturas químicas (fórmula molecular e estrutural) e polaridade das moléculas; propriedades físicas (solubilidade e ponto de fusão); fatores que alteram a solubilidade (temperatura e concentração); método de separação de substâncias em uma mistura (recristalização).

Já o Plano Orientador da atividade experimental 3 “Grupos cromóforos e sua relação com a cor” contemplou: características estruturais, como função orgânica (fenol), estrutura químicas (fórmula molecular e estrutural), polaridade das moléculas e densidade eletrônica nas moléculas; propriedade física (solubilidade); método de separação de substâncias em uma mistura (Cromatografia em papel e líquida).

No Quadro 5 são apresentados os objetivos conceituais e procedimentais, bem como as habilidades a serem desenvolvidas por meio de cada plano.

Quadro 5 - Descrição dos objetivos e habilidades de cada Plano Orientador.

(continua)

Plano	Objetivos Conceituais	Objetivos Procedimentais	Habilidades a serem desenvolvidas
1	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender os conceitos de polaridade e forças intermoleculares; - Compreender o conceito de solubilidade e a influência da temperatura na natureza do material; - Reconhecer a estrutura química e identificar a função orgânica dos compostos orgânicos; - Observar a fórmula estrutural de um composto orgânico e prever o tipo de interação intermolecular nele presente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicar uma sequência lógica dos testes de verificação da solubilidade; - Manusear materiais de laboratório e executar a atividade prática ordenadamente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar previsões quanto a solubilidade de substâncias em diferentes solventes e temperaturas por meio da observação da estrutura molecular; - Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente quanto ao uso e descarte de ácidos graxos, discutindo a importância do conhecimento científico na prevenção de doenças e manutenção do meio ambiente; - Elaborar explicações para o fato das diferentes solubilidades das substâncias em diferentes solventes e analisar os fatores que influenciam as propriedades físico-químicas de solubilidade.

(conclusão)

2	<ul style="list-style-type: none"> - Equacionar reações orgânicas; - Identificar as funções orgânicas presentes nos compostos envolvidos na reação de síntese do ácido acetilsalicílico; - Prever as propriedades físicas dos reagentes e produtos da reação de síntese do ácido acetilsalicílico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Observar fenômenos experimentais que evidenciam a ocorrência de reações químicas; - Prever a solubilidade dos componentes de uma substância em diferentes temperaturas; - Identificar métodos de separação de misturas a partir das características químicas e físicas das substâncias. - Representar e interpretar dados experimentais para construir e justificar conclusões utilizando linguagem científica; - Manipular vidrarias e equipamentos com precisão, atentando para substâncias com necessidade de aquecimento. 	<ul style="list-style-type: none"> - Avaliar e prever mecanismos de separação de componentes do ácido acetilsalicílico utilizando a análise de seus componentes e suas propriedades físicas e químicas, como estrutura química, ponto de fusão e polaridade; - Elaborar explicações para necessidade de aquecimento da solução inicial e a importância de utilizar apenas uma pequena quantidade de solvente na recristalização; - Analisar e discutir a importância do emprego da recristalização na produção de fármacos.
3	<ul style="list-style-type: none"> - Perceber a influência da estrutura dos compostos orgânicos nas suas propriedades e características físicas; - Compreender a relação entre a polaridade da molécula e as interações intermoleculares; - Analisar a diferença de solubilidade entre os diferentes pigmentos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Observar variáveis como a diferença de solubilidade entre os diferentes pigmentos; - Utilizar conceitos químicos para caracterizar as substâncias e transformações químicas, identificando suas propriedades; - Identificar os diferentes constituintes de determinadas amostras naturais. - Interpretar textos científicos que tratem de fenômenos da Ciência, considerando a apresentação dos dados, interpretando equações, gráficos e tabelas; - Utilizar corretamente instrumentos de análise. 	<ul style="list-style-type: none"> - Justificar a diferença de solubilidade entre os diferentes pigmentos, utilizando conceitos químicos para caracterizar as substâncias e fenômenos químicos; - Interpretar resultados e formular explicações para os diferentes resultados de tempo de eluição entre os diferentes pigmentos; - Investigar e avaliar a extração de pigmentos e sua aplicação nas atividades humanas, que vão desde a pintura corporal indígena até a indústria têxtil; - Interpretar e analisar textos científicos para compreender as diferenças entre pigmentos naturais e artificiais, a função dos pigmentos nos vegetais, além da coloração, e a necessidade do manejo correto dos corantes em relação a manutenção do meio ambiente.

Fonte: Autores (2021).

3.3.2 Aplicação do produto

Os Planos Orientadores que constituem o produto dessa pesquisa foram aplicados de maneira remota, em decorrência da pandemia da Covid-19, predominantemente de forma síncrona por meio das plataformas Google Sala de Aula e Google Meet, entre outubro de 2020 e janeiro de 2021.

Para a aplicação do produto no período de aula, foram necessárias 11 aulas, totalizando 22 horas aula (em uma escola a hora aula corresponde a 45 minutos e na outra corresponde a 60 minutos).

Anterior ao desenvolvimento do produto educacional (Apêndice A) nas turmas, foi aplicado um questionário inicial (Apêndice B) com o propósito de levantar as concepções dos participantes da pesquisa sobre: seus objetivos após a conclusão do ensino médio, a disciplina preferida na escola, a relevância de estudar Química, em específico, Química Orgânica, e o conteúdo que considera mais importante, bem como desenvolvimento de aulas experimentais. Esse questionário consistiu no Instrumento de coleta de dados 1 da pesquisa. Neste Instrumento, os dados foram obtidos por meio da aplicação de um questionário, o qual chamamos de “Questionário Investigativo”, a fim de conhecer melhor os sujeitos participantes da pesquisa. O questionário foi aplicado por meio do aplicativo *Formulários do Google*, através do envio do link para o *WhatsApp* de cada aluno. O Instrumento de coleta de dados 2 da pesquisa consistiu no questionário pós-laboratório, desenvolvido após a atividade experimental de cada Plano Orientador.

Como atividade extraclasse, os estudantes elaboraram o Relatório da atividade experimental, que representou o Instrumento de coleta de dados 3 da pesquisa.

Ao término das intervenções foi aplicado um questionário investigativo final, em que os estudantes fizeram uma autoavaliação sobre atividades experimentais como recurso didático, sequência de aulas experimentais, envolvimento/participação dos estudantes, que consiste no Instrumento de coleta de dados 4 da pesquisa (Apêndice C).

Salientam-se que as atividades experimentais foram desenvolvidas pelos estudantes nas suas residências, e, alguns foram até o laboratório de Ciências da escola para realizar a atividade experimental dos Planos Orientadores 2 e 3.

3.3.3 Avaliação dos dados

Os dados desta pesquisa foram obtidos por meio dos textos dos relatórios e das respostas dos estudantes aos questionários. O questionário inicial, aplicado antes da participação dos estudantes na sequência de aulas experimentais, corresponde ao Instrumento de coleta de dados 1. Os questionários pós-laboratório dos planos 1, 2 e 3 correspondem ao Instrumento de coleta de dados 2.

As respostas aos questionários, que constituem os instrumentos 1 e 2, foram predominantemente descritivas, e, portanto, foram submetidas à técnica análise de conteúdo

(BARDIN, 1977). Em síntese, as respostas dos estudantes foram classificadas por intermédio da análise temática ou categorial, que consiste em operações de desmembramento dos textos das respostas dos estudantes em unidades. Essas unidades correspondem aos núcleos que dão sentido ao texto, o quais serão agrupadas em categorias (BARDIN, 1977). Conforme Vergara (2005, p. 15) “a análise de conteúdo é considerada uma técnica para o tratamento de dados que visa a identificar o que está sendo dito a respeito de determinado tema.” Ainda, pode-se destacar que a análise de conteúdo

É uma metodologia de tratamento e análise de informações constantes de um documento, sob a forma de discursos pronunciados em diferentes linguagens: escritos, orais, imagens, gestos. Um conjunto de técnicas de análise de comunicações. Trata-se de se compreender criticamente o sentido manifesto ou oculto das comunicações (SEVERINO, 2007, p. 161).

Os relatórios produzidos pelos estudantes constituem o Instrumento de coleta de dados 3. Esses relatórios foram avaliados através da análise de habilidades cognitivas investigativas desenvolvidas pelos estudantes, baseado no “Instrumento analítico para avaliar habilidades cognitivas dos estudantes da educação básica nas atividades de investigação” proposto por Zompero, Laburú e Vilaça (2019). O instrumento propõe diferentes níveis de entendimento para avaliar as habilidades cognitivas manifestadas pelos estudantes em cada etapa da atividade experimental investigativa. Para cada uma das etapas os autores especificam três níveis de entendimento relacionando-os com os diferentes aspectos referentes à compreensão dos estudantes.

O quadro 6 apresenta o instrumento de análise elaborado por Zompero, Laburú e Vilaça (2019). Destaca-se que o item “resultado avaliação do aluno” refere-se às atividades experimentais investigativas que os alunos participaram.

Quadro 6 - Instrumento de análise de habilidades cognitivas investigativas dos estudantes.

Etapa investigativa		Níveis		Avaliação dos Relatórios				
				1	2	3		
		Características	Descrição	Nível	Descrição			
Conceitualização	Problema	Identificação dos elementos constituintes do problema	N1	Não identifica				
			N2	Identificação parcial				
			N3	Identificação completa				
	Hipóteses	Emissão de hipóteses com base no problema	N1	Não emitiu hipótese				
			N2	Hipótese não direcionada ao problema				
			N3	Hipótese coerente com o problema				
Investigação	Planejamento para investigação/ Confronto de hipóteses	Realiza um planejamento de atividades coerente com a hipótese emitida	N1	Não propõe/ou Planejamento incoerente com a hipótese				
			N2	Planejamento parcialmente coerente com a hipótese				
			N3	Planejamento coerente com a hipótese				
	Percepção de evidências	Identificam evidências e as relacionam para confirmar ou não as hipóteses.	N1	Não identifica evidências				
			N2	Identificação parcial de evidências relacionada com a hipótese				
			N3	Identificação das evidências e relações com as hipóteses				
	Registro e análise de dados	Registra e analisa dados com base em evidências	N1	Não registra e não analisa				
			N2	Registra e analisa parcialmente				
			N3	Registra e analisa coerentemente				
Conclusão	Estabelecem conexão entre evidências e conhecimento científico	Explicam as evidências com base no conhecimento científico	N1	Não explicam e não estabelecem conexão				
			N2	Explicam e estabelecem conexão parcial				
			N3	Explicam e estabelecem conexão coerente				
	Comunicação dos resultados	Coordena dados com o problema e hipóteses e conhecimento científico para elaborar uma conclusão (elementos da investigação)	N1	Não Coordena os elementos da investigação				
			N2	Coordena parcialmente os elementos da investigação				
			N3	Coordena coerentemente os elementos da investigação				

Fonte: Adaptado de Zompero, Laburú e Vilaça, 2019.

Após o encerramento das atividades descritas nos Planos Orientadores, foi aplicado o Questionário Final, Instrumento de coleta de dados 4, através do aplicativo *Google Formulários*. O objetivo foi identificar a concordância ou discordância dos sujeitos da pesquisa em relação à construção do saber científico e desenvolvimento de habilidades após as atividades experimentais investigativas desenvolvidas por meio dos Planos Orientadores.

Esse questionário é constituído por 23 afirmativas que investigaram sobre: a compreensão dos conceitos químicos, o favorecimento da aprendizagem através das discussões em grupo, a interpretação de textos científicos, o empenho de cada um na elaboração das

atividades, a contextualização da Química com outras disciplinas e também com o cotidiano, o estudo fora da escola para melhor compreensão dos conceitos abordados, entre outros. Essas afirmações foram adaptadas de outros instrumentos já validados pela literatura (TIMMER *et al.*, 2018; FRANCO-MARISCAL; OLIVA-MARTINEZ; GIL, 2014; WENZEL, 2007) e podem ser consultadas no Apêndice C. O Quadro 7 apresenta as três categorias de avaliação e as afirmações correspondentes.

Quadro 7 - Categorias de avaliação do Instrumento de coleta de dados 4.

Categorias de Avaliação	Afirmações (A)
Atividades experimentais como recurso didático	A1, A2, A4, A11, A12
Sequência de aulas experimentais	A3, A5, A8, A9, A10, A13, A14, A15, A16, A17, A20, A21, A22, A23
Envolvimento/participação dos estudantes	A6, A7, A18, A19

Fonte: Autores (2021).

As afirmações foram avaliadas a partir da escala Likert (1932) de cinco pontos, sendo o ponto central neutro, indo de (1) “Discordo totalmente” até (5) “Concordo totalmente”. Desta forma, os estudantes puderam expressar seu nível de concordância ou discordância em relação às suas percepções e a construção da aprendizagem após participarem das três atividades experimentais, conforme exposto no Quadro 8.

Quadro 8 - Escala numérica para julgar as afirmações.

Nível	1	2	3	4	5
Descrição	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente

Fonte: Autores (2021).

Inicialmente, os dados foram transcritos e tabulados em planilhas do Microsoft Office Excel®. Para analisar a avaliação dos estudantes em cada afirmação a partir da escala Likert utilizou-se o cálculo do Ranking Médio (RM). A partir do valor atribuído (de 1 a 5) foi calculada a média ponderada para cada item, baseando-se na frequência das respostas, conforme a equação (1).

$$RM = \frac{\sum_{i=1}^5 (f_i \cdot v_i)}{NS} \quad (1)$$

Na equação (1):

f_i = Frequência observada de cada resposta para cada afirmação

v_i = Valor de cada resposta

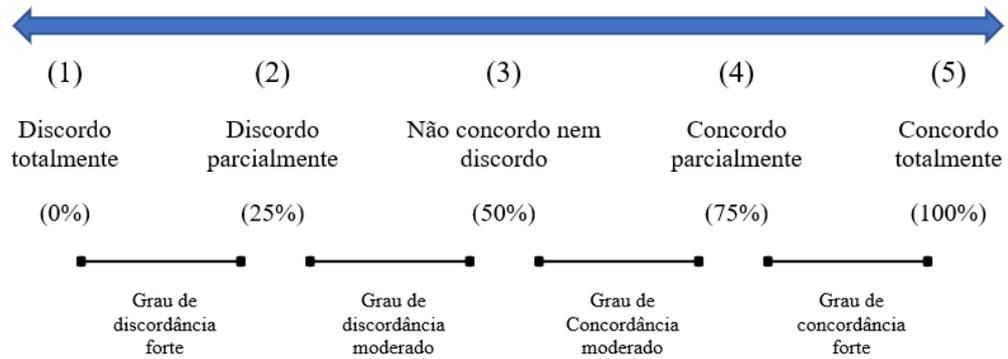
NS = Número de sujeitos (estudantes)

Um valor de RM próximo a 5 indica maior grau de concordância dos estudantes em relação aos itens correspondentes e quanto mais próximo a 1, menor será esse grau de concordância, ou seja, maior grau de discordância (Quadro 8). O grau de concordância também pode ser expresso por meio de porcentagem, o que pode classificar os valores obtidos do RM para cada afirmação e da média geral por categoria em quatro grupos: Grau de discordância forte, Grau de discordância moderado, Grau de concordância moderado e Grau de concordância forte. Para isso, utilizou-se a Equação (2) que permitiu a obtenção de valores equivalentes do RM em porcentual.

$$\text{Grau de Concordância em \%} = (RM - 1) \times \frac{100}{(\text{número de pontos da escala Likert} - 1)} \quad (2)$$

A Figura 16 apresenta a análise qualitativa do grau de concordância dos estudantes por meio da Escala Likert e a relação com avaliação quantitativa representada pelos graus de discordância e concordância.

Figura 16 - Escala do grau de concordância.



Fonte: Autores (2021).

Por fim, foram feitas análises descritivas por meio do software *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS), e foram calculados os valores máximo, mínimo e desvio-padrão para cada afirmação.

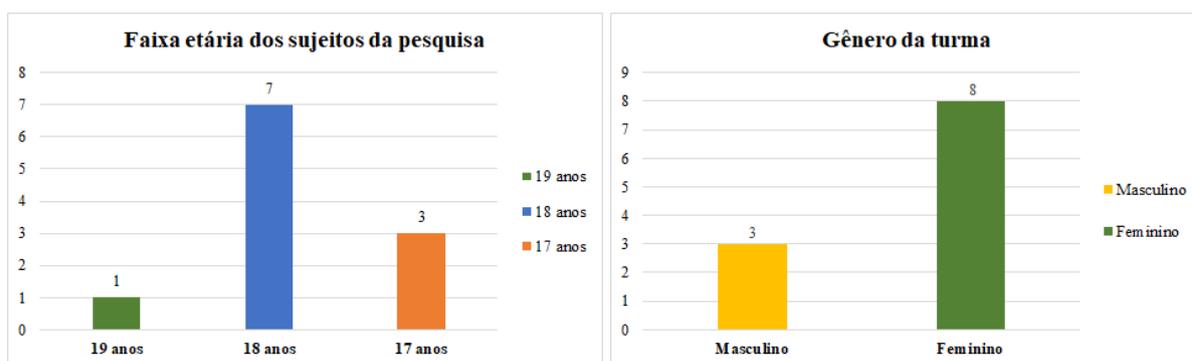
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta a análise e discussão dos resultados obtidos com a aplicação do produto educacional desta dissertação, e está organizado de acordo com as etapas em que esta pesquisa foi desenvolvida. Inicia com uma breve descrição do perfil dos participantes da pesquisa. A seguir são apresentados os resultados referentes às Perspectivas, opiniões e experiências dos sujeitos da pesquisa, Evolução conceitual em Química Orgânica, Desenvolvimento de habilidades cognitivas: alguns indícios, e, por fim, é apresentada a Avaliação dos experimentos investigativos e autoavaliação dos estudantes.

4.1 Perfil dos estudantes

Os 11 sujeitos da pesquisa são estudantes da disciplina de Química de duas turmas, uma da 3ª série do Ensino Médio regular e a outra do Ensino Médio Técnico em Informática, de escolas públicas distintas, localizadas na região norte do estado do RS. Os estudantes possuem faixa etária entre 17 e 19 anos, sendo que a maioria estava em idade regular para esse nível de ensino. Neste grupo de estudantes, 08 são do sexo feminino e 03 do masculino (Figura 17).

Figura 17 - Faixa etária dos sujeitos da pesquisa e gênero da turma em dados percentuais.



Fonte: Autores (2021).

A fim de preservar a identidade dos participantes desta pesquisa foi designado a cada estudante um número aleatoriamente, que será utilizado para se referir sempre ao mesmo indivíduo ao longo deste capítulo.

4.2 Perspectivas, opiniões e experiências dos sujeitos da pesquisa

O Questionário Investigativo Inicial (Instrumento de coleta de dados 1, Apêndice B) buscou conhecer as ideias dos estudantes sobre os objetivos/metasp para o próximo ano, as disciplinas preferidas, a importância de estudar Química, o conteúdo de Química considerado mais importante, o que lembra sobre Química Orgânica, se já teve aulas de laboratório e, por fim, a opinião sobre as aulas experimentais. Este questionário apresenta perguntas dissertativas e uma pergunta objetiva.

Inicialmente, as respostas foram lidas e transcritas para planilhas do Microsoft Office Excel®. As respostas dos estudantes foram categorizadas em:

- Objetivos/metasp para o próximo ano;
- Percepções sobre a Química e seus conteúdos;
- Vivências em aulas experimentais de Química.

Na categoria “Objetivos/metasp para o próximo ano”, o propósito foi conhecer os planos dos estudantes e seus interesses após finalizarem o ensino médio. Dos 11 estudantes participantes da pesquisa, nove pretendem **Continuar os estudos** e dois ingressarem no **Mercado de Trabalho**. Dentre os estudantes que almejam cursar o ensino superior, sete não especificaram a sua opção e dois elencaram Odontologia e Biomedicina como os cursos desejados, conforme os trechos a seguir: “*Meu objetivo é ingressar no curso de Odontologia, no primeiro semestre de 2021*” (Estudante 2) e “*Pretendo cursar biomedicina*” (Estudante 6).

Na categoria “Percepções sobre a Química e seus conteúdos”, inicialmente, os estudantes foram questionados sobre as **Disciplinas preferidas**. Foi possível detectar que a Química está entre os componentes curriculares que os estudantes mais se identificam. Considerando que eles poderiam citar mais de um componente curricular, os três que se destacaram foram: Biologia (6 vezes), Química (5 vezes) e História (4 vezes). Por vezes, a disciplina de Química é considerada difícil e abstrata, porém os estudantes apontam alguns motivos pelos quais gostam de estudá-la, associando-a à curiosidade sobre fenômenos cotidianos, aulas práticas, utilidade em suas vidas ou na futura profissão (CARDOSO; COLINVAUX, 2000).

Ainda na mesma categoria, sobre a **Importância de estudar Química**, investigaram-se as percepções que os estudantes têm em relação a essa Ciência e a compreensão do mundo ao seu redor, e algumas respostas foram:

Estudante 2: Porque aprendendo a Química, é possível conhecer melhor o mundo e o que nos rodeia.

Estudante 3: Acho importante, pois, a Química faz parte do nosso dia a dia.

Estudante 4: Sim, eu acho muito importante. Porque através da Química consigo entender quase todas as reações que acontecem no ambiente onde estou. E consigo ter uma noção básica da formação do que eu convivo no dia-a-dia, pois a Química está ligada diretamente desde os alimentos que consumimos até as roupas que vestimos.

Estudante 10: Sim, pois, a Química faz parte do nosso dia a dia, e entender ela é entender tudo que está a nossa volta.

Por intermédio das respostas, foi possível perceber que os estudantes compreendem o papel da Química no seu cotidiano e a percebem em suas vivências, através da utilidade que têm na vida das pessoas, ou ainda o uso dos conceitos químicos na profissão que desejam seguir (BRASIL, 2018; FERREIRA; HARTWIG; OLIVEIRA, 2010; CARDOSO; COLINVAUX, 2000; LIMA; PINA; BARBOSA, 2000).

Em relação ao **Conteúdo de Química considerado mais importante**, três dos estudantes destacaram Química Orgânica como sendo a mais importante, um Química Ambiental, outro citou reações orgânicas, e os demais citaram propriedades dos compostos orgânicos (1), estados físicos (1), ligações químicas (1), polaridade (1) e todos os conteúdos do primeiro ano do ensino médio (1), como pode-se verificar através das respostas a seguir:

Estudante 2: Bom, os conteúdos mais importantes que eu considero, são todos os conteúdos estudados no primeiro ano do Ensino Médio. Porque é no primeiro ano, que conseguimos ter um conhecimento maior, sobre os diversos assuntos estudados.

Estudante 11: A Química Orgânica, pois, os compostos orgânicos são facilmente encontrados em diversas situações do dia a dia como, por exemplo: em objetos de plástico, fibras de tecidos, frutas, combustíveis, sabonetes e bebidas alcoólicas.

Estudante 4: Eu considero Química Orgânica, pois a mesma abrange as funções e reações orgânicas, e ainda a Química Ambiental a qual eu acredito que todos deveriam ter conhecimento pois trata-se do que mais produzimos (poluição).

Estudante 10: Reações orgânicas, porque, são muito utilizadas na indústria, é a partir delas que podem ser produzidos medicamentos e produtos de cosmética, plásticos, dentre tantas outras coisas.

Estudante 5: Não sei exatamente definir um conteúdo mais importante, mas acredito que um deles seja a polaridade.

Acredita-se que a Química Orgânica foi a área mais citada, pois aborda conceitos químicos tratados na série em que estão os participantes da pesquisa, além de ser a parte da Química que mais diz respeito ao dia a dia e de estar intrinsecamente relacionada com a vida.

Também percebe-se que os estudantes citam poucos conceitos de Química vistos nas outras séries do ensino médio, ou seja, lembram pouco do que foi estudado em anos anteriores. Isso pode ser consequência de os conceitos químicos terem sido desenvolvidos de forma desvinculada do cotidiano (BRASIL, 2018; MARCONDES *et al.*, 2015) ou por intermédio de metodologias que priorizem atividades de baixa ordem cognitiva, tais como recordar uma informação ou aplicar formalismos para resoluções de exercícios (SUART; MARCONDES, 2008). Algumas pesquisas (SANTOS *et al.*, 2013; ARROIO *et al.*, 2006) apontam que esse tipo de abordagem privilegia um ensino memorístico, no qual os estudantes decoram definições de conceitos apenas para os exames de avaliação e têm grande probabilidade de esquecê-los após as provas.

Quando questionados sobre **O que lembram sobre Química Orgânica**, os estudantes citam compostos do carbono (5); grupos funcionais (2); estrutura, composição, propriedades e reações (5); entre outros, conforme os seguintes registros:

Estudante 1: É a parte da Química que estuda os compostos de carbono.

Estudante 3: Estuda a composição e propriedades dos compostos. Lembro das funções e fórmulas estruturais.

Estudante 4: A Química Orgânica estuda os compostos orgânicos e suas propriedades físicas, reações, composição e síntese. Lembro da hibridização dos Carbonos, dos Hidrocarbonetos, da classificação dos carbonos nas cadeias carbônicas, a classificação dos hidrocarbonetos, os tipos e a nomenclatura. Das Funções Oxigenadas e das Nitrogenadas, e por fim da Isomeria e Estereoisomeria.

Estudante 7: Lembro a nomenclatura e os grupos funcionais.

Na categoria “Vivências em aulas experimentais de Química”, os estudantes foram questionados, inicialmente, sobre a **Participação em aulas experimentais** de Química e, a seguir, sobre suas **Opiniões em relação a realização de atividades experimentais** na aula de Química. Nove estudantes relataram ter participado de aulas experimentais e dois responderam que não participaram de atividades dessa natureza durante o ensino médio. Os estudantes afirmaram que consideram importante a realização de experimentos, pois contribui para o entendimento e aprendizagem dos conceitos químicos, como pode ser constatado nos relatos:

Estudante 7: Algo muito legal que ajuda no aprendizado.

Estudante 4: Acho que será ótimo pois, estaremos aprendendo na prática e vendo as reações acontecerem.

Estudante 2: Eu particularmente, consigo entender melhor o assunto tratado.

Estudante 3: Acho super interessante e dinâmico, quando a prof chega na sala de aula e fala pra irmos ao laboratório eu ganho meu dia.

Estudante 10: É importante para facilitar o entendimento dos conteúdos.

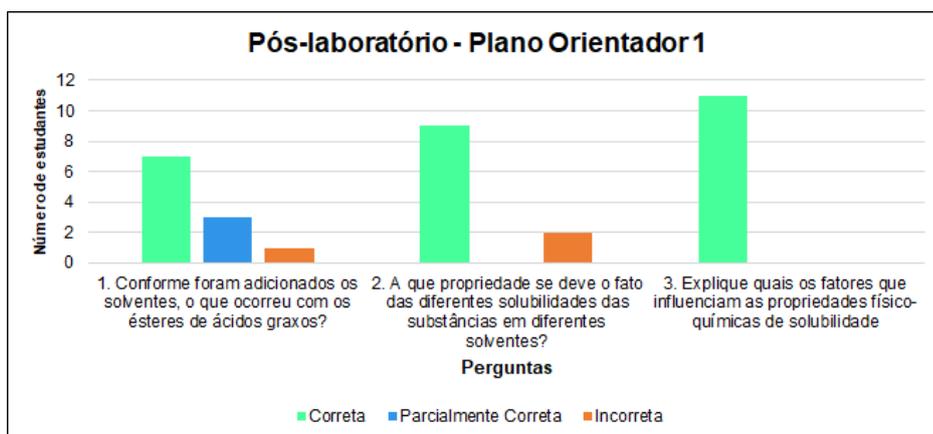
Estudante 11: Acho importante, pois na prática se aprende muito mais, e de forma divertida.

Conforme as respostas, percebe-se que para os estudantes, as atividades experimentais contribuem didaticamente para a construção da aprendizagem, estimulam o caráter investigativo e promovem correlação com o cotidiano (FREIRE, 2017; SUART; MARCONDES, 2009; MERÇON, 2003). Neste trabalho oportunizou-se o desenvolvimento de habilidades superiores por meio dos Planos Orientadores dos experimentos investigativos, o que favoreceu maior participação dos estudantes no processo de aprendizagem (ZOMPERO; LABURÚ; VILAÇA, 2019; BRASIL, 2018; SUART; MARCONDES, 2008; DE JONG, 1998). A seguir, apresenta-se a análise da construção dos conceitos químicos através das atividades investigativas desenvolvidas pelos estudantes.

4.3 Evolução conceitual em Química Orgânica

As respostas obtidas nos Questionários pós-laboratório (Instrumento de coleta de dados 2) foram classificadas em **correta**, **parcialmente correta** ou **incorreta**. Dessa forma, o questionário pós-laboratório referente ao Plano Orientador 1 foi composto por três questionamentos, os quais buscaram analisar a compreensão dos estudantes quanto aos resultados obtidos no experimento investigativo em questão, relacionados ao fator solubilidade e as propriedades envolvidas. Os resultados obtidos são apresentados no gráfico representado na Figura 18.

Figura 18 - Análise geral das respostas obtidas no questionário pós-laboratório 1.



Fonte: Autores (2021).

Além disso, procedeu-se a análise individual de cada estudante em cada uma das três questões, considerando respostas Corretas (C), Parcialmente Corretas (PC) e Incorretas (I), é apresentada a seguir, no quadro 9:

Quadro 9 - Análise individual do desempenho dos estudantes nas questões pós-laboratório do Plano Orientador 1.

Questão	Estudantes										
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
01	C	C	PC	C	C	PC	C	C	I	C	PC
02	I	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C
03	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Fonte: Autores (2021).

Analisando a questão “Conforme foram adicionados os solventes, o que ocorreu com os ésteres de ácidos graxos?”, sete estudantes responderam corretamente, três parcialmente correta e um estudante respondeu incorretamente. Neste último caso, avalia-se que ele não soube interpretar e relacionar as observações com os resultados ou não conseguiu interpretar a questão. Alguns exemplos de respostas corretas são destacados a seguir:

Estudante 10: Os ésteres de ácidos graxos com polaridade semelhante aos solventes se solubilizaram e os de polaridade diferente não. Foi necessário colocar em banho maria os ésteres de ácidos graxos para assim facilitar o processo.

Estudante 5: Quando o solvente foi água em temperatura ambiente, todos os ácidos graxos se separaram da mesma. Quando o solvente foi água morna e detergente, o óleo e a banha de porco diluíram parcialmente, mas ainda estavam visíveis, a margarina também diluiu parcialmente ainda ficando visível. Quando o solvente foi gasolina, o óleo e a banha de porco diluíram totalmente, não sendo mais visíveis, porém, a margarina se manteve em pedaços, tornando a mistura heterogênea.

Através dos dados obtidos foi possível avaliar que a maioria dos estudantes conseguiu explicar os resultados obtidos no experimento, demonstrando entendimento da solubilidade de certas substâncias em determinados solventes e os fatores que interferiram nesse processo. Os estudantes conseguiram relacionar os estados físicos das substâncias orgânicas com a estrutura da molécula, ou seja, para os ácidos graxos utilizados, a fase líquida ou sólida foi relacionada com a presença ou ausência de insaturações na cadeia carbônica, o que também foi relacionada às forças de van der Waals mais fortes ou mais fracas entre as moléculas (BRUICE, 2006). O grau de solubilidade dos ácidos graxos analisados em compostos com polaridades semelhantes ou diferentes, como água, etanol e octanol foi previsto, uma vez que os estudantes perceberam que a predominância da parte apolar da cadeia carbônica determina uma maior solubilidade em solventes orgânicos de baixa polaridade.

Quanto à segunda questão, “A que propriedade se deve o fato das diferentes solubilidades das substâncias em diferentes solventes?”, nove estudantes responderam corretamente, “*A interação intermolecular e a polaridade*” (Estudante 4); “*Óleo de soja e a água tem polaridade distinta, por isso não se dissolvem*” (Estudante 8); e dois responderam incorretamente, apresentando conceitos gerais sem mencionar os fatores estudados que interferem na solubilidade.

Considerando que os ácidos graxos utilizados pelos estudantes apresentam cadeia carbônica anfifílica, porém, com predominância da parte apolar, era esperado que os estudantes previssem maior solubilidade em solventes orgânicos de baixa polaridade, como o octanol e a gasolina, por exemplo. Também era esperado que eles percebessem que a ação das forças intermoleculares entre as moléculas dos ácidos graxos e do octanol são da mesma magnitude das existentes entre as moléculas dos ácidos graxos, bem como entre as moléculas do octanol. Já etanol e água formam ligações hidrogênio, sendo ótimos solventes para compostos polares (FREIRE, 2017; ATKINS; JONES, 2012; CAREY, 2011). Assim, os ácidos graxos utilizados pelos estudantes não interagiram com a água, permanecendo separados ou em camadas (FREIRE, 2017; MARTINS; LOPES; ANDRADE, 2013; BRUICE, 2006).

No terceiro questionamento sobre o experimento, “Explique quais os fatores que influenciam as propriedades físico-químicas de solubilidade”, todos os estudantes responderam de acordo com o que se esperava, demonstrando correlação entre a teoria e a prática:

Estudante 4: Além das propriedades dos compostos, a temperatura, a quantidade do solvente e a pressão também influenciam a solubilidade.

Estudante 7: Temperatura, pois há substâncias que são sólidas à temperatura ambiente. Polaridade, pois a solubilidade só ocorre com compostos polar- polar ou apolar-apolar.

Estudante 8: Uma das propriedades físico-químicas seria a temperatura, porque tive que aquecer a banha, margarina e manteiga para que elas passassem para o estado líquido, para observarmos se aconteceria a solubilização. Quando o soluto for um líquido ou um sólido, a mudança de temperatura poderá influenciar de diferentes formas a solubilidade. Dessa forma, há casos em que, quanto mais quente está o solvente, mais soluto é dissolvido; e outros em que, quanto mais quente está o solvente, menos o soluto dissolve-se e vice-versa. A polaridade é outro fator que influencia a solubilidade, pois quando tem interações intermoleculares entre as moléculas, elas possuirão polaridade semelhante e do contrário não se ligarão.

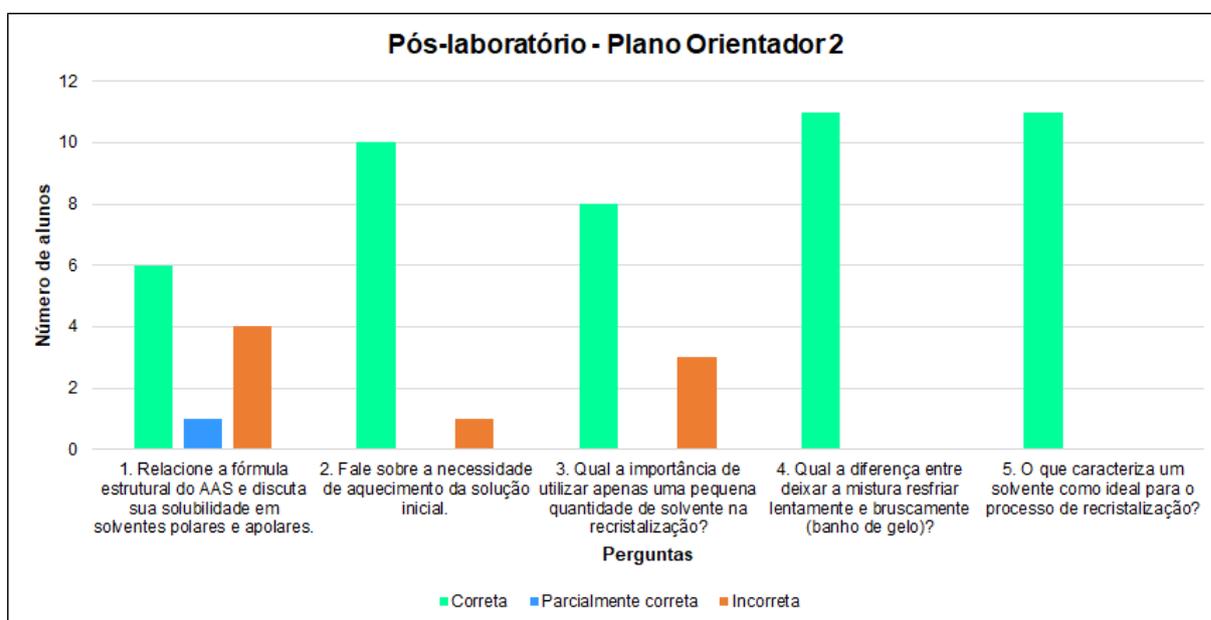
As respostas foram consideradas corretas, pois, de certo modo, os estudantes conseguiram compreender os fatores que afetam a solubilidade dos solventes e solutos testados, tais como polaridade, interações intermoleculares e temperatura, elucidados através das respostas dadas por eles. Os estudantes associaram que a solubilidade está diretamente relacionada com a estrutura molecular, assim como com a polaridade das ligações e da espécie química como um todo (momento de dipolo). Ainda discutiram a solubilidade por intermédio das forças de atração intermoleculares, e muitas vezes foram generalistas e fizeram conclusões apenas de acordo com a regra: “polar dissolve polar, apolar dissolve apolar”.

Por oportuno, foi discutido com a turma que o processo de dissolução de um sólido ou de um líquido em outro requer energia necessária para vencer as atrações existentes entre as moléculas que constituem o soluto e romper as forças existentes entre as próprias moléculas do solvente. A atração soluto-solvente deve ser intensa o suficiente para compensar o rompimento das forças de atração entre as moléculas do soluto e entre as moléculas do solvente (MARTINS; LOPES; ANDRADE, 2013). Já a insolubilidade de certas substâncias em determinado solvente pode ser explicada através da análise das forças existentes entre as moléculas do soluto. Se essas forças, existentes entre as moléculas do soluto, são fracas, as interações entre moléculas do soluto e do solvente também serão fracas. A energia não é suficiente para separar as próprias moléculas do solvente, permanecendo associadas, e o processo de solubilização não ocorre (FREIRE, 2017; MARTINS; LOPES; ANDRADE, 2013; BRUICE, 2006).

Além disso, a solubilidade dos ácidos graxos foi analisada pelos estudantes na perspectiva da temperatura. Assim, esse fator leva em consideração o valor acima do qual a substância é considerada solúvel e, abaixo do qual, é considerada insolúvel.

O questionário pós-laboratório referente ao Plano Orientador 2 foi composto por cinco questionamentos, os quais buscaram verificar se os estudantes perceberam a relação entre ponto de fusão e ebulição, polaridade e solubilidade em determinados solventes, bem como a utilização da técnica de recristalização para separação de componentes ou purificação de uma mistura para remover impurezas. Os resultados obtidos são apresentados no gráfico representado na Figura 19.

Figura 19 - Análise geral das respostas obtidas no questionário pós-laboratório 2.



Fonte: Autores (2021).

A análise individual de cada estudante nas cinco questões, considerando respostas Corretas (C), Parcialmente Corretas (PC) e Incorretas (I), é apresentada no Quadro 10:

Quadro 10 - Análise individual do desempenho dos estudantes nas questões pós-laboratório do Plano Orientador 2.

Questão	Estudantes										
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
01	PC	C	C	C	I	C	I	I	I	C	C
02	C	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C
03	C	C	C	C	C	C	I	C	I	I	C
04	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
05	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Fonte: Autores (2021).

Para a análise do questionário relacionado ao experimento do segundo Plano orientador, as três primeiras questões foram unidas em um único grupo. Obteve-se 24 respostas corretas, uma parcialmente correta e oito incorretas.

Estudante 6: O ácido acetilsalicílico é solúvel em álcool por conta da polaridade próxima entre os dois. Na água, não aconteceria a dissolução por conta da divergência de polaridade.

Estudante 10: O ASS é solúvel em etanol, mas pouco solúvel em água.

Estudante 4: É necessário pois o solvente quente dissolve tudo, e normalmente o composto a ser extraído tem afinidade com o solvente, e quando a solução é filtrada as impurezas permanecem no filtro. Basicamente, durante o aquecimento o composto junta-se com o solvente e a impureza por não possuir afinidade pode ser retirada ainda com a solução quente.

Estudante 8: É necessário para que aconteça o processo de recristalização, pois se estivesse no estado sólido não teria como acontecer o processo. E para que o sólido de interesse se solubilize e se separe das impurezas.

Estudante 1: Se usar uma quantidade pequena de solvente os cristais irão se formar, mas se usar uma quantidade muito grande os cristais irão ficar submersos e não vão se formar.

Estudante 2: Deve-se usar apenas uma pequena quantidade de solvente para dissolver o composto alvo. Se for usado muito, o composto não pode recristalizar quando chegar a hora.

Os estudantes observaram que a estrutura do AAS apresenta grupamentos polares das funções orgânicas éster e ácido carboxílico, mas também apresenta uma parte estrutural apolar significativa, tornando-o pouco solúvel em água. Por outro lado, o AAS é bastante solúvel em

etanol, o que pode ser explicado pela interação dos grupamentos oxigenados do AAS com o etanol através de ligações hidrogênio (VIEIRA, 2018; BARREIRO, 2001). Porém, o composto AAS em água é de menor solubilidade, pois a água oferece ao soluto uma única alternativa atrativa, que são as ligações de hidrogênio e os fortes dipolos da ligação O – H. O AAS tem um segmento molecular de baixa polaridade, o que penaliza em termos de entalpia e entropia o solvente água, numa hipótese de solubilização. Essas características favorecem melhor interação do AAS com o etanol, como foi apontado pela resposta do Estudante 6, destacada anteriormente. Os estudantes também observaram a importância da temperatura para ocorrer a solubilização do AAS, que o solvente não deveria solubilizar as impurezas e não ser em grande quantidade, para não prejudicar a recristalização.

A quarta questão “Qual a diferença entre deixar a mistura resfriar lentamente e bruscamente (banho de gelo)”, todos os estudantes responderam corretamente, apontando a interferência de impurezas e a má formação dos cristais no caso do resfriamento brusco, ou a formação de cristais perfeitos, no caso do resfriamento lento, como mostram as respostas dos Estudante 11 e 4:

Estudante 11: O resfriamento, durante o processo de recristalização, deve ser feito lentamente para que se permita a disposição das moléculas em retículos cristalinos, com formação de cristais grandes e puros. Já bruscamente não ocorreria uma cristalização e sim uma precipitação do material de forma amorfa, o que contribui para o acúmulo de impurezas no interior do sólido.

Estudante 4: O resfriamento brusco ocasiona a má formação dos cristais, restando impurezas em seu interior, ou a precipitação de um material amorfo, o qual não se encontra purificado. O resfriamento lento permite que o cristal cresça, camada por camada, formando uma rede cristalina perfeita.

Na última questão: “O que caracteriza um solvente como ideal para o processo de recristalização?”, também todos os estudantes responderam de maneira correta:

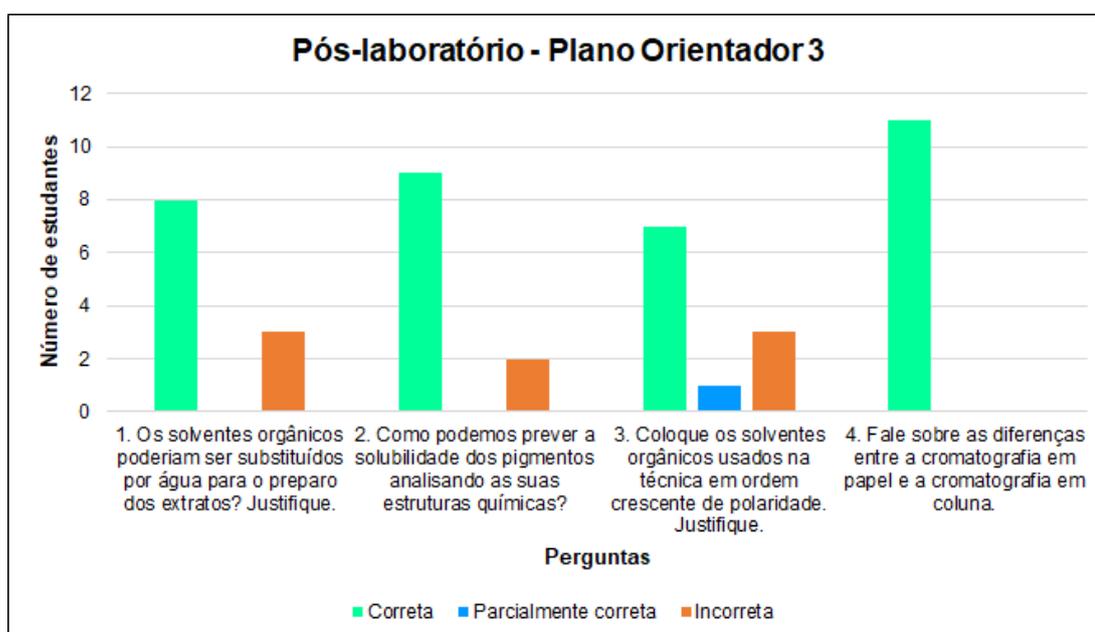
Estudante 3: Para um solvente ser utilizado para a recristalização algumas características são necessárias: o solvente deve dissolver pouco o soluto a temperatura ambiente e deve dissolver todo o soluto em seu ponto de ebulição. Além disso, o ponto de ebulição do solvente não deve exceder o ponto de fusão do soluto, ou caso exceda o solvente não deve ser aquecido acima do ponto de fusão do soluto, sob pena de se recuperar um material amorfo e não cristalino após o resfriamento.

Estudante 5: Para ser ideal para a recristalização, é necessário que o solvente dissolva, em temperatura ambiente um pouco do soluto, mas à medida que a temperatura chegue em seu ponto de ebulição, ele deve dissolver todo o soluto. Mas é preciso ter cuidado com as temperaturas: o ponto de ebulição do solvente não pode ser maior que o de fusão do soluto. O solvente não deve ter reação imediata com o soluto e deve ser volátil.

Através da análise das respostas da quarta e quinta questões pode-se perceber que os estudantes relacionaram vários fatores e conceitos químicos para explicar o experimento executado. Eles relacionaram o parâmetro de solubilidade às interações intermoleculares, consideraram que compostos sólidos são mais solúveis em solventes quentes que em solventes frios, o que favoreceu a recristalização, ocasionada pela diminuição da temperatura e, conseqüentemente, da solubilidade da substância. Também, conseguiram associar o ponto de fusão e a solubilidade do composto a ser purificado, já que o AAS possui baixa polaridade e forma poucas ligações hidrogênio com a água. Além disso, discutiu-se com a turma que a geometria do AAS também não contribui para o encaixe com a geometria da água, sendo desfavorável para a formação do momento dipolar.

O questionário pós-laboratório referente ao Plano Orientador 3 foi composto por quatro perguntas. Na análise dos dados obtidos, buscou-se avaliar se os alunos perceberam que as interações entre os pigmentos e a celulose/adsorvente é que determina o quanto o pigmento sobe ou elui, e que a intensidade dessas forças intermoleculares e a polaridade dos compostos envolvidos estabelecem se o processo será mais lento ou rápido. Os resultados obtidos são apresentados no gráfico representado na Figura 20.

Figura 20 - Análise geral das respostas obtidas no questionário pós-laboratório 3.



Fonte: Autores (2021).

A análise individual de cada estudante nas quatro questões, considerando respostas Corretas (C), Parcialmente Corretas (PC) e Incorretas (I), é apresentada no Quadro 11:

Quadro 11 - Análise individual do desempenho dos estudantes nas questões pós-laboratório do Plano Orientador 3.

Questão	Estudantes										
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
01	C	C	C	C	C	I	C	I	I	C	C
02	I	C	C	C	C	I	C	C	C	C	C
03	I	C	C	C	I	C	C	C	I	C	C
04	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Fonte: Autores (2021).

A primeira questão indagou aos estudantes se os solventes orgânicos poderiam ser substituídos por água no preparo dos extratos. Dos 11 estudantes, oito responderam que não, mencionando a divergência de polaridade entre os extratos (compostos orgânicos) e a água. Um estudante respondeu sim, e dois não souberam responder, como é possível constatar em algumas respostas abaixo:

Estudante 1: Não, pois a maioria dos extratos não se mistura com água.

Estudante 7: Não, porque a Anilina e a Cúrcuma são compostos apolares, e a água é altamente polar então eles não são solúveis. Levando em conta, a regra de solubilidade de que semelhante reage com semelhante. A água não iria interagir com os pigmentos, ou seja, não os levaria.

Estudante 8: O álcool é um composto polar que facilmente é dissolvido em água, mas também dissolve bem materiais apolares. Por essa razão foi utilizado o álcool, por ele ser ótimo em dissolver muitos compostos. Com a água poderia ocorrer algum tipo de erro.

Avaliando os compostos utilizados, anilina (corante alimentício) e cúrcuma, verifica-se que os estudantes que disseram não ser possível substituir os solventes (etanol e acetona) por água, obtiveram acerto para a resposta. A anilina possui baixa polaridade, sendo considerada apolar, enquanto a curcumina, agente bioativo e antioxidante, possui boa solubilidade em etanol, mas é pouco solúvel em água, tendo baixa biodisponibilidade, sendo por essa razão sua baixa absorção no organismo humano (MODASIYA; PATEL, 2012; AGGARWAL; HARIKUMAR, 2009; KAEWNOPPARAT *et al.*, 2009). Já o pó para preparo de gelatina, este é insolúvel em etanol e na maioria dos compostos orgânicos, assim como em água fria. Porém,

hidrata-se totalmente em água quente. Neste caso, o grau de solubilidade depende do fator temperatura.

Na sequência, foi perguntado “Como podemos prever a solubilidade dos pigmentos analisando as suas estruturas químicas?”. Nove estudantes responderam corretamente, enquanto um respondeu incorretamente e outro não soube responder. Os estudantes apontaram a observação da estrutura química da molécula e a previsão da polaridade como possíveis formas de fazer inferências sobre a solubilidade dos pigmentos. Algumas respostas foram: “*Com base em suas estruturas, e pela provável interação dos grupos cromóforos com os solventes usados*” (Estudante 4), “*Pela polaridade e solubilidade de cada uma, analisando as estruturas químicas de ambos: solvente e soluto*” (Estudante 5) e “*Somente os compostos orgânicos que são polares é que se dissolverão na água, que também é polar, já a maioria dos compostos orgânicos não se misturam com a água porque são apolares*” (Estudante 9).

A anilina e a curcumina possuem estruturas anfifílicas com predominância da parte apolar. Isso explica a melhor solubilidade em etanol e acetona, do que em água, uma vez que a solubilidade é favorecida pelas forças mais intensas entre as substâncias (soluto e solvente). Porém, quando as interações moleculares favorecem o estado das substâncias separadas, a dissolução de uma substância em outra é reduzida. Já quando as forças intermoleculares são semelhantes, a tendência é que as substâncias sejam solúveis entre si (EBBING, 1996). Todas essas situações foram retomadas e discutidas em aula.

Para a terceira questão, solicitou-se que colocassem os solventes orgânicos usados na técnica em ordem crescente de polaridade e justificassem. Obtiveram-se sete respostas corretas. Três estudantes responderam incorretamente e um estudante disse ter usado somente etanol como solvente, conforme pode ser observado nas escritas dos estudantes: o Estudante 6 escreveu “*etanol mais polar que acetona*”, e o Estudante 11 escreveu “*Álcool e acetona. Os dois são polares e solúveis em água, mas o álcool apresenta o grupo hidroxila então ele é mais polar*”.

A quarta e última questão do questionário solicita que os estudantes apontem as diferenças entre a cromatografia em papel e a cromatografia em coluna. Todos responderam corretamente,

Estudante 7: A cromatografia em coluna é visualizada em estado líquido e a em papel não é, também há diferença no processo de extrair a cor, já que na primeira se usa uma coluna de vidro, e a outra pode ser usado um copo com uma pequena quantidade de álcool dentro e com o papel.

Estudante 11: Cromatografia em papel: é uma técnica para líquido-líquido, no qual um deles é fixo a um suporte sólido. Recebe esse nome porque a separação e identificação dos componentes da mistura ocorre sobre a superfície de um papel filtro, sendo essa a fase estacionária. A cromatografia em coluna é a mais antiga técnica cromatográfica. É uma técnica para separação de componentes entre duas fases, sólida e líquida, baseada na capacidade de adsorção e solubilidade.

O fato de todos os alunos terem acertado a diferença entre as duas técnicas, como pode ser observado no fragmento do Estudante 11, é um indicativo de que o experimento contribuiu para a aprendizagem, uma vez que os próprios estudantes o executaram.

4.4 Desenvolvimento de habilidades cognitivas: alguns indícios

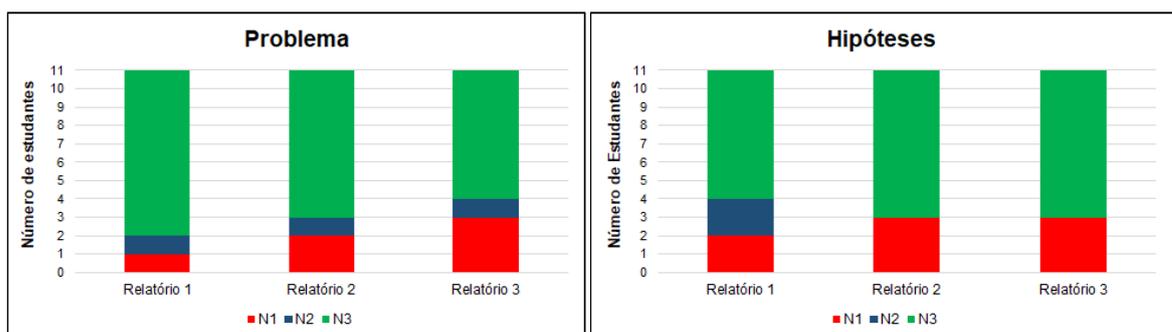
Os dados obtidos com os relatórios das atividades experimentais investigativas (Instrumento de coleta de dados 3) foram analisados de acordo com o instrumento analítico para avaliar as habilidades cognitivas desenvolvidas pelos estudantes da educação básica em atividades de investigação, proposto por Zompero, Laburú e Vilaça (2019).

Cada relatório foi analisado de acordo com as categorias descritas a seguir:

- **Conceitualização**, que compreende a identificação do Problema e a emissão de Hipóteses;
- **Investigação**, que contempla o Planejamento para investigação e Confronto de hipóteses, a Percepção de evidências e o Registro e análise de dados;
- **Conclusão**, que verifica se os estudantes Estabelecem conexão entre evidências e conhecimento científico e a Comunicação dos resultados.

Referente à Conceitualização, os resultados obtidos para os relatórios dos estudantes nos três experimentos investigativos são apresentados na Figura 21.

Figura 21 - Avaliação das etapas da categoria “Conceitualização” de cada atividade experimental investigativa.



Fonte: Autores (2021).

Por intermédio da Figura 20, percebe-se que a maior parte dos estudantes não teve dificuldade em identificar o problema de cada experimento investigativo e elaborar hipóteses baseadas no problema, visto que foi classificada no nível 3. Considerando que a investigação proposta foi planejada para ser executada de modo a oportunizar a participação dos estudantes em todas as etapas, fica evidente que eles tiveram responsabilidade pela própria aprendizagem, uma vez que a maioria emitiu hipóteses relacionadas com os problemas e o identificou completamente, partes fundamentais para a construção do conhecimento científico em atividades investigativas (OLIVEIRA, 2010; SPRONKEN-SMITH *et al.*, 2007; SUART; MARCONDES, 2009).

De acordo com a literatura da área (ZOMPERO; LABURÚ; VILAÇA, 2019; SUART, MARCONDES, 2008), a classificação dos estudantes no nível 3 no item “Conceitualização” é um indicativo de que eles desenvolveram habilidades cognitivas de alta ordem (HOCS), bem como apresentaram raciocínio lógico. A seguir, alguns trechos retirados dos relatórios que evidenciam a discussão anterior e demonstram a identificação do problema da investigação:

Estudante 2: Investigar se determinado óleo ou gordura é solúvel em um certo solvente.

Estudante 5: Para que se entendesse melhor sobre a solubilidade das gorduras e ácidos graxos, foram realizados estudos práticos com solutos e solventes que encontramos em casa, devido à pandemia do coronavírus e isolamento social. Além disso, foram realizadas aulas on-line e disponibilizado documentos sobre o assunto para a melhor compreensão do conteúdo.

Estudante 7: O teste de solubilidade dos ácidos graxos foi realizado para entender como compostos reagentes e solventes agem juntos, se misturam-se ou não. E assim, entender o que está ocorrendo com esses compostos, o motivo que faz com que alguns se dissolvam e outros não.

O fato de o estudante reconhecer o problema, remete a ideia de que ele desenvolveu raciocínio para relacionar os fenômenos que presenciam em suas vidas com os conceitos científicos. Para o experimento 1, percebe-se que os estudantes compreenderam e descreveram o problema a ser solucionado, ou seja, entenderam que os conceitos químicos estão relacionados com o fator solubilidade, como é possível observar na escrita do Estudante 7, mencionada anteriormente. Já os Estudantes 5 e 10 compreenderam que o problema do experimento 2 envolve a recristalização, processo empregado para obter o material de interesse na sua forma pura, no caso o Ácido Acetilsalicílico (AAS), como pode-se observar:

Estudante 4: Esse trabalho tem como objetivo geral realizar o processo de recristalização, para que ocorra a purificação do AAS. Através da elaboração deste

experimento será possível avaliar as propriedades do AAS, e a porcentagem de substância pura e a quantidade de excipiente.

Estudante 5: O objetivo da recristalização é que ela “purifique” o medicamento, tirando suas impurezas e formando cristais com a parte “pura”.

Estudante 10: O relatório tem como intuito mostrar o método de recristalização que é basicamente dissolver uma substância sólida num solvente, a quente, e depois, por resfriamento, obtém-se novamente o estado cristalino, este processo chama-se recristalização.

Referente ao problema do experimento 3, os Estudantes 3 e 7 demonstraram entender que ambas as técnicas de cromatografia desenvolvidas buscam separar componentes de uma mistura e que isso é determinado pelas interações intermoleculares e a polaridade dos compostos envolvidos, como pode ser verificado a seguir:

Estudante 3: O presente relatório tem como objetivo apresentar os resultados obtidos através do experimento de Cromatografia em Coluna e a Cromatografia em Papel. Ambos os modos de cromatografia se baseiam na técnica de análise, usada para separar a mistura de substâncias químicas.

Estudante 7: A cromatografia tem por objetivo separar substâncias para depois identificá-las. É separada em duas fases, uma estacionária, e outra móvel. As interações intermoleculares e iônicas, durante as fases, interagem com os constituintes da mistura, realizando a separação.

A partir da concepção de que a experimentação não é desenvolvida apenas para validar teorias ou provar hipóteses, mas para dialogar com os fenômenos observados, nota-se que os estudantes construíram hipóteses, levando em consideração ser uma ideia transitória para a solução do problema. A seguir, são apresentados alguns trechos extraídos dos relatórios que demonstram a elaboração de hipóteses para o experimento 1:

Estudante 3: *Dependendo de como as moléculas interagem*, as substâncias *podem ter* diferentes estados físicos, solubilidade, ponto de fusão e ebulição, densidade e até a tensão superficial dos líquidos. O relatório abordará cada um desses aspectos, através do experimento com diversos testes realizados. O relatório apresentará os resultados obtidos através do experimento com testes, elucidando o tema proposto, bem como fotos comprovando os resultados. Será mostrado o quanto fatores como temperatura e pressão são fundamentais para as substâncias atingirem a solubilidade (grifo nosso).

Estudante 4: [...] há dois fatores que exercem influência sob a solubilidade: a temperatura e a pressão. Os compostos com grupos polares e de pequena massa molecular *deverão ser solúveis em água*. Já os compostos apolares ou pouco polares *deverão ser solúveis em solventes apolares* ou de pequena polaridade [...]. Através da elaboração deste experimento *acredito que será possível avaliar as propriedades dos compostos e como eles se comportam em diferentes solventes* (grifo nosso).

Os estudantes destacaram os conhecimentos químicos construídos em outros momentos para expressar a hipótese para o experimento 1 e prever os resultados relacionados à solubilidade conforme as características dos solutos e solventes utilizados para a realização da técnica, como interações intermoleculares, destacada pelo Estudante 3, e temperatura e polaridade, conforme relato do Estudante 4. Para a elaboração de hipóteses do experimento 2, os estudantes também consideraram seus conhecimentos sobre soluções, relacionaram a solubilidade do soluto sólido em um solvente em diferentes temperaturas para que o sucesso da recristalização fosse alcançado, como pode-se observar nos fragmentos a seguir:

Estudante 1: Mas, como a grande maioria dos medicamentos, a aspirina tem impurezas e para que isso se comprove de fato e também seja resolvido este problema, é **necessário que se faça um processo de recristalização**. Na realização do processo, é necessário a **escolha de um solvente para o soluto em questão, depois de dissolver com o solvente em ponto de ebulição, deixa esfriar. Quando a mistura resfriar em temperatura ambiente, os cristais irão se formar** (grifo nosso).

Estudante 4: Sabe-se que recristalização é um procedimento de purificação de compostos orgânicos que são sólidos em temperatura ambiente. O princípio do processo baseia-se em diluir o sólido em um solvente quente e resfriar lentamente. Em baixa temperatura, o material diluído tem menor solubilidade, acarretando o desenvolvimento de cristais. O desenvolvimento lento dos cristais, camada por camada, gera um produto puro, assim as impurezas ficam na solução. No resfriamento rápido as impurezas são arrastadas junto com o precipitado, gerando um produto impuro. O processo de recristalização tem por base a propriedade que muitos compostos diferem a solubilidade em função da temperatura, **ou seja, aumentando a temperatura da solução a solubilidade do sólido deverá aumentar também** (grifo nosso).

Estudante 5: **Para que este processo seja realizado, é necessário** a escolha de um solvente para o soluto em questão; depois o dissolver com o solvente em ponto de ebulição, usando pouco solvente para tal ato. **Espera-se, então, esfriar. Quando a “mistura” resfria em temperatura ambiente, os cristais se formam** (grifo nosso).

Estudante 10: O composto a ser purificado **deve ser solúvel num solvente a quente**, e de pequena solubilidade a frio. **Se a impureza for insolúvel a quente**, separa-se a mesma por filtração da mistura aquecida. **No caso oposto, ou seja, se a impureza for solúvel a frio**, o composto passa ao estado sólido, deixando as impurezas em solução (grifo nosso).

Para o experimento 3, constatou-se que os estudantes tiveram mais dificuldade em elaborar as hipóteses. Fica subentendido que precisaram recorrer à pesquisa em outras fontes (sites e textos) para prever qual seria a solução para o problema após a observação dos resultados. Apesar disso, destacaram a influência da polaridade das moléculas e as forças intermoleculares para a separação dos componentes da mistura, conforme transcrito abaixo:

Estudante 4: Para isso, a mistura é filtrada através de um tubo de vidro vertical preenchido com sílica ou alumina (ou outra fase estacionária) e é coletada em pequenas frações. **Os diversos componentes de uma amostra podem ser divididos através da interação diferenciada com o solvente (fase móvel) e a fase estacionária.** [...] No entanto, **quando a polaridade dos componentes da amostra é similar**, a separação /

purificação torna-se difícil. [...]. Foram utilizados os solventes álcool e acetona, o açúcar como fase estacionária e os pigmentos Anilina e Curcuma (grifo nosso).

Estudante 7: As interações intermoleculares e iônicas, durante as fases, interagem com os constituintes da mistura, realizando a separação. A cromatografia **pode ser realizada de duas maneiras**, uma delas é a cromatografia em papel, que consiste em pingar o pigmento no papel, colocar num recipiente que possa ser fechado com uma pequena quantidade de etanol. A outra maneira é a cromatografia em coluna, que consiste em usar uma bureta com açúcar no fundo, colocar etanol e deixar o açúcar sugá-lo, então adiciona-se o pigmento e espera-se o resultado. **A cromatografia será realizada para se observar e entender como este processo ocorre, e o que é responsável por essa transformação** (grifo nosso).

Estudante 8: O processo cromatográfico consiste na passagem da fase móvel sobre a fase estacionária, dentro de uma coluna (usarei uma seringa com açúcar) ou sobre uma placa (usarei papel). Assim, **os pigmentos da gelatina serão separados pela diferença de afinidade através das duas fases** (grifo nosso).

Estudante 9: A Cromatografia é uma técnica físico-química de separação de misturas, baseada no diferencial de migração das substâncias sobre uma fase fixa, chamada de fase estacionária. Neste método **tem sempre uma substância capaz de fixar em sua superfície a substância que está sendo separada**, e um solvente fluido que “arrasta” o material a ser isolado e **assim obteremos a separação dos pigmentos** da planta *Hypoestes phyllostachya* (grifo nosso).

Ainda observando a Figura 21, um estudante identificou parcialmente o problema nas atividades dos Plano Orientadores 1, 2 e 3 e foi classificado no nível 2. Já os índices para o nível 1, ou seja, o número de estudantes que não identificou o problema foi um, dois e três para os relatórios 1, 2 e 3, respectivamente. Alguns exemplos que ilustram a identificação parcial dos problemas estão expostos a seguir:

Estudante 1: Determinar a solubilidade de algumas misturas sólidas, para identificar o tipo de grupo funcional que as amostras devem conter e conseqüentemente propor qual será o composto orgânico em cada mistura preparada.

Estudante 2: Formação de cristais.

Estudante 9: Tem como objetivo esse experimento mostrar que através da cromatografia das plantas, podemos observar a quantidade de cor que nela pode existir que nós não imaginamos.

Referente à emissão de hipóteses, dois estudantes foram classificados no nível 2 para o relatório 1, pois não direcionaram a hipótese ao problema, por exemplo:

Estudante 1: O teste de solubilidade permite classificar cada composto, sendo esses testes realizados em água, álcool, óleo, banha e detergente. **Nos compostos orgânicos a solubilidade pode ser dividida em duas classes principais: solúvel e não solúvel. Sendo assim, identificando os grupos funcionais de cada mistura preparada.** Os compostos com grupos polares e de baixa massa molecular são solúveis em água (grifo nosso).

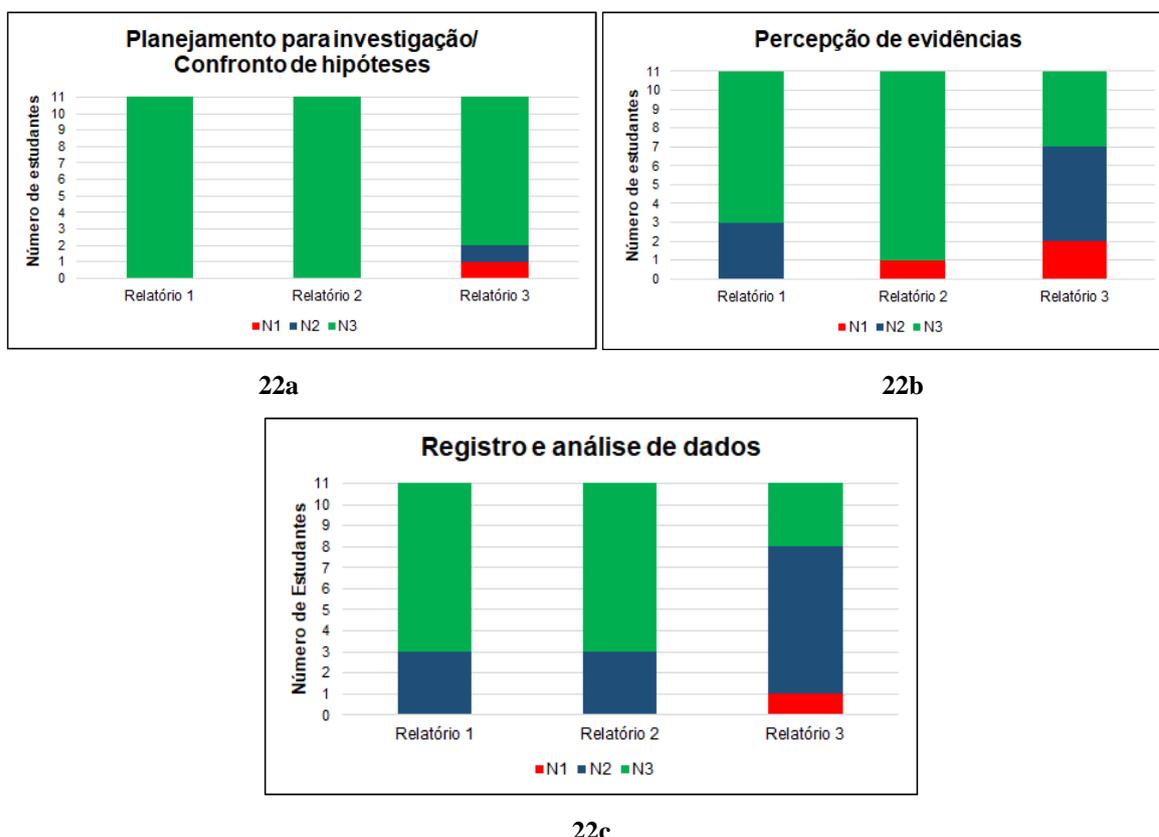
Estudante 9: O presente trabalho, tem como objetivo mostrar a importância dos compostos orgânicos, saber a solubilidade e as interações que as moléculas têm entre si. Na qual *procuramos entender o problema pelo qual os reagentes não se misturam, mostrando que através do experimento da mistura de líquidos que os mesmos se distribuem segundo suas densidades* (grifo nosso).

Isso pode ser explicado pelo baixo esforço cognitivo empregado pelos estudantes durante a realização do experimento, uma vez que a atividade exigiu levantamento de informações e empenho para a escrita do relatório. Os estudantes não conseguiram relacionar seu conhecimento prévio e explorar os fenômenos que ocorrem cotidianamente com o problema abordado na investigação (SOUZA *et al.*, 2013; SUART; MARCONDES, 2009; BORGES, 2002).

Alguns estudantes (total de oito) foram classificados no nível 1 para os relatórios 1, 2 e 3, ou seja, não foram encontradas hipóteses em seus relatórios.

A Figura 22 apresenta a análise dos relatórios dos estudantes para os três experimentos investigativos referentes à categoria Investigação.

Figura 22 - Avaliação das etapas da categoria “Investigação” de cada atividade experimental investigativa.



Fonte: Autores (2021).

Observa-se no gráfico 22a que a maioria dos estudantes conseguiu planejar as atividades de forma coerente com a hipótese emitida para a investigação, pois esta parte do relatório não exigiu grandes esforços, uma vez que se trata da descrição de como a atividade foi realizada. Eles elencaram, com detalhes, os materiais, reagentes e a execução do experimento, sendo classificados no nível 3. Somente um estudante foi classificado no nível 2 no relatório 3, visto que planejou parcialmente a execução do experimento, pois descreveu superficialmente como desenvolver a técnica, o que impossibilitaria a sua reprodução por outra pessoa ao utilizar o texto descrito. Ainda, observa-se que apenas um estudante foi classificado no nível 1 no relatório 3, pois não apresentou um planejamento para a execução da atividade.

O gráfico 22b, mostra que, para os relatórios 1 e 2, a maior parte dos estudantes identificou as evidências e as relacionou para confirmar ou não as hipóteses, ou seja, foram classificados no nível 3, como é possível observar a seguir:

Estudante 1: *No primeiro experimento, a mistura se solubilizou. A água, óleo e detergente são fluidos que possuem polaridades diferentes.* A água é uma molécula polar, enquanto que o detergente possui parte de sua molécula polar e parte apolar. O óleo é uma molécula apolar. Por isso, quando misturamos esses três componentes podemos observar que parte do detergente se mistura com a água. Chamamos essa mistura de micela. Por isso conseguimos lavar a louça com água e detergente. O óleo não se mistura com a água, por ser apolar. Ele se mistura com a parte apolar do detergente (grifo nosso).

Para o experimento do Plano Orientador 1, o Estudante 1 relacionou a polaridade das substâncias com o fator solubilidade, ele percebeu que água e óleo não se misturam, mas que, com a adição do detergente, molécula anfifílica, a mistura acontece e, ainda, extrapola os conceitos químicos para além da escola, identificando situações em seu dia a dia em que esse conhecimento se aplica, como o ato de lavar a louça, por exemplo. Percebe-se no fragmento destacado que o estudante, além de identificar evidências no seu experimento, analisou e discutiu os resultados que obteve, sendo que este último é tratado no gráfico 22c.

Ainda, para o experimento 1, os Estudantes 3, 5 e 11 identificam que a mudança de estado físico através da alteração da temperatura do soluto pode interferir na solubilidade dos mesmos. O Estudante 3 aqueceu a banha, porém não ocorreu a solubilização em água devido a diferença de polaridade entre soluto e solvente, diferentemente do que observou o Estudante 11 ao misturar banha e gasolina e aquecer em banho-maria. Também, o Estudante 5 verificou que a margarina no estado sólido não é solúvel no solvente utilizado, no caso, a gasolina, e que esse resultado experimental pode ser consequência dos diferentes estados físicos das substâncias misturadas quando não se altera a temperatura. As relações estabelecidas entre os dados observados por meio da experimentação com aspectos conceituais da Química podem ser consideradas indícios do desenvolvimento de habilidades de alta ordem cognitiva, tais como

selecionar informações relevantes, avaliar as variáveis e sugerir possíveis soluções do problema, aspectos fundamentais da investigação (SUART; MARCONDES, 2008; SUART; MARCONDES, 2009; SOUZA *et al.*, 2013; BORGES, 2002). Esses estudantes também analisaram e discutiram os resultados obtidos, como se constata a seguir:

Estudante 3: Na mistura de banha e água pude perceber que em estado sólido a banha não se misturou com água, mas realizando o banho-maria, a banha passar para o estado líquido, mesmo assim os reagentes não se misturaram, isso porque a banha é apolar e a água polar.

Teste 1- Banha e água



Banho maria

Estudante 5: Já no caso da margarina misturada à gasolina, a mistura, novamente fica heterogênea, porém, desta vez a margarina desce para baixo, mostrando sua densidade maior em relação à gasolina. Isso também se deve ao fato de a margarina não estar com temperatura ambiente, mas sim mais fria, o que pode configurar um erro de execução no experimento.



Estudante 11: Na mistura de banha e gasolina, percebi que quando a banha estava em estado sólido não ocorreu a solubilização. No entanto, quando coloquei a mistura em banho maria a mistura se solubilizou, pois, é como aquela frase: “semelhante dissolve semelhante”, a banha é de caráter apolar e a gasolina também é apolar.



No experimento do Plano Orientador 2, o Estudante 6 percebeu que a formação dos cristais é imediata ao alterar a temperatura da solução bruscamente realizando o banho de gelo.

Estudante 6: O resultado da atividade experimental fora como esperado, após resfriar em banho de gelo, os cristais se formaram em questão de dois minutos possibilitando a visualização do ácido acetilsalicílico.



Já no experimento do Plano Orientador 3, o Estudante 10 identificou que ao realizar o teste de cromatografia para a anilina foram obtidas várias tonalidades de verde e que isso se deve à mistura de pigmentos que formam a referida cor. Além disso, percebeu que a força de interação entre os pigmentos e o açúcar, usado como fase estacionária, é determinante para o pigmento eluir mais rápido ou mais lentamente.

Estudante 10: No experimento da cromatografia em coluna com o corante verde anilina, saíram 10 tons de verde do mais claro ao mais intenso, ou seja, é mais de um pigmento para o verde que enxergamos no frasco da anilina. Isso aconteceu porque os pigmentos sofrem interações com o açúcar, tendo polaridades iguais ou diferentes.

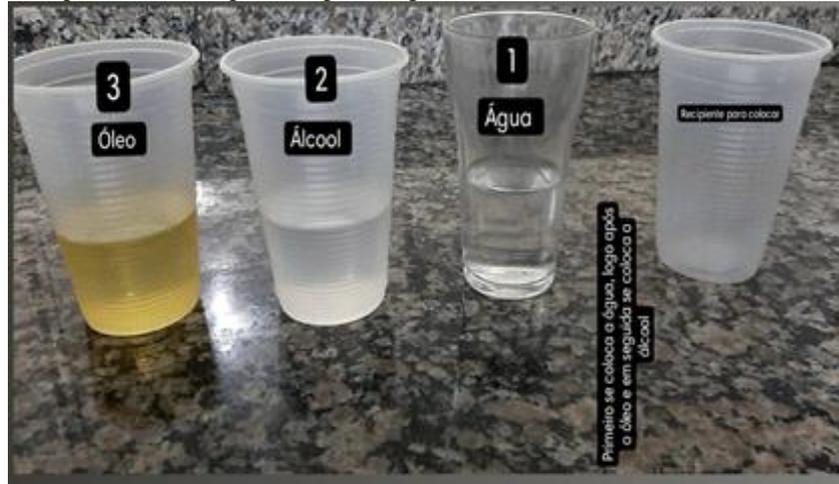


Ainda referente ao relatório 3, somente quatro estudantes foram classificados no nível 3 no que se refere às percepções das evidências (Figura 22b). De forma geral, os textos referentes ao Plano Orientador “Grupos cromóforos e sua relação com a cor” foram mais sucintos e o desenvolvimento do assunto ficou mais restrito. Essa diferença dos relatórios 1 e 2 para o 3 pode ter vários motivos, como a complexidade do assunto tratado, baixo esforço para desenvolver a atividade e relatório ou pelo fato de que a atividade, além de estar ocorrendo em um ano letivo atípico, coincidiu com os feriados de final de ano e, na sequência, encerramento de atividades letivas. Também, muitos alunos aproveitaram a flexibilização dos estudos pela modalidade remota/à distância, para trabalhar, utilizando o período diurno de horário de estudo para isso.

No gráfico 22c é possível observar que houve um considerável número de estudantes classificados no nível 2 para as três atividades experimentais, com destaque para o relatório 3 no qual foi perceptível uma maior dificuldade e/ou resistência na análise dos dados, visto que o registro escrito ou através de fotos do experimento foi feito, pois não exigiu grandes esforços. Além disso, um estudante foi classificado no nível 1, o que evidencia dificuldade para coletar, analisar dados e testar hipóteses. Isso expressa que os estudantes tiveram mais dificuldade para argumentar e discutir os fenômenos químicos observados numa perspectiva científica, como relacionar a cor visualizada pelo olho humano e a presença de grupos cromóforos, insaturações, elétrons livres e a absorção da radiação eletromagnética, assim como a presença de grupos polares e a solubilidade no solvente que utilizaram para desenvolver a separação dos pigmentos. Os outros três estudantes registraram e analisaram os dados com base nas evidências, sendo classificados no nível 3. Alguns fragmentos dos relatórios:

Estudante 9: Observamos quando colocamos a água e em seguida o óleo, quando a água se mistura com o óleo, se forma um sistema heterogêneo, onde as duas

substâncias não se misturam, isso ocorre porque o óleo é muito apolar, e a água é bastante polar, sendo impossível para a água solubilizar o óleo.

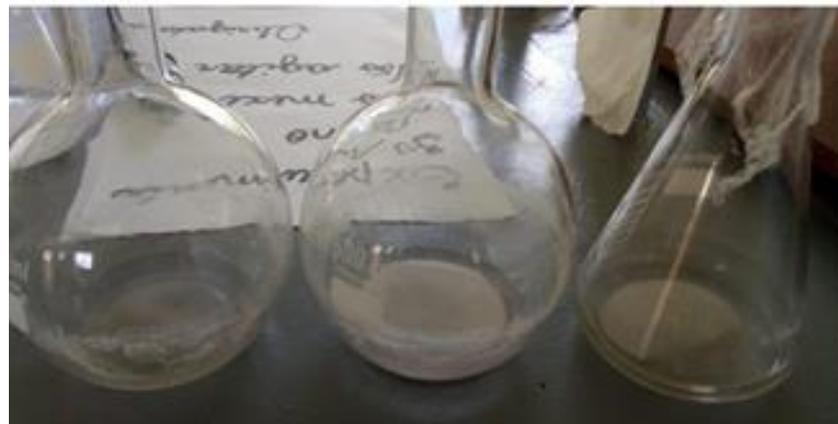


Estudante 4: Os comprimidos de AAS, além de Ácido Acetilsalicílico possuem excipientes em sua composição.



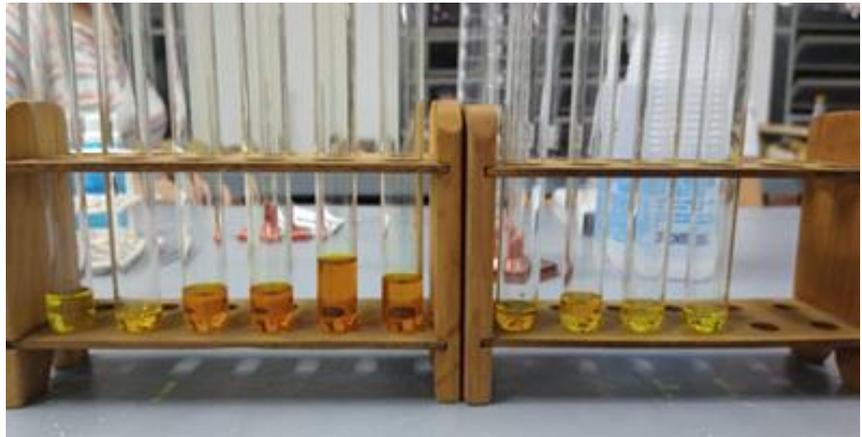
Nota-se o aspecto de amido, os excipientes desses comprimidos são amido, celulose microcristalina e talco.

Estudante 10: O primeiro teste não deu certo, porque na semana em que deixamos o material esfriar, fez temperatura elevada, cerca de 38 graus.

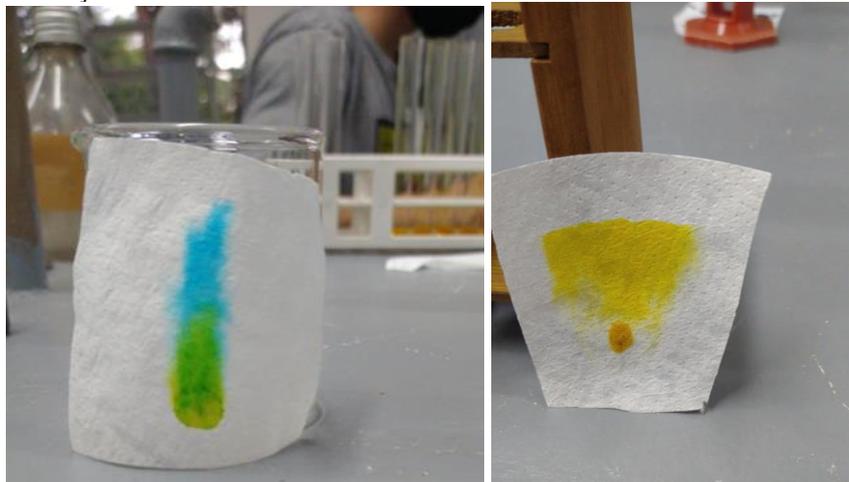


Por meio do apontamento feito pelo Estudante 9, é possível inferir que houve o estabelecimento de relações entre o conhecimento prévio de sistema heterogêneo, polaridade das moléculas e solubilidade, obtidos com o desenvolvimento do experimento 1. Já o Estudante 4 identificou que, além do princípio ativo, os medicamentos podem conter outras substâncias, além de impurezas, que são os excipientes. Por sua vez, o Estudante 10 relacionou o fator temperatura à não formação dos cristais, visto que a condição climática do dia em que o experimento foi realizado pode ter interferido no resultado do experimento 2. Com relação ao experimento 3, alguns fragmentos dos relatórios classificados no nível 3:

Estudante 3: Ambas as técnicas demonstraram que a separação resultou na diferença de velocidades de migração (migração diferencial) dos diversos componentes presentes na amostra, o que se deve às interações entre esses componentes com ambas as fases. Essas interações são influenciadas por diferentes forças intermoleculares como, por exemplo, força iônica, bipolar, apolar, e efeitos específicos de afinidade e solubilidade.



Estudante 4: A partir dos resultados, podemos notar que na cromatografia em coluna possibilita a extração de mais pigmentos do que a em papel. E também, que os resultados divergem enquanto na cromatografia em coluna a Anilina apresenta somente pigmentos verdes, na em papel apresenta os pigmentos amarelo, verde e azul. E a cúrcuma apresenta amarelo, laranja na cromatografia em coluna, e em papel não há mudança.



Estudante 8: Depois de realizado o experimento da Cromatografia em coluna pode-se perceber que os pigmentos que integram mais com a fase móvel se deslocam mais rápido, enquanto que os que interagem mais forte com a fase estacionária permanecem. Os pigmentos menos polares chegam ao fim da seringa e são coletados. Foram coletados 4 tipos de cores em azul, no qual cada vez a cor foi ficando mais forte.



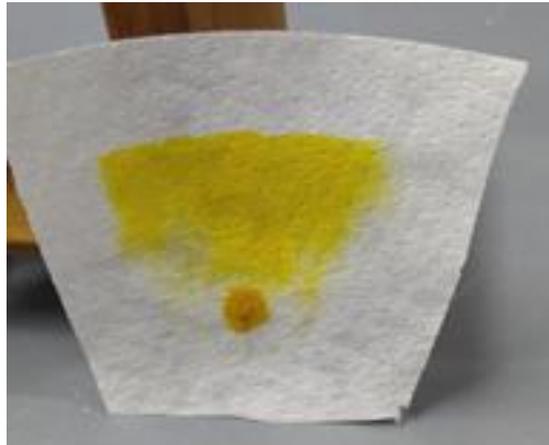
Observando os fragmentos citados anteriormente, o Estudante 3 identificou que as interações intermoleculares entre os componentes da mistura e as fases influenciam a velocidade de migração dos pigmentos ao longo da coluna cromatográfica. O Estudante 4 percebe que ambas as cromatografias apresentam resultados diferentes para uma mesma amostra, destacando as diferentes colorações observadas na cromatografia em papel. O Estudante 8 relaciona a diferença dos pigmentos com a polaridade de ambas as fases.

Com relação aos estudantes classificados no nível 2, o Estudante 9 percebeu as evidências, registrou os dados, incluindo texto e fotos em seu relatório, mas sua análise não condiz com o esperado para o experimento. Ele não percebeu a influência das diferenças entre as estruturas químicas, da polaridade e da temperatura dos compostos no fator de solubilidade, ou seja, não conseguiu sistematizar as observações acerca do experimento para compreender o problema. Já os estudantes 3 e 6 perceberam as evidências, fizeram registros dos dados, mas não apresentaram análises. Algumas partes dos relatórios desses alunos são apresentadas na sequência:

Estudante 9: Com o passar do tempo, o óleo irá para o fundo do recipiente, pois ele é mais denso do que a água, esse processo é chamado de decantação e é possível separar a mistura dessa forma, em seguida colocamos o álcool onde vemos que a água fica em baixo, o óleo volta para o meio e o álcool fica em cima, pois o pH da água é acima de 7 considerada alcalina, já a do óleo o pH é menor que 7 e para que o álcool fique em cima seu pH tem que estar entre 6 e 8, ou seja, não pode ser nem muito básico nem muito ácido, permanecendo neutro.



Estudante 3: Na técnica da cromatografia em papel realizada com o açafrão, obteve-se uma coloração de um amarelo mais claro até um amarelo mais escuro e um laranja mais claro e um amarelo mais escuro.



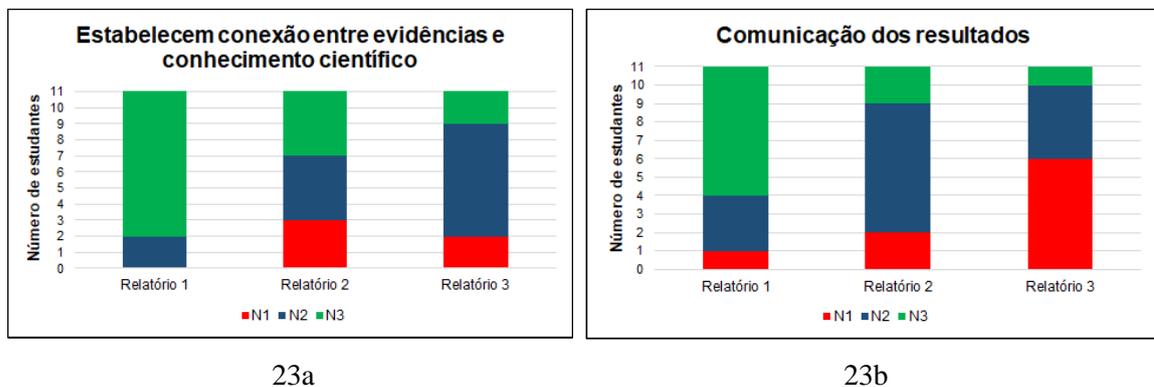
Estudante 6: A partir desse experimento pode-se obter 3 cores principais: uma espécie de marrom esverdeado denso, amarelo e um amarelo rosado.



Através dos relatos dos estudantes, é possível perceber a importância de práticas investigativas no intuito de desenvolver habilidades cognitivas por meio da aproximação do estudante com a identificação de problemas e da posição ativa nas atividades desenvolvidas. A solução dos problemas da atividade permitiu a expressão de argumentos e explicações, a partir da análise dos dados e informações coletados durante o experimento (ZOMPERO; LABURÚ; VILAÇA, 2019; SOUZA *et al.*, 2013), o que favoreceu uma aprendizagem mais consistente (FREIRE, 2017) e a exploração dos conhecimentos científicos para outras situações.

Sobre a etapa Conclusão, os resultados obtidos para os relatórios dos estudantes nos três experimentos investigativos são apresentados na Figura 23.

Figura 23 - Avaliação das etapas da categoria “Conclusão” de cada atividade experimental investigativa.



Fonte: Autores (2021).

Na categoria Conclusão foram avaliados dois aspectos. No gráfico 23a, que se refere à capacidade de explicar as evidências com base no conhecimento científico, apenas relatórios dos experimentos 2 e 3 foram classificados no nível 1, o que indica que a maior parte dos estudantes relacionou as evidências com o aporte teórico de forma parcial ou totalmente coerente. Já em relação ao gráfico da Figura 23b, referente à comunicação dos resultados, etapa que avaliou a habilidade de coordenar os dados com o problema, hipóteses e conhecimento científico para elaborar a conclusão, percebeu-se uma maior dificuldade. Destaca-se que para os experimentos 2 e 3 poucos alunos apresentaram conclusões que remetessem ao problema ou às hipóteses. As inferências foram feitas, em sua maior parte, considerando os aspectos observáveis e dados dos experimentos, geralmente, com pouco embasamento teórico, resultando em conclusões superficiais. A leitura dos relatórios indica que esse resultado é decorrência de dificuldade e/ou resistência em apresentar esforço na elaboração dos textos, o

que exige comprometimento, concentração, pesquisa e leitura, para poder relacionar os fenômenos observados nos experimentos e relacioná-los com os conceitos químicos.

Percebe-se que os estudantes, apesar de desenvolverem as atividades experimentais sozinhos, de certa forma, conseguiram desenvolver todas as etapas que a atividade investigativa exigiu, desde a identificação do problema, levantamento de hipóteses, organização e realização dos experimentos, análise e discussão dos resultados (SOUZA *et al.*, 2013; OLIVEIRA, 2010; SPRONKEN-SMITH *et al.*, 2007; BORGES, 2002). Porém, alguns não demonstraram terem desenvolvido a habilidade de argumentar os resultados obtidos por meio da sistematização (ZOMPERO; LABURÚ; VILAÇA, 2019; BORGES, 2002). Alguns tiveram dificuldade em elaborar conclusões a partir da análise dos dados e das informações coletadas durante a investigação.

Alguns estudantes conseguiram relacionar as observações obtidas nos experimentos com situações corriqueiras, além de perceberem a complexidade conceitual envolvida nas situações propostas. Essas constatações podem ser verificadas nos fragmentos a seguir:

Estudante 5: Ao analisarmos o relatório e o experimento feito, conclui-se que a solubilidade é um conteúdo muito profundo, pois depende de inúmeros fatores para chegar a um resultado e para entender o que de fato ela é e como ajuda no nosso dia a dia para inúmeros fatores: desde alimentação saudável, até uma maneira mais fácil de desengordurar panelas.

Estudante 3: Ficou evidente que, para as substâncias se solubilizarem, é de extrema importância que os reagentes sejam semelhantes, pois assim ocorre a interação intermolecular. Também percebeu-se que para realizar a solubilização, foi necessário mudar a temperatura dos reagentes, pois quando estavam sólidos não ocorria a solubilidade dos mesmos.

Estudante 4: Após a realização do processo de recristalização do AAS, conclui-se que ácido acetilsalicílico é solúvel em etanol. E que, a temperatura é um dos principais fatores que influenciam diretamente na formação dos cristais. A escolha adequada do solvente, a quantidade correta e o aquecimento da solução também são responsáveis pela formação. [...] Os resultados mostram que além de ácido acetilsalicílico em sua composição, os comprimidos possuem excipientes (amido, celulose microcristalina, talco). E que, nenhum medicamento é totalmente puro, todos possuem diversos componentes em sua composição.

Estudante 7: A cromatografia em coluna separou as cores existentes, isso ocorreu devido a polaridade de cada uma, que fez com a substância de maior polaridade se movesse rapidamente, após separadas formaram os cinco diferentes tons de verde.

Estudante 7: Conclui-se que é possível que haja compostos danosos à saúde junto ao medicamento, por isso é necessário a avaliação pelos órgãos competentes.

O estudante 5 relaciona os fatos observados no experimento 1 com a importância de ter uma alimentação saudável, assim como identifica os conceitos químicos na higienização de louças. Para o mesmo experimento, o Estudante 3 destaca a importância de conhecer a

polaridade, a estrutura química e as interações intermoleculares e a temperatura para o quesito solubilidade. O estudante 4, para o experimento 2, também reconhece a influência da temperatura e questões como polaridade para a formação de cristais, assim como a presença de outros componentes, além do princípio ativo, também constatado pelo Estudante 7. Este último também relacionou a obtenção de diferentes pigmentos na cromatografia com a polaridade dos compostos envolvidos.

De modo geral, é possível observar, através dos textos dos relatórios produzidos, que alguns estudantes conseguiram contextualizar os conceitos químicos, sendo que a partir disso, são evidentes os indícios de que a aprendizagem da Química foi sendo construída ao longo dos experimentos investigativos (FREIRE, 2017; BORGES, 2002). Isso mostra a importância da realização de atividades que enfatizem o estudante como centro da construção do processo de aprendizagem, quando o professor lhe dá a chance de exercer papel ativo neste tipo de atividades, corroborando com o desenvolvimento de habilidades cognitivas mais elevadas (SUART; MARCONDES, 2009).

Pressupõe-se que as atividades experimentais investigativas realizadas auxiliaram os estudantes a explorar fenômenos corriqueiros, os quais elaboraram e devolveram o experimento para buscar solução ao problema proposto, exercendo papel ativo nas atividades desenvolvidas. Além disso, observou-se o desenvolvimento de habilidades manipuladora e investigadora; compreensão da natureza da ciência; interesse pelo estudo de ciências, pois os estudantes gostam de atividades práticas e sentem prazer em realizá-las (FERREIRA; HARTWIG; OLIVEIRA, 2010; OLIVEIRA, 2010; GIORDAN, 1999; DE JONG, 1998).

A realização das atividades contempladas nos três Planos Orientadores permitiu aos estudantes relacionar os conteúdos de Química com fatos do cotidiano, contribuindo para uma aprendizagem que poderá ser aplicada em seus cotidianos.

Os estudantes estiveram bem motivados para a realização dos experimentos investigativos. Através dos textos dos alunos, verificou-se que essa abordagem investigativa, partindo da identificação e, posteriormente, resolução de problemas foi uma estratégia de ensino que oportunizou aprendizado, pois o estudante precisou acessar o raciocínio teórico, baseado no seu conhecimento prévio, para prever ou explicar o fato, analisar e interpretar situações que vivencia diariamente ou científicas, amparado pelos conhecimentos científicos.

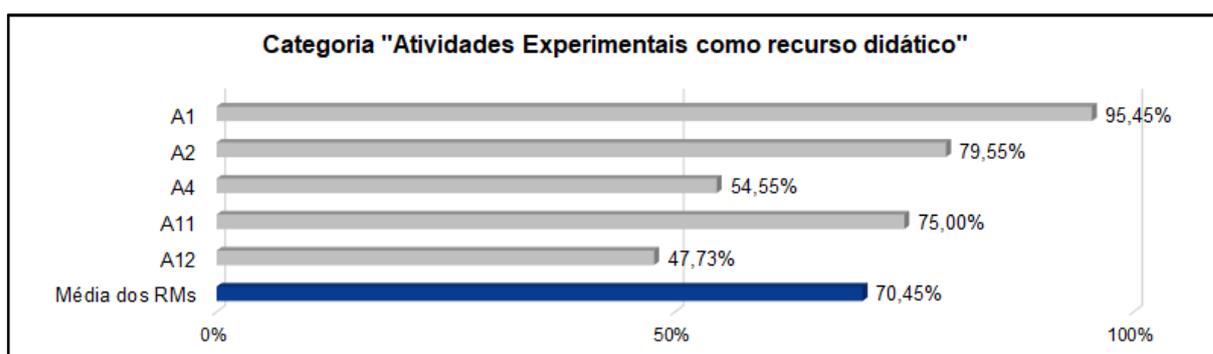
4.5 Avaliação dos experimentos investigativos e autoavaliação dos estudantes

Em relação à categoria “Atividades Experimentais como recurso didático”, na Tabela 2 são apresentados os resultados obtidos na análise descritiva das avaliações dos estudantes às afirmações do questionário final. A partir dos cinco níveis de concordância da escala Likert, são apresentados os valores máximo e mínimo, o ranking médio (RM) e desvio-padrão para cada afirmação. Na sequência é apresentada a Figura 24, que ilustra o gráfico do grau de concordância dos sujeitos para cada afirmação.

Tabela 2 - Análise descritiva da categoria “Atividades Experimentais como recurso didático”.

Afirmação	RM	Desvio Padrão	Valor máximo	Valor mínimo
A1. As atividades experimentais me ajudaram a compreender os conceitos químicos.	4,82	0,40	5	4
A2. As atividades experimentais foram interessantes, mas aprendi quando a professora explicou oralmente os conteúdos.	4,18	1,08	5	2
A4. Eu precisei memorizar informações / conteúdo das atividades experimentais	3,18	1,47	5	1
A11. A Química é uma disciplina interessante e fácil de aprender.	4,0	0,77	5	3
A12. Eu aprendo mais com aulas teóricas do que com aulas práticas.	2,91	1,30	5	1

Figura 24 - Grau de concordância da categoria “Atividades Experimentais como recurso didático”.



Fonte: Autores (2021).

A partir do gráfico exposto na Figura 24, percebe-se que o maior grau de concordância foi para A1: “as atividades experimentais me ajudaram a compreender os conceitos químicos”, com 95,45%, ou seja, dois e nove estudantes, respectivamente, concordam parcialmente ou concordam totalmente com essa afirmativa. Esse resultado é corroborado pelos dados da Tabela

2, os quais mostram que a A1 obteve o maior RM (4,82) e menor desvio padrão (0,40) na categoria. Resultados já encontrados em outras pesquisas (FREIRE, 2017; PAZINATO; BRAIBANTE, 2014; SOUZA *et al.*, 2013; SUART; MARCONDES, 2009; CORREIA; DONNER JR; INFANTE-MALACHIAS, 2008; LIMA; PINA; BARBOSA, 2000) reforçam os encontrados na A1, o que demonstra que o experimento investigativo desempenha um papel muito importante para a melhora na compreensão de aspectos teóricos, bem como no entendimento de conceitos científicos.

A afirmativa que teve maior divergência entre os estudantes e apresentou o menor valor no RM foi a A12 “eu aprendo mais com aulas teóricas do que com aulas práticas”. Conforme a tabela 2, o desvio-padrão foi alto (1,30) e a média foi de 2,91, o que é relativamente baixa para uma escala de cinco pontos. Referente ao grau de concordância, o valor obtido foi de 47,73%, considerado como de discordância moderado (<50%). Esses dados expressam uma heterogeneidade em relação à avaliação da afirmativa, ou seja, para alguns estudantes, as atividades experimentais investigativas são importantes e bem-vindas para contribuir com a aprendizagem, enquanto que, para outros, o ensino teórico e tecnicista é suficiente, sistema com o qual já estão acostumados e não há necessidade em sair da zona de conforto. Neste contexto, é válido ressaltar que atividades investigativas inicialmente enfrentam resistência por parte dos estudantes, sendo necessário apoio, incentivo e um acompanhamento dos professores. Além disso, muitas atividades dos Planos Orientadores foram desenvolvidas independentemente pelos alunos, devido ao ensino remoto, o que exigiu mais autonomia perante essa metodologia investigativa. Para corroborar, a afirmativa A2, com desvio-padrão 1,08, indica que a maioria dos estudantes aprenderam os conceitos químicos, sem, necessariamente, que a professora explicasse os conteúdos.

O grau de concordância médio dos estudantes para as afirmações da categoria “Atividades Experimentais como recurso didático” foi 70,45%, o que indica concordância moderada, ou seja, em sua maior parte, os estudantes percebem a importância dos experimentos na compreensão da Química e na construção do conhecimento, o que pode ser observado no valor obtido na afirmativa A11.

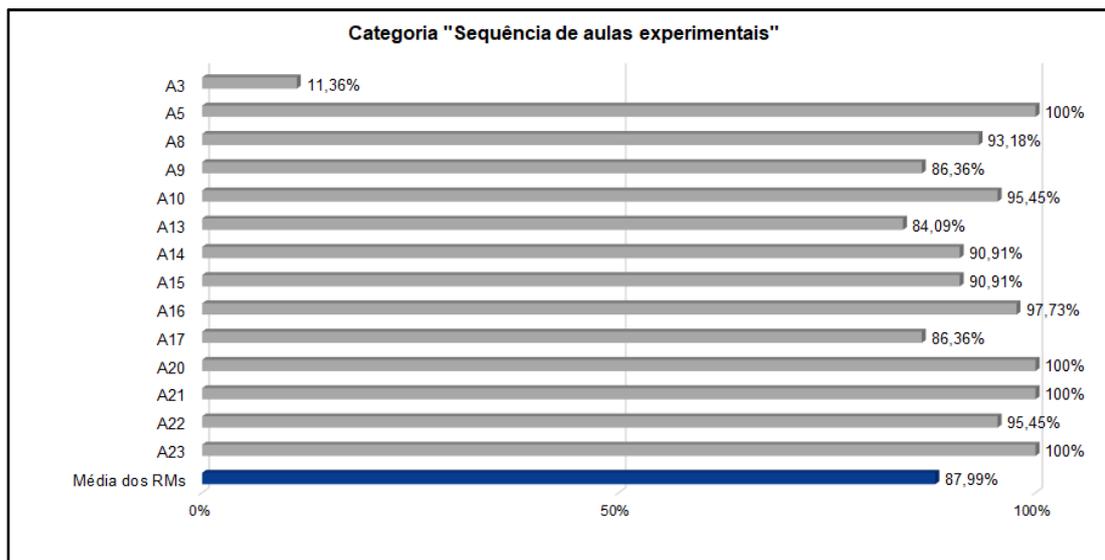
Na categoria “Sequência de aulas experimentais”, os estudantes avaliaram 14 afirmativas sobre os experimentos desenvolvidos por meio dos Planos Orientadores e o desenvolvimento de habilidades consideradas de alta ordem cognitiva.

Ao analisar os resultados das afirmações A3, A5, A9, A10 e A22 expostos na Tabela 3 e Figura 25, percebe-se, de maneira geral, que os estudantes consideram os experimentos investigativos importantes no desenvolvimento conceitual e na compreensão da Química.

Tabela 3 - Análise descritiva da categoria “Sequência de aulas experimentais”.

Afirmação	RM	Desvio Padrão	Valor máximo	Valor mínimo
A3. As atividades experimentais foram confusas e dificultaram o meu entendimento.	1,45	1,03	4	1
A5. A explicação da professora após cada intervenção foi de fácil compreensão e sanou minhas dúvidas.	5	0	5	5
A8. Realizar os experimentos melhorou as minhas habilidades manipulativas com equipamentos e vidrarias de laboratório.	4,73	0,64	5	3
A9. As aulas experimentais permitiram identificar a relação entre os conceitos químicos e conceitos de outras disciplinas.	4,45	0,68	5	3
A10. Após essa sequência de atividades experimentais consigo relacionar a Química com o meu dia a dia.	4,82	0,40	5	4
A13. As discussões em grupo me ajudaram a entender melhor os conceitos químicos.	4,36	1,20	5	1
A14. Devido a minha participação nas aulas experimentais, melhorei a leitura, interpretação e compreensão de textos científicos.	4,64	0,67	5	3
A15. As atividades experimentais melhoraram a minha capacidade de ter boas ideias e resolver problemas.	4,64	0,50	5	4
A16. A elaboração dos relatórios melhorou a minha escrita.	4,91	0,30	5	4
A17. Depois de participar dos experimentos, consigo interpretar tabelas, gráficos e outras formas de resultados de dados com mais precisão.	4,45	0,68	5	3
A20. (-) Eu não gostei das atividades experimentais.	5	0	5	5
A21. Eu recomendo que outros estudantes de ensino médio participem de atividades experimentais como as que foram desenvolvidas na nossa turma.	5	0	5	5
A22. O nível de dificuldades dos experimentos foi compatível com o ensino médio.	4,82	0,40	5	4
A23. Eu gostaria de participar de outras aulas que utilizam atividades experimentais.	5	0	5	5

Figura 25 - Grau de concordância da categoria “Sequência de aulas experimentais”.



Fonte: Autores (2021).

A A3 apresentou o menor RM (1,45) e grau de concordância em torno de 11% (<25%), considerado como grau de discordância forte, o que significa que os experimentos empregados na sequência de aulas experimentais tiveram objetivos claros e facilitaram o entendimento dos conteúdos abordados. Outro aspecto relevante a ser levado em conta na escolha dos experimentos é a compatibilidade com o nível de ensino, o que foi avaliado na A22. Percebe-se que os estudantes concordam totalmente ou parcialmente (desvio padrão = 0,40) que o nível de dificuldade foi compatível com o ensino médio.

A relação dos conceitos de Química com o cotidiano e com outras disciplinas foi avaliado nas afirmativas A9 e A10. Essas afirmações apresentaram graus de concordância alto (Figura 24) e desvios padrões baixos (Tabela 3), ou seja, os estudantes concordaram que por intermédio da sequência de aulas experimentais, eles aplicaram conceitos no dia a dia e relacionaram a Química com outras disciplinas, como a Biologia, por exemplo.

Os resultados das afirmativas A8, A14, A15, A16, A17 expostos na Tabela 3 e Figura 24, mostram que os estudantes melhoraram suas habilidades manipulativas ao desenvolverem os experimentos, assim como a capacidade de interpretação de textos científicos, gráficos e tabelas. Neste grupo de afirmativas, a afirmativa A16 teve o maior RM (4,91) e a afirmativa A17 teve o menor RM (4,45), com grau de concordância entre 97,73% e 86,36%, considerado grau de concordância forte, o que indica que, a partir dos experimentos investigativos realizados, os estudantes desenvolveram a capacidade de compreender e interpretar gráficos,

tabelas e textos científicos e passaram a ter ideias para resolver problemas a partir dos conceitos construídos.

Quanto à participação nas atividades experimentais, os resultados obtidos nas afirmativas A20, A21, A23, todas com RM 5 e grau de concordância forte (100%), revelam que os estudantes gostaram de desenvolver os experimentos investigativos e que gostariam de participar desse tipo de atividade em outras aulas, concordando que outros estudantes também deveriam ter a oportunidade de ter contato com essa forma de aprendizagem. Salienta-se que a afirmativa 20 apresenta escala inversa para fins de análise, ou seja, todos os estudantes gostaram de realizar as atividades experimentais

Avalia-se que os resultados obtidos nessas afirmações se devam ao fato de os estudantes terem participado ativamente de todas as etapas de uma investigação. Durante as atividades, a professora buscou orientá-los e intervir somente nos momentos em que houve necessidade de ajustes e de dúvidas, oportunizando a eles autonomia para buscarem informações e construir seus conhecimentos, bem como a contextualização dos saberes científicos com suas vivências, o que proporcionou o estabelecimento de associações com os aspectos do cotidiano.

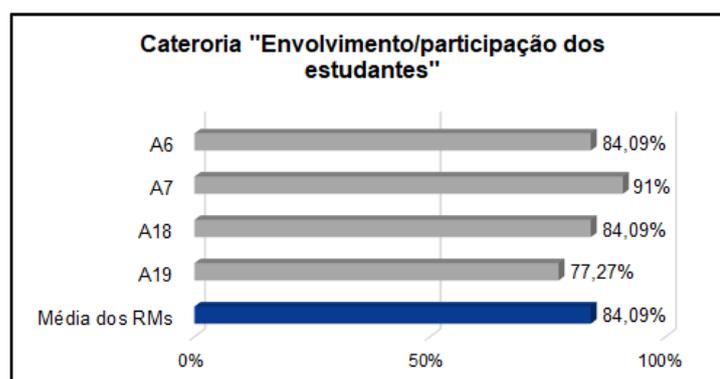
O gráfico da Figura 24 mostra que a média dos RMs foi de 87,99%, expressando que a maioria dos estudantes concordou fortemente com as afirmativas desta categoria, evidenciando interesse por atividades experimentais, não somente por ser mais atraente e divertido, mas porque passam a compreender o que a teoria fala, sanam dúvidas, conseguem relacionar os conceitos químicos e o fenômenos do dia a dia, evidenciando que atividades investigativas têm potencial no desenvolvimento de habilidades cognitivas.

Já na categoria “Envolvimento/participação dos estudantes”, foram avaliadas quatro afirmativas sobre o empenho e dedicação que os estudantes tiveram em relação ao desenvolvimento dos Planos Orientadores, como é possível observar na Tabela 4 e no gráfico ilustrado na Figura 26.

Tabela 4 - Análise descritiva da categoria “Envolvimento/participação dos estudantes”.

Afirmção	RM	Desvio Padrão	Valor máximo	Valor mínimo
A6. Durante a realização dos experimentos, fiz anotações e esquemas para organizar as ideias e potencializar meu aprendizado.	4,82	0,92	5	2
A7. Estudei em casa para melhorar minha compreensão sobre os conceitos abordados na sequência de atividades experimentais.	4,18	0,50	5	4
A18. A minha participação nas aulas experimentais é maior, o que melhorou a minha comunicação oral.	3,18	0,80	5	3
A19. (-) Eu não tenho paciência em ouvir outras pessoas.	4,0	1,37	5	1

Figura 26 - Grau de concordância da categoria “Envolvimento/participação dos estudantes”.



Fonte: Autores (2021).

Através das afirmativas 6 e 7, com RMs 4,82 e 4,18, respectivamente, observa-se que as atividades investigativas foram enriquecedoras e propiciaram aos estudantes a interação com a ciência, através de anotações, esquemas, bem como maior empenho com o estudo, o que possibilitou a formação de um olhar mais crítico em relação aos resultados obtidos, pois a maioria concordou fortemente com as afirmativas (>75%). A afirmativa 19 apresenta escala inversa, isto significa que a maioria dos estudantes consegue ouvir a opinião de outras pessoas.

O gráfico da Figura 26 mostra que a média dos RMs foi de 84,09%, o que leva a confirmar que na percepção dos estudantes, as atividades experimentais contribuíram de forma significativa para a aprendizagem, pois a maioria concordou fortemente com importância de anotações e esquemas para potencializar o aprendizado, de estudar em casa para a compreensão dos conceitos estudados e a participação na atividade experimental na melhoria da comunicação oral.

Para concluir este questionário, foi aplicada uma questão discursiva/aberta, para que os estudantes pudessem expressar suas opiniões sobre o que poderia ter sido feito para facilitar o aprendizado e aumentar o interesse pela Química.

Estudante 6: Acredito que tendo puxado o conteúdo para coisas do dia a dia, como a prof fez, ajudou muito em todos os sentidos para entendermos mais sobre o conteúdo

Estudante 7: As experiências foram ótimas, mas acho que deveriam fazer parte de todo o ensino médio.

Estudante 3: Em minha opinião, a professora sempre esteve disponível para sanar minhas dúvidas, mesmo em final de semana, ela fez a gente entender super bem o conteúdo porque sempre se preocupou com nosso aprendizado, sou grata a ela, e tenho certeza que só com as aulas dela todos sentem interessados em aprender cada vez mais Química.

Estudante 2: Em minha opinião, as aulas foram de grande importância. Gostei do método em que trabalhamos (aulas práticas), pois consegui compreender de forma simples todas as atividades realizadas.

Estudante 5: As aulas com experimentações foram muito boas para o aprendizado, apenas gostaria que existissem mais durante os anos letivos que se passaram e que possa haver nos próximos.

Conforme as respostas obtidas, os estudantes destacaram que a metodologia abordada foi de grande relevância para o aprendizado, pois puderam ver na prática os fenômenos acontecendo, o que tornou possível extrapolar os conceitos químicos para o cotidiano. Também destacaram que as atividades experimentais deveriam acontecer nas séries cursadas anteriormente, o que poderia ter ocasionado aprendizagem mais consistente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou investigar as habilidades cognitivas desenvolvidas pelos estudantes que participaram de uma sequência de atividades experimentais investigativas em aulas de Química Orgânica no ensino médio. A literatura da área (SUART, 2008; LEE *et al.*, 2004) aponta que atividades desta natureza favorecem a reflexão sobre como obter sucesso na aprendizagem, pois a metodologia investigativa tem importante influência no desenvolvimento de habilidades cognitivas dos estudantes. Além disso, proporcionam o protagonismo na execução das atividades, ou seja, os alunos aprendem melhor quando assumem um papel mais ativo perante as atividades propostas, desenvolvendo pensamento crítico, capacidade de investigação independente, responsabilidade pela própria aprendizagem, crescimento intelectual e maturidade.

Ao longo deste trabalho, buscou-se propiciar a construção do conhecimento químico e o desenvolvimento de habilidades, tais como levantar hipóteses, formular questões, resolver problemas, tomar decisões e desenvolver o pensamento crítico, por meio da experimentação investigativa, promovendo novas possibilidades para o ensino de Química. A realização dos experimentos proporcionou aos estudantes entrar em contato com vários conceitos químicos de forma prática. Essa abordagem permitiu repensar a prática pedagógica, buscando um ensino mais qualificado e de aplicabilidade para a vida dos estudantes.

Para isso, inicialmente, foram elaborados três Planos Orientadores, que contemplam uma sequência de passos, que garantem um caráter investigativo ao experimento. Esses planos partem de um problema inicial e buscam a contextualização de alguns conteúdos de Química Orgânica, como polaridade, forças intermoleculares, estrutura química e propriedades físicas dos compostos orgânicos. Desta forma, o produto educacional também constitui um material didático para os professores, pois foi pensado considerando a realidade do ensino médio, por isso todos os experimentos podem ser feitos com materiais de baixo custo ou adaptados.

A elaboração destes Planos Orientadores foi baseada na literatura da área (SUART; MARCONDES, 2008; DE JONG, 1998) e os experimentos podem ser classificados quanto ao nível de exigência cognitiva requerido pelas questões propostas para os alunos como de nível 3 e, em relação à participação requerida dos estudantes para sua execução, ou seja, o grau de liberdade, se enquadram na categoria V, uma vez que o problema de pesquisa é fornecido para os estudantes. Cada Plano Orientador contém os passos que devem ser contemplados ao se aplicar uma atividade experimental investigativa, que vai desde a situação e problema de pesquisa, até a aplicação e questão para discussão.

Ainda destaca-se que ao planejar as atividades experimentais dos Planos Orientadores, atentou-se para que não fosse apenas mais uma ilustração ou atividade motivadora, tomou-se cuidado para que os alunos não tivessem uma visão errônea da investigação científica, mas que permitisse a reflexão a partir das ideias, conceitos e atividades apresentadas a eles (SUART, 2008). Sendo assim, a manipulação de instrumentos concretos não é o mais importante, mas o envolvimento do estudante na integração de conceitos para a resolução de problemas e discussões múltiplas (BORGES, 2002).

Toda a pesquisa foi aplicada de forma híbrida, devido a pandemia da Covid-19, porém, foi fornecido suporte (reagentes e materiais) para os estudantes realizarem os experimentos. Alguns deles agendaram horário e se dirigiram até o laboratório da escola para utilizarem ou levarem para casa vidrarias para o experimento do Plano Orientador 1, ou para desenvolverem os experimentos dos Planos Orientadores 2 e 3. No Plano Orientador 1, “Relação entre estrutura química e propriedades dos compostos orgânicos”, foi abordada a solubilidade de ácidos graxos em diferentes solventes; no Plano Orientador 2 “Pureza dos medicamentos”, foi trabalhada a influência da temperatura na solubilidade do AAS em etanol; e no Plano Orientador 3 “Grupos cromóforos e sua relação com a cor”, foi empregada a técnica cromatografia (em papel e em coluna) para separar pigmentos, relacionando a cor das substâncias utilizadas aos grupos cromóforos. A coleta de dados desta pesquisa foi constituída por quatro instrumentos: Questionário investigativo inicial; Questionário pós-laboratório, desenvolvido após a atividade experimental de cada Plano Orientador; Relatórios de cada atividade experimental; e o Questionário investigativo final.

A partir dos dados coletados, foi possível observar, através do Questionário Inicial, que os estudantes têm noção de que a Química é indispensável para a compreensão de tudo que os rodeia e a maioria destacou que os conteúdos de Química Orgânica são importantes. Ainda, consideram a realização de atividades experimentais muito importante para a aprendizagem, apesar de terem tido poucas oportunidades de realizarem experimentos durante o período escolar. Isso é, em parte, consequência da falta de espaço adequado, aparatos e funcionário de laboratório, além das condições de trabalho dos professores que possuem pouca carga horária para planejamento de aulas experimentais, os quais acabam lançando mão dessa prática tão importante para a aprendizagem e desenvolvimento de habilidades dos estudantes.

Quanto ao Questionário pós-laboratório, a maioria dos estudantes respondeu corretamente aos questionamentos feitos após cada atividade experimental. É importante destacar que as atividades instigaram a curiosidade, pois os estudantes puderam observar na solubilidade ou insolubilidade dos ácidos graxos, a influência de fatores como a temperatura,

assim como relacionar com situações que vivenciam no dia a dia, tais como lavar a louça ou o surgimento de doenças decorrentes da má alimentação relacionada ao consumo de gorduras saturadas e trans. Por diversas vezes, os estudantes apresentaram um pensamento fundamentado e interdisciplinar para explicar os resultados experimentais e suas respostas foram classificadas na categoria HOCS, com a presença de indícios do desenvolvimento de habilidades cognitivas de alta ordem. Resultados semelhantes foram observados nas respostas dadas para o Questionário pós-laboratório sobre o AAS, durante o Plano Orientador 2. Destaca-se que os estudantes compreenderam a estrutura molecular do composto, bem como a sua relação com algumas propriedades e identificaram fatores que interferem na solubilidade, como a temperatura e as interações intermoleculares. Já no experimento referente ao Plano Orientador 3, a maioria dos estudantes conseguiu identificar as interações entre a fase móvel e a fase estacionária como responsáveis pela eluição, o que indica que os conceitos abordados em atividades anteriores foram compreendidos, os quais eram necessários para o entendimento da separação dos pigmentos.

Os Relatórios produzidos após cada atividade experimental investigativa proporcionaram aos estudantes o contato com a pesquisa e a leitura de textos de cunho científico, assim como o desenvolvimento da escrita. Isso pôde ser analisado através de cada uma das categorias que o relatório foi dividido: Conceitualização, Investigação e Conclusão. Observa-se que, inicialmente, os estudantes não apresentaram dificuldades significativas em emitir hipóteses e planejar o experimento, mas ao longo da escrita, algumas dificuldades surgiram. Primeiramente em relação à percepção de evidências, ao registro e análise dos dados e, na sequência, de forma mais acentuada, para a categoria Conclusão. Isso remete à ideia de que os estudantes podem ter tido dificuldade na interpretação de alguns resultados e de estabelecer conexões entre as leituras feitas, o que dificultou a relação entre os fatos observados e a teoria. Apesar disso, alguns conseguiram desenvolver um raciocínio lógico através das atividades e extrapolar os resultados para suas vivências diárias.

No Questionário Investigativo Final os estudantes avaliaram como o desenvolvimento das atividades favoreceu a aprendizagem, o estudo individual e a compreensão dos conceitos químicos. Além disso, eles se autoavaliaram em relação ao empenho de cada um no decorrer do desenvolvimento dos Planos, assim como avaliaram os experimentos desenvolvidos no que se refere à contextualização da Química com o cotidiano e relação com outros componentes curriculares. Para a maioria das afirmativas, os estudantes apresentaram grau de concordância forte, o que evidencia que a aprendizagem foi favorecida pela abordagem investigativa aplicada nesta pesquisa, propiciando o desenvolvimento de habilidades cognitivas, como tomada de

decisões, resolução de problemas e pensamento crítico. Ainda eles concordaram que a sequência de aulas experimentais permitiu a relação dos conceitos no dia a dia e relação da Química com outras disciplinas, tendo como destaque a Biologia.

A partir do conjunto de resultados obtidos nesta pesquisa é possível fazer algumas considerações:

- O ritmo de trabalho dos alunos foi respeitado, eles não foram pressionados para concluir a atividade em um curto determinado tempo, visto que estavam se adaptando ao Ensino Remoto. Além disso, todo o respaldo material (reagentes e vidraria) foi disponibilizado. Assim, foram proporcionadas boas condições para o desenvolvimento das tarefas e para a aprendizagem.
- A contextualização dos temas levou os estudantes a desenvolverem interesse e motivação para realizar as atividades, pois passaram a perceber os conceitos estudados em seu dia a dia, elaborando soluções para situações corriqueiras.
- Os Planos Orientadores permitiram o estudo de alguns conceitos de Química Orgânica por meio de diferentes abordagens, o que permitiu a percepção e aplicação desses conceitos químicos em diferentes temas.
- As atividades realizadas tiveram um bom fechamento, pois ao final de cada Plano Orientador os resultados eram discutidos, assim como as observações mais relevantes e as dúvidas que ainda persistiam.
- Mesmo com o Ensino Remoto, os estudantes tiveram liberdade e autonomia para desenvolver as atividades com aptidão, responsabilidade e superação.

Considerando os critérios que motivaram essa pesquisa, percebe-se que o planejamento e a aplicação das atividades investigativas estimularam o interesse dos alunos pela disciplina, contribuindo para a apropriação dos conceitos e saberes científicos. O Produto Educacional resultante desta dissertação apresenta propostas de atividades pedagógicas e novas abordagens para o ensino. Espera-se que ele auxilie os professores no desenvolvimento de aulas em uma perspectiva investigativa, seja por meio da reaplicação dos experimentos ou por adaptações deles de acordo com a necessidade. Além disso, os Planos Orientadores podem ser aplicados para a abordagem de outros conteúdos, por exemplo, a atividade experimental do terceiro Plano Orientador pode ser utilizada para trabalhar os tópicos equilíbrios ácido-base envolvendo as antocianinas e a relação das colorações dos pigmentos com os diferentes pH, ou ainda para a produção de jeans, que pode acarretar a geração de poluentes e, a partir disso, consequências para o meio ambiente e a saúde da população.

A partir desse cenário, acredita-se que o resultado desta pesquisa aponta a necessidade de explorar mais o ensino, com abordagens que utilizem mais o que a Ciência têm a oferecer, tornando a escola um espaço de conexão entre os saberes científicos e as questões que se vivem na atualidade, pois muitas são as possibilidades de inovar no ensino e ampliar a bagagem de conhecimentos, como, por exemplo, através da abordagem investigativa ou outras abordagens didático-pedagógicas que percebam o estudante como centro do processo de aprendizagem, priorizando seus anseios e curiosidades. Ressalta-se que ainda há muito a se fazer e que esse não é o fim desta pesquisa, mas espera-se que o produto educacional fruto desta dissertação sirva de inspiração e reflexão para aqueles que buscam melhorar sua prática docente através de novas propostas, que contribuam com o real papel da escola na formação integral e humana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGGARWAL, B. B.; HARIKUMAR, K. B. Potential therapeutic effects of curcumin, the anti-inflammatory agent, against neurodegenerative, cardiovascular, pulmonary, metabolic, autoimmune and neoplastic diseases. **The international journal of biochemistry & cell biology**, v. 41, n. 1, p. 40-59, 2009.

ARAÚJO, J. M. A. **Química dos alimentos: teoria e prática**. Viçosa, MG: UFV, 1995.

ARROIO, A.; HONÓRIO, K. M.; WEBER, K. C.; MELLO, P. H.; GAMBARDELLA, M. T. P.; SILVA, A. B. F. O show da química: motivando o interesse científico. **Química Nova**, Vol. 29, n. 1, p.173-178, 2006.

ATKINS, P; JONES, L.. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Tradução técnica: Ricardo Bicca de Alencastro. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BAIRD, C. **Chemistry in your life**. 2. ed. Nova Iorque: W. H. Freeman and Company, 2006.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Paris: Edições 70, 1977.

BARREIRO, E. J. Sobre a química dos remédios fármacos e dos medicamentos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 3, p. 4-9, 2001.

BICUDO, M. A. V. Pesquisa qualitativa e pesquisa qualitativa segundo a abordagem fenomenológica. In: BORBA, M. C.; ARAÚJO, J. L. (Org.). **Fenomenologia**. Belo Horizonte: Autêntica, 2004.

BORDIGNON JR, C. L.; FRANCESCATTO V.; NIENOW A. A.; CALVETE E.; REGINATTO F. H. Influência do pH da solução extrativa no teor de antocianinas em frutos de morango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 1, p. 183-188, 2009.

BORGES, A. T. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em 09 fev. 2020.

_____. Ministério da Educação. **Orientações curriculares para o ensino médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. v. 2. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 135 p., 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf>. Acesso em: mar. 2020.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN + Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, DF: MEC/Semtec, 2002.

Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: mar. 2020.

BRUICE, P. Y. **Química orgânica**. 4 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

CARDOSO, S. P.; COLINVAUX, D. Explorando a motivação para estudar química. **Química Nova**, v. 23, n. 3, p. 401-404, 2000.

CAREY, F. A. **Química Orgânica**. 7 ed. Vol 1. Porto Alegre: AMGH, 2011.

CAUDURO, M. T. **Pesquisa**: a construção de um conhecimento. Investigação em Educação Física e Esportes: um novo olhar pela pesquisa qualitativa. Novo Hamburgo: Feevale, 2004.

COLLINS, C. H.; BRAGA, G.L.; BONATO, P.S. **Fundamentos de cromatografia**. Campinas: UNICAMP, 2006.

CORIO, P.; MAXIMIANO, F. A.; PORTO, P. A.; FERNANDEZ, C. A organização da ciência química na visão de graduandos: um estudo utilizando mapas estruturais. **Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 11, n. 1, p. 76 -97, 2012.

CORREIA, P. R. M.; DONNER JR, J. W. A.; INFANTE-MALACHIAS, M. E. Mapeamento conceitual como estratégia para romper fronteiras disciplinares: Avaliando a importância da isomeria dos compostos orgânicos nos sistemas biológicos. **Ciência e Educação** (Unesp. Impresso), v. 14, p. 483-495, 2008.

DE JONG, O. Los experimentos que plantean problemas en las aulas de química: dilemas y soluciones. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 16, n. 2, p. 305-314, 1998.

EBBING, D. D. Solutions. **General Chemistry**. Massachusetts: Houghton Mifflin Company, cap. 12, p. 465-506, 1996.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 2, p. 101-106, 2010.

FRANCO-MARISCAL, A. J.; OLIVA-MARTINEZ, J. M.; GIL, M. L. A. Students' perceptions about the use of educational games as a tool for teaching the periodic table of elements at the high school level. **Journal of Chemical Education**, v. 92, n. 2, p. 278-285, 2014.

FREIRE, M. M. **Experimentos de química orgânica com materiais acessíveis, alternativos e de baixo custo**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Campinas, SP. p. 136, 2017.

FRENZEL JR, L. E. **Fundamentos de Comunicação Eletrônica**: Modulação, Demodulação e Recepção. 3 ed. Vol 1. Porto Alegre: AMGH, 2013.

FONSECA, S. F.; GONÇALVES, C. C. S. Extração dos pigmentos do espinafre e separação em coluna de açúcar comercial. **Química Nova na Escola**, n. 20, p. 55-58, 2004.

- GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 10, p. 43-49, 1999.
- GONDIM, M. S. C., MÓL, G. S. **Experimentos investigativos em laboratório de Química Fundamental**. p. 1-10, 2006.
- GOUVEIA - MATOS, J. A. M. Mudanças nas cores dos extratos de flores e do repolho roxo. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 6-10, 1999.
- HANSEN, C. M. **Hansen Solubility Parameters – A User’s Handbook**. New York. Boca Raton, 2000.
- ISENMANN, A. F. **Corantes**. Timóteo: Minas Gerais, 2 ed. 2014.
- JEFFREYS, D. Aspirin: The Story of a Wonder Drug. **BMJ**. v. 329, p.1408-1411, 2004.
- KAEWNOPPARAT, N., KAEWNOPPARAT, S., JANGWANG, A., MANEENAUN, D., CHUCHOME, T., PANICHAYUPAKARANANT, P. Increased Solubility, Dissolution and Physicochemical Studies of Curcumin-Polyvinylpyrrolidone K-30 Solid Dispersions. **Engineering and Technology**, v. 31, p. 225-230, 2009.
- KRAISIG, A. R. **A temática "Cores" no ensino de Química**. 2016. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.
- LEE, V. S., GREENE, D. B., ODOM, J., SCHECHTER, E., SLATTA, R. W. What is inquiry-guided learning? **Teaching and Learning Through Inquiry: A Guidebook for Institutions and Instructors**. V. S. Lee. Sterling, Virginia, Stylus: 3-16, 2004.
- LIKERT, R. **A technique for the measurement of attitudes**. Archives of Psychology. v. 22, n. 140, p. 44-53, 1932.
- LIMA, J. F. L.; PINA, M. S. L.; BARBOSA, R. M. N; JÓFILI, Z. M. S. Contextualização no ensino de Cinética Química. **Química Nova na Escola**, n.11, p.26-29, 2000.
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: Editora EPU, 1986.
- MAIA, G. D. **Contribuição ao estudo termodinâmico das soluções de ácido acetilsalicílico**. 2007. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.
- MARCONDES, M. E. R.; SOUZA, F. L.; AKAHOSHI, L. H.; SILVA, M. A. E. **Química orgânica: reflexões e propostas para o seu ensino**. São Paulo: Centro Paula Souza - Setec/MEC, p. 69, 2015.
- MARÇO, P. H.; POPPI, R. J.; SCARMINIO, I. S. Procedimentos analíticos para identificação de antocianinas presentes em extratos naturais. **Química Nova**, v. 31, n. 5, p. 1218-1223, 2008.

- MARTINS, C. R.; LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B. Solubilidade das substâncias orgânicas. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 36, n. 8, p. 1248-1255, 2013.
- MARTINS, G. B. C.; SUCUPIRA, R. R.; SUAREZ, P. A. Z. A Química e as cores. **Revista Virtual de Química**, v.7, n.4, p. 1508-1534, 2015.
- MERÇON, F. O que é uma gordura trans? São Paulo: **Química Nova na Escola**. v. 32, n. 2, p. 78-83, 2010.
- MERÇON, F. A experimentação no ensino de química. **IV ENPEC**, 2003.
- MODASIYA, M. K., PATEL, V. M. Studies on solubility of curcumin. **International Journal of Pharmacy & Life Sciences**, Rewa, v. 3, n. 3, p. 1490-1497, 2012.
- MOREIRA, M. A. **Metodologias de pesquisa em ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.
- MULLINS, J. J. Six pillars of organic chemistry. **Journal of Chemical Education**. v. 85, p. 83-87, 2008.
- MÜNCHEN, S.; ADAIME, M. B.; PERAZOLLI, L. A.; AMANTÉA, B. E.; ZAGHETE, M. A. Jeans: a relação entre aspectos científicos, tecnológicos e sociais para o ensino de química. Química e sociedade. São Paulo: **Química Nova na Escola**. v. 37, n. 3, p. 172-179, 2014.
- NEVES, J. L. Pesquisa Qualitativa: Características, Usos e Possibilidades. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v.1, n.3, 1996.
- OKUMURA, F.; SOARES, M. H. F. B.; CAVALHEIRO, E. T. G. Identificação de pigmentos naturais de espécies vegetais utilizando-se cromatografia em papel. **Química Nova**. São Paulo, v. 25, n. 4, p. 680-683, 2002.
- OLIVEIRA, F. C. C.; SUAREZ, P. A. Z.; SANTOS, W. L. P. Biodiesel: possibilidades e desafios. **Química Nova na Escola**. v. 28, p. 3-8, 2008.
- OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, v. 12, n. 1, p. 139-153, 2010.
- OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Recife: Ed. Bagaço, 2005.
- PAULILO, M. A S. A pesquisa qualitativa e a história de vida. **Serviço Social em Revista**. Londrina, v.2, n. 2, p. 135-148, 1999.
- PAZINATO, M. S.; BRAIBANTE, M. E. F. Oficina temática Composição Química dos Alimentos: Uma possibilidade para o Ensino de Química. **Química Nova na Escola**. v. 36, n. 4, p. 289-296, 2014.
- PAZINATO, M. S. **Alimentos: uma temática geradora do conhecimento químico**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

PINA, F.; MELO, M. J.; LAIA, C. A. T.; PAROLA, A. P.; LIMA, J. C. Chemistry and applications of flavylum compounds: a handful of colours. **Chemical Society Reviews**, v. 41, n. 2, p. 869-908, 2012.

SPITZ, G. A. **Ácido acetilsalicílico e ácido salicílico diminuem o metabolismo da glicose e o metabolismo celular modulando a atividade e a estrutura da fosfofrutocinase-1**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

PEDROSA, I. O universo da cor. Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2004.

PINHO, D. M. M.; SUAREZ, P. A. Z. A hidrogenação de óleos e gorduras e suas aplicações industriais. **Revista Virtual de Química** . v. 5, n. 1, p. 47-62, 2013.

POL, A.; GROSS, S. P.; PARTON, R. G. Biogenesis of the multifunctional lipid droplet: Lipids, proteins, and sites. **J Cell Biol**. v. 204, n. 5, p. 635-646, 2014.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

QUINA, F. H.; BASTOS, E. L. Chemistry inspired by the colors of fruits, flowers and wine. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 1, 2018.

ROSA, E. A.; SCHELEDER, M. Z. Pinhão, Quirera e Tapioca: das prateleiras para as bancadas dos laboratórios de Química. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 4, p. 383-386, 2016.

SANTOS, A. O.; SILVA, R. P.; ANDRADE, D.; LIMA, J. P. M. Dificuldades e motivações de aprendizagem em Química de alunos do ensino médio investigadas em ações do (PIBID/UFS/Química). **Scientia Plena**, v. 9, n. 7, 2013.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23 ed. São Paulo: Cortez, 307p., 2007.

SILVA, G. S. **A abordagem do modelo atômico de Bohr através de atividades experimentais e de modelagem**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

SILVA, I. S.; LIMA, S. G. **Abordagem física de compostos orgânicos**. Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.

SILVA, R. C. F.; SOUZA, V. C. A. Investigação das habilidades e competências trazidas nas questões de química do ENEM 2009 – 2017 a partir da análise de conteúdo. **Revista Ciências e Ideias**, v. 9, n. 3, p. 125- 139, 2018.

SIMÃO, A. G. Aspirina: 120 anos de História - Para Além da Prevenção Cardiovascular. In: **Aspirina: 120 anos de história**. Lisboa: Heartbrain Lda, p. 9-19, 2018.

SOLOMONS, T. W. G; FRYHLE, C. B. **Química Orgânica**. v. 1, 7 d. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

SOUZA, F. L.; AKAHOSHI, L. H.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. **Atividades experimentais investigativas no ensino de química**. São Paulo: Centro Paula Souza - Setec/MEC, p. 90, 2013.

SPRONKEN-SMITH, R.; ANGELO, T.; MATTHEWS, H.; O'STEEN, B.; ROBERTSON, J. How effective is inquiry-based learning in linking teaching and research? Paper prepared for **An International Colloquium on International Policies and Practices for Academic Enquiry**, Marwell, Winchester, UK, p. 07, 2007.

SUART, R. C. **Habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em atividades experimentais investigativas**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Revista Ciências & Cognição**, v.14, p. 50-74, 2009.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, p. 218, 2008.

SYROVAYA, A. O.; KOZUB, S. N.; TISHAKOVA, T. S.; LEVASHOVA O. L.; CHALENKO N. N. Investigation of quantum chemical properties of acetylsalicylic acid. **Der Pharma Chemica**, n. 9, v. 6, p. 11-14, 2017.

TERCI, D. B. L.; ROSSI, A. V. Indicadores naturais de ph: usar papel ou solução? **Química Nova**, v. 25, n. 4, p. 684-688, 2002.

THIOLLENT, M. Metodologia da pesquisa-ação. 2 ed. São Paulo: Cortez, 1986.

TIMMER, B. J. J.; SCHAUFELBERGER, F.; HAMMARBERG, D.; FRANZÉN, J.; RAMSTRÖM, O.; DINÉR, P. Simple and Effective Integration of Green Chemistry and Sustainability Education into an Existing Organic Chemistry Course. **Journal of Chemical Education**, v. 8, n. 95, p. 1301-1306, 2018.

TRIPP, D. **Pesquisa-ação**: uma introdução metodológica. Universidade de Murdoch. Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, 2005.

TRIVIÑOS, A. N. S. Três enfoques na pesquisa em ciências sociais: o positivismo, a fenomenologia e o marxismo. In: **Introdução à pesquisa em ciências sociais**. São Paulo: Atlas, p. 31-79, 1987.

TROUILLAS, P.; SANCHO-GARCIA, J. C.; DE FREITAS, V.; GIERSCHNER, J.; OTYEPKA, M.; DANGLES, O. **Stabilizing and modulating color by copigmentation: insights from theory and experiment**. Chemical reviews, v. 116, n. 9, 2016.

VANE, J. R.; BOTTING, R. M. The mechanism of action of aspirin. **Thrombosis Research**. v. 110, p. 255-258, 2003.

VASCONCELOS COSTA, A. G.; BRESSAN, J.; SABARENSE, C. M. Ácidos Graxos Trans: Alimentos e Efeitos na Saúde. **Alan**. v. 56, n.1, p.12-21, 2006.

VERGARA, S. C. Métodos de pesquisa em administração. São Paulo: Atlas, 2005.

VIEIRA, A. W. **Estudo da partição de fármacos em sistemas aquosos bifásicos**. 2018. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Química. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2018.

VILLIERS, A.; CABOOTER, D.; LYNEN, F.; DESMET, G.; SANDRA, P. High performance liquid chromatography analysis of wine anthocyanins revisited: Effect of particle size and temperature. **Journal of Chromatography A**, v. 1216, n. 15, p. 3270-3279, 2009.

VOLLHARDT, P.; SCHORE, N. E. **Química orgânica: estrutura e função**. 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

WENZEL. T. J. Evaluation tools to guide students' peer-assessment and self-assessment in group activities for the lab and classroom. **Journal of Chemical Education**, v. 84 n.1, 2007.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

ZOMPERO, A. F., LABURÚ, C. E; VILAÇA, T. Instrumento analítico para avaliar habilidades cognitivas dos estudantes da educação básica nas atividades de investigação. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.24, p. 200-211, 2019.

ZUBRICK, J. W. **Manual de Sobrevivência no Laboratório de Química Orgânica: guia de técnicas para o aluno**. 6. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2005.

APÊNDICES

Apêndice A – Produto Educacional

A seguir, apresentamos o produto da dissertação **Desenvolvimento de habilidades cognitivas por meio de uma sequência de aulas experimentais investigativas de química orgânica no ensino médio**, descrito por meio de Planos Orientadores das atividades experimentais destinados aos professores, o qual foi baseado nas orientações de Souza *et al.*, (2013). Nos referidos planos estão contemplados os principais aspectos pedagógicos que devem fazer parte do planejamento de uma atividade investigativa, a saber: situação problema, problema de pesquisa, verificação de conhecimentos prévios, informações (o professor/a deve apresentar assuntos que tratem ou que apresentem relação com o problema a ser solucionado), hipóteses/sugestões, pré-laboratório (discutir as sugestões para realizar a investigação e/ou os conhecimentos prévios), laboratório (realização da atividade experimental), questionário pós-laboratório, conclusão, aplicação e questão para discussão.

Os experimentos elencados neste produto educacional podem ser classificados quanto ao nível de exigência cognitiva requerido pelas questões propostas para os estudantes como de **nível 3**, ou seja, as questões elaboradas requerem maior esforço cognitivo para que possam solucionar o problema e, conseqüentemente, desenvolver habilidades cognitivas de alta ordem. Além disso, quanto ao grau de liberdade as atividades propostas se encaixam na **categoria V**, uma vez que o problema é proposto pela professora, enquanto a definição de hipóteses, planejamento execução e registro do experimento investigativo é desenvolvido pelos estudantes.

A sequência de atividade experimental investigativa apresentada a seguir, aborda os seguintes tópicos de Química Orgânica do ensino médio: estrutura química, polaridade, forças intermoleculares e propriedades físicas dos compostos orgânicos.

Plano Orientador da atividade experimental 1 - Relação entre estrutura química e propriedades dos compostos orgânicos

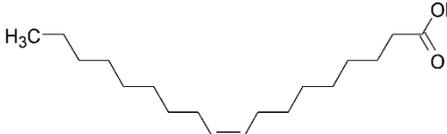
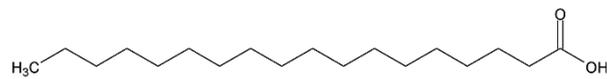
O Plano Orientador da atividade experimental 1 descreve uma sequência de passos para testar a solubilidade de alguns compostos orgânicos (como óleos e gorduras) presentes no dia a dia na presença de solventes (gasolina e etanol, por exemplo) que se diferem pela polaridade e massa molecular. Esse plano busca relacionar conceitos da química com a saúde humana, finalizando com uma provocação aos estudantes para que extrapolem os conhecimentos construídos para outras situações.

Reitera-se que a realização da atividade experimental deste Plano não possui um roteiro definido pela professora, uma vez que os estudantes deverão traçar meios para isso na etapa da “hipótese”.

Para a execução desta atividade sugere-se os seguintes materiais e reagentes: tubos de ensaio; espátulas; estante para tubos de ensaio; pipeta de Pasteur; óleo de coco; béquer; ômega 3 de farmácia; manteiga de leite de vaca; gordura vegetal hidrogenada; óleo de soja/oliva; e os solventes: água, acetona comercial, etanol, octanol, gasolina ou tinner ou querosene. As espátulas ou pipetas são sugeridas com o propósito de auxiliar os estudantes na manipulação das gorduras e óleos que testarão a solubilidade em água ou outros solventes.

Espera-se com a realização desta proposta que os estudantes percebam a influência das diferenças entre as estruturas químicas, dos grupos polares e da massa molecular dos compostos no fator de solubilidade, relacione e sistematize as informações relevantes obtidas com o desenvolvimento do experimento para a compreensão da situação-problema.

Situação Problema	Os ésteres derivados de ácidos graxos são substâncias orgânicas, encontradas a temperatura ambiente nas fases sólida, líquida e semissólida. Apresentam importantes funções no organismo humano, que podem ser positivas ou negativas para a saúde, de acordo com a estrutura constituinte da substância. Por exemplo, os óleos poli-insaturados são bastante ricos em ômega 3, que auxilia diretamente na proteção do coração e na redução de risco de doenças inflamatórias. Já as gorduras saturadas e <i>trans</i> , como a gordura vegetal hidrogenada, podem ser responsáveis pelo aumento do nível de colesterol LDL no sangue, podendo levar a quadros de doenças cardiovasculares e aumentar o risco de diabetes tipo 2.
------------------------------	---

<p>Problema</p>	<p>Qual o impacto da solubilidade de substâncias orgânicas, tais como óleos e/ou gorduras, na saúde humana? Quais fatores interferem na solubilidade dessas substâncias? Como isso pode estar relacionado com o metabolismo de substâncias?</p>
<p>Verificação de conhecimentos prévios</p>	<p>Observe as estruturas a seguir. Uma estrutura se refere ao ácido oleico presente no azeite de oliva e a outra ao ácido esteárico, um dos constituintes da manteiga de cacau:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Ácido oleico</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Ácido esteárico</p> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> - Qual é a diferença entre as estruturas? - Quais os estados físicos das substâncias à temperatura ambiente? - Qual a relação entre PF, estado físico e estrutura química? - O que é solubilidade? - Por que óleo vegetal não é solúvel em água? - Quando é possível considerar uma substância solúvel ou insolúvel em determinado solvente? - Qual a diferença entre um ácido graxo saturado e um ácido graxo insaturado? - A estrutura química influencia nas propriedades dos compostos? De que forma? - O que acontece com a solubilidade dos compostos orgânicos quando aumentamos a temperatura?
<p>Informações</p>	<p>Apresentar para os estudantes um texto, construído a partir do artigo “O que é uma gordura trans?” (MERÇON, 2010), falando sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Os principais tipos de lipídios (óleos e gorduras) e suas características (por exemplo, a temperatura ambiente, óleos são líquidos e as gorduras são sólidas). - Presença de uma insaturação entre átomos de carbono possibilita a ocorrência de isômeros geométricos: <i>cis</i> e <i>trans</i>.

	<ul style="list-style-type: none"> - Os isômeros <i>cis</i> são termodinamicamente menos estáveis devido à tensão provocada pelos dois grupos volumosos presentes do mesmo lado da ligação dupla. - O aumento dos níveis de LDL-colesterol contribui para o aumento do risco de doenças cardiovasculares. - A quantidade de colesterol no organismo é função do que é produzido pelo próprio organismo e da parcela obtida pela alimentação. - O nível de LDL no organismo é influenciado pelo consumo de ácidos graxos <i>trans</i>. - Exemplos de alimentos que contém ácidos graxos <i>trans</i> (alimentos industrializados, sorvetes, margarina, produtos de padaria, entre outros). - O HDL tem a função de transportar os lipídios dos tecidos para o fígado, onde são degradados e excretados.
Hipóteses/ Sugestões	Os alunos, em duplas, devem apresentar sugestões de como fazer um teste de solubilidade (materiais, reagentes, técnica a ser desenvolvida) e o possível resultado obtido a partir do experimento realizado (hipótese).
Pré-laboratório	Discutir a sugestão e as hipóteses apresentadas pelos estudantes e avaliar a possibilidade ou não da realização da proposta experimental.
Laboratório	A ideia é apresentar os materiais e reagentes para os estudantes e deixá-los, a partir das hipóteses levantadas para investigação e de seus conhecimentos prévios, que realizem os testes do modo que preferirem, sem seguir um roteiro pré-definido, porém, sob a supervisão da professora. Deverão fazer anotações referentes ao desenvolvimento da atividade experimental.
Questionário pós-laboratório	<ul style="list-style-type: none"> - Conforme foram adicionados os solventes, o que ocorreu com os ésteres de ácidos graxos? - A que propriedade se deve ao fato das diferentes solubilidades das substâncias em diferentes solventes? - Explique quais os fatores que influenciam as propriedades físico-químicas de solubilidade.
Conclusão	Discussão acerca da confirmação ou não das hipóteses através dos resultados obtidos no desenvolvimento da atividade experimental. Pode-se discutir novamente os questionamentos feitos na verificação dos conhecimentos prévios.

Aplicação	<p>O uso de saneantes adequados diminui consideravelmente a transmissão de patógenos, reduzindo a contaminação e mortes, sendo uma das medidas de contenção de uma pandemia em curso. Assim, os saneantes possuem moléculas aptas a atuarem na desestabilização de, por exemplo, proteínas e membranas biológicas e, assim, contribuirão para que o micro-organismo se desestruture e se inative, como é o caso da <i>Coronavirus disease 2019</i> (Covid-19).</p> <p>Pesquise a fórmula estrutural de sabões e detergentes e explique, quimicamente, a função desses produtos na inativação do vírus Covid-19.</p>
Questão para discussão	<p>Enquanto vitaminas lipossolúveis são armazenadas em quantidades suficientes para evitar doenças causadas pela sua carência, vitaminas hidrossolúveis devem ser incluídas na dieta diária. Explique esse fato, baseado no problema investigado através da experimentação.</p>

O Plano Orientador da atividade experimental 1 “Relação entre estrutura química e propriedades dos compostos orgânicos” tem previsão de duração de oito horas aula, o que corresponderá a quatro aulas, nas quais:

- 1ª aula: Inicialmente apresentar a situação-problema, a qual relaciona as diferentes características estruturais dos ésteres e ácidos graxos com suas propriedades biológicas. A partir disso, expor o problema para os estudantes, o qual deverá ser solucionado com auxílio dos dados experimentais obtidos. O problema relaciona o impacto da solubilidade de óleos e gorduras na saúde humana, bem como os fatores que interferem nas solubilidades das substâncias orgânicas. Após deve ser feita a verificação dos conhecimentos prévios dos estudantes, por intermédio de alguns exercícios que serão desenvolvidos e discutidos em sala de aula. Neste momento deverá ser feita uma sondagem minuciosa do que os estudantes já sabem sobre o assunto.

- 2ª aula: Serão apresentadas aos estudantes algumas informações sobre o tema, a partir de um texto adaptado do artigo “O que é uma gordura trans?” (MERÇON, 2010). A seguir os estudantes devem formular as hipóteses e discutir possíveis soluções para o problema apresentado na aula anterior. Neste momento, deverá ser proposto pelos estudantes o procedimento experimental que será executado para que as hipóteses se confirmem. A seguir, o/a professor/professora avalia a possibilidade ou não da realização da proposta experimental apresentada pelos estudantes e faz os ajustes, caso seja necessário.

- 3ª aula: Corresponde a realização da proposta experimental de cada dupla (ou grupo). O/A professor/professora disponibilizará os materiais e reagentes sobre a bancada e os estudantes terão liberdade para realizar os testes conforme previsto em suas propostas experimentais ou com modificações, porém sempre sob supervisão. Os reagentes disponibilizados para este experimento poderão ser: óleo de coco; ômega 3 de farmácia; manteiga de leite de vaca; gordura vegetal hidrogenada; óleo de soja ou de oliva; e os solventes: água, acetona comercial, etanol, octanol, gasolina ou tinner ou querosene. Os materiais/vidrarias são tubos de ensaio; espátulas; estante para tubos de ensaio; pipeta de Pasteur e béquer.

- 4ª aula: Na parte inicial desta aula poderá ser aplicado o Questionário pós-laboratório. Os estudantes terão que explicar os dados obtidos no experimento com base na teoria, em específico para esse experimento, a razão para a solubilidade de certas substâncias, bem como quais fatores que interferiram nesse processo. A seguir, pode ser feita uma discussão acerca da confirmação ou não das hipóteses através dos resultados obtidos na atividade experimental. Na sequência, ocorre a aplicação dos conhecimentos, através de uma pesquisa sobre o colesterol. Por fim, aplica-se uma questão para discussão sobre carência de vitaminas hidrossolúveis, cujo propósito é generalizar os conceitos construídos na atividade experimental em outro contexto. Neste caso, relacionar a estrutura das moléculas das vitaminas com a polaridade, solubilidade e impactos na saúde.

Como atividade extraclasse, os estudantes deverão elaborar o Relatório da atividade experimental.

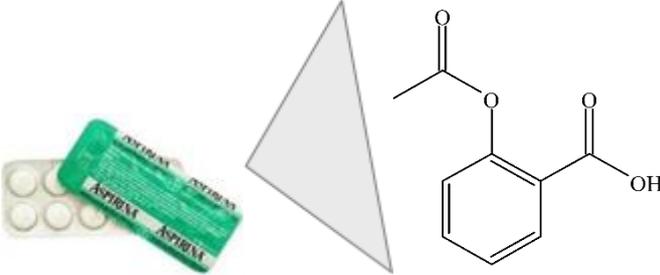
Plano Orientador da atividade experimental 2 - Pureza dos medicamentos

Nesta atividade desenvolvemos um plano de experimento investigativo que busca despertar no estudante a percepção para a solubilidade de uma mistura substâncias em solvente em diferentes temperaturas, levando em consideração as propriedades dos compostos utilizados.

Para a execução desta atividade sugere-se os seguintes materiais e reagentes: comprimidos de ácido acetilsalicílico, etanol comercial, gral e pistilo, erlenmeyer, bastão de vidro para agitação da mistura, manta aquecedora ou banho-maria, termômetro, funil de vidro, papel filtro ou filtro de café, vidro de relógio ou placa de Petri.

Espera-se com a realização desta proposta que os estudantes percebam que, conhecidos o ponto de fusão de um composto e sua solubilidade em solventes com polaridade diferente, essa técnica pode ser utilizada na separação de componentes ou purificação de uma mistura para remover impurezas, como é o caso do sólido ácido acetilsalicílico, e assim, compreendam a situação-problema.

<p>Situação Problema</p>	<p>Os medicamentos podem conter impurezas resultantes do seu processo de fabricação. Em 2018, a Anvisa juntamente com outros órgãos regulatórios internacionais iniciou um processo de fiscalização em medicamentos que continham valsartana, losartana ou irbesartana em sua composição. Essa fiscalização ocorreu devido às denúncias que reportavam sobre a presença de impurezas, como a substância nitrosamina, que possui poder carcinogênico, nos medicamentos para hipertensão. Vários lotes de medicamentos foram retirados de circulação. A presença dessa impureza está relacionada à forma como a substância ativa é fabricada.</p> <p>Fonte: https://saude.abril.com.br/medicina/quase-200-lotes-de-remedios-para-hipertensao-sao-recolhidos-pela-anvisa/, publicado em 10 maio 2019.</p>
<p>Problema</p>	<p>Em sua opinião, os medicamentos, mesmo que prontos para consumo, como é o caso da Aspirina®, podem conter impurezas? Como evitar supostas impurezas nos medicamentos? O ácido acetilsalicílico (AAS), princípio ativo da Aspirina®, possui boa solubilidade em água? Essa solubilidade pode variar com a temperatura?</p>

<p>Verificação de conhecimentos prévios</p>	<p>- O que vocês sabem sobre o ácido acetilsalicílico? Já ouviram falar sobre essa substância?</p> <p>O princípio ativo da Aspirina® é o Ácido Acetilsalicílico e a sua estrutura química é representada a seguir:</p>  <p>- Qual a origem desse composto? Como é fabricado?</p> <p>- Qual a finalidade do uso dessa substância?</p> <p>- Qual sua fórmula molecular?</p> <p>- Quais as funções orgânicas estão presentes na estrutura química do ASS?</p> <p>- Analisando a estrutura do ASS, você espera que seja solúvel em água? E em etanol? Explique.</p> <p>- O P.F do AAS é de aproximadamente 135°C. Qual o estado físico da substância a temperatura ambiente?</p> <p>Obs.: Usando um kit de esferas e bastão, construir a molécula do referido composto, analisar a estrutura e sua relação com a solubilidade em água e com os solventes utilizados no experimento. Pode-se, também, montar as estruturas dos solventes utilizados. Pesquisar se há efeitos colaterais relacionados ao uso do ácido acetilsalicílico.</p>
<p>Informações</p>	<p>Os alunos devem consultar a internet para acessar o texto: “Aspirina”. Usar o link: http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,EMI142638-17934,00-ASPIRINA.html</p>
<p>Hipóteses/ Sugestões</p>	<p>Os estudantes devem discutir o possível resultado que será obtido a partir do experimento realizado (hipótese).</p>
<p>Pré-laboratório</p>	<p>Discutir a sugestão e as hipóteses apresentadas pelos estudantes e avaliar a possibilidade ou não da realização da proposta experimental.</p>

Laboratório	O professor deve apresentar a técnica experimental, alertando os estudantes quanto aos cuidados que precisam ser tomados durante o manuseio de substâncias como os solventes e água quente durante o banho-maria.
Questionário pós-laboratório	<ul style="list-style-type: none"> - Observe a fórmula estrutural do AAS e discuta sua solubilidade em solventes polares e apolares. - Fale sobre a necessidade de aquecimento da solução inicial. - Qual a importância de utilizar apenas uma pequena quantidade de solvente na recristalização? - Qual a diferença entre deixar a mistura resfriar lentamente e bruscamente (banho de gelo)? - O que caracteriza um solvente como ideal para o processo de recristalização?
Conclusão	Retomar a discussão acerca dos problemas apresentados inicialmente. Instigar os estudantes a exporem suas percepções em relação a técnica realizada, os problemas e o texto inicialmente lidos.
Aplicação	Atualmente a recristalização é muito empregada na produção de fármacos. A partir do experimento desenvolvido e dos conceitos construídos em aula, pesquise outras aplicações da recristalização e aponte o objetivo da técnica aplicada nestes casos.
Questão para discussão	<ul style="list-style-type: none"> - Por que os critérios de solubilidade devem ser levados em conta no momento da escolha do solvente para técnica de recristalização? - Em que consiste o método da recristalização?

Para aplicação do **Plano Orientador da atividade experimental 2 “Pureza dos medicamentos”** estão previstas seis horas aula (três aulas), nas quais:

- 1ª aula: Apresentar a situação-problema, que trata sobre a presença de impurezas nos medicamentos relacionadas a sua fabricação e, a partir disso, expor o problema a ser investigado, o qual questiona sobre a presença de impurezas em medicamentos como a Aspirina®, assim como sua solubilidade em água e em diferentes temperaturas. A seguir poderá ser feita a verificação dos conhecimentos prévios através de alguns questionamentos para discussão oral partindo da análise da estrutura do Ácido Acetilsalicílico. Após, apresentar algumas informações a respeito do tema por meio de um link para acesso dos estudantes ao texto, o qual trata sobre a história da Aspirina® ao longo do tempo. Nesta aula, os estudantes

deverão formular e discutir as hipóteses para solucionar o problema apresentado no início da aula, bem como a proposta de procedimento experimental que será avaliada pela professora-pesquisadora, que poderá propor ajustes caso seja necessário. Pressupõe-se, neste caso, que os estudantes não conseguirão elaborar uma proposta experimental de modo totalmente correto.

- 2ª aula: Será realizada a proposta experimental. A professora disponibilizará sobre a bancada os seguintes materiais: gral e pistilo, erlenmeyer, bastão de vidro para agitação da mistura, manta aquecedora ou banho-maria, termômetro, funil de vidro, papel filtro ou filtro de café, vidro de relógio ou placa de Petri; e os reagentes: comprimidos de ácido acetilsalicílico e etanol comercial. Após, retomar a proposta de procedimento experimental de cada dupla (ou grupo), orientando-os para que tomem os devidos cuidados para realizar o experimento.

- 3ª aula: Inicialmente, poderá ser feita a observação dos cristais que se formaram ao longo da semana. Após, aplicar o Questionário pós-laboratório. Os alunos deverão analisar, interpretar e debater os dados obtidos, relacionando com a teoria, especificamente, a fórmula estrutural, polaridade e solubilidade em diferentes temperaturas e quantidade ideal de solvente utilizado para que a recristalização ocorra. A seguir, fazer a discussão acerca da confirmação ou não das hipóteses através dos resultados obtidos no desenvolvimento da atividade experimental. Na sequência, realizar a aplicação dos conhecimentos, por intermédio de uma pesquisa sobre outras aplicações da técnica de recristalização e o objetivo da sua utilização nestes casos. Para que os conhecimentos construídos sejam aplicados em outro âmbito, será feita uma questão para discussão sobre os critérios de solubilidade considerados na técnica de recristalização.

Como atividade extraclasse, os estudantes deverão elaborar o Relatório da atividade experimental.

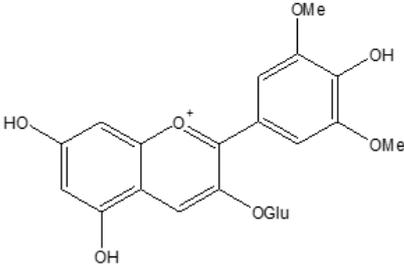
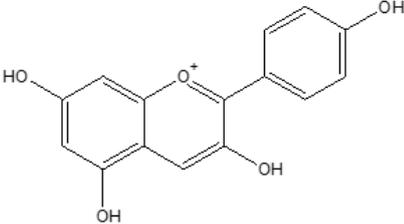
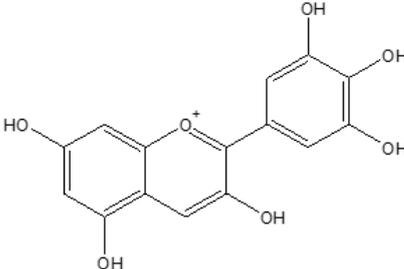
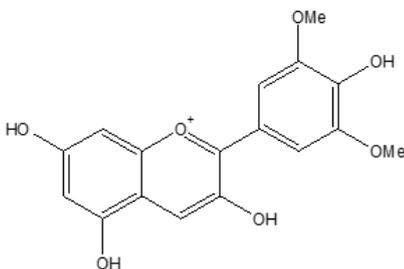
Plano Orientador da atividade experimental 3 - Grupos cromóforos e sua relação com a cor

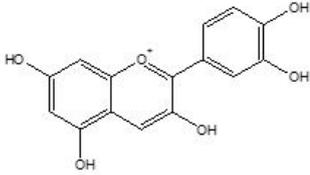
Na terceira e última atividade desta sequência, os estudantes serão desafiados a separar pigmentos utilizando a cromatografia em papel e em coluna.

Sugere-se que utilizem os seguintes materiais para a cromatografia de papel: papel filtro ou filtro de café, tesoura, béquer, lápis, régua; e para a cromatografia de coluna serão disponibilizados bureta, suporte universal, garra, bastão de vidro, algodão, funil, pipeta de Pasteur, gral e pistilo, béquer ou erlenmeyer para coleta das frações; e os seguintes reagentes para a cromatografia de papel: solvente (etanol, acetona); para a cromatografia de coluna será disponibilizado adsorvente (farinha, amido ou açúcar), solventes (etanol, acetona). Os corantes serão escolhidos pelos estudantes (folhas ou flores de vegetais com coloração variada ou doces, como confetes e gelatinas).

Espera-se com a realização desta proposta que os estudantes percebam a interação entre os pigmentos e a celulose/adsorvente e que essas interações é que irão determinar o quanto o pigmento subirá ou eluirá. Quanto mais forte a interação, mais lento será o processo de subida do pigmento, para a cromatografia de papel, e compostos com polaridade diferente da fase estacionária eluem mais rapidamente, para a cromatografia em coluna. Essa técnica pode ser utilizada na separação de componentes de uma mistura.

<p>Situação Problema</p>	<p>A coloração das flores está diretamente relacionada ao processo de adaptação e manutenção da espécie, devido à presença de pigmentos responsáveis por atrair organismos polinizadores. A pigmentação das flores se deve a várias classes de substâncias, como as porfirinas, carotenoides e flavonoides, sendo que estes últimos possuem o principal grupo cromóforo presente nas flores. Os flavonoides subdividem-se em antocianinas (cor rosa, laranja, azul, violeta, vermelho) e os flavonóis (cor amarela). Compreende-se, então, que em uma mesma estrutura floral é possível a presença de vários pigmentos.</p>
<p>Problema</p>	<p>No seu entendimento, como a Química Orgânica pode estar relacionada à pigmentação dos vegetais? De que maneira os pigmentos que formam os corantes, sejam eles artificiais ou naturais, podem ser separados?</p>

<p>Verificação de conhecimentos prévios</p>	<p>O mundo nos oferece uma infinidade de cores, tanto em produtos naturais quanto em materiais produzidos pelo ser humano.</p> <ul style="list-style-type: none"> - O que você sabe sobre as cores? - Qual a origem dos pigmentos? - Como são feitos os pigmentos (ou corantes)? - Quais as diferenças entre corantes naturais e artificiais? - Qual a função dos pigmentos nos vegetais além de dar cor? <p>Observe as estruturas abaixo:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;">  <p>Malvina</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Pelargonidina</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Delfinidina</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Malvidina</p> </div> </div> <p>O que essas estruturas têm em comum? Que parte da molécula (grupos cromóforos) você acha que está relacionada com a cor do pigmento?</p>
<p>Informações</p>	<p>É muito comum o uso de folhagens ornamentais na nossa região, dentre as quais o cóleus ou coração magoado (nome científico <i>Solenostemon scutellarioides</i>) e o cróton (nome científico <i>Codiaeum variegatum</i>) vêm ganhando apreciadores por suas folhas coloridas. Essas folhas apresentam colorações variadas, que vão do amarelo ao vermelho. O vermelho pode estar relacionado a presença de antocianinas, pigmentos vegetais pertencentes ao grupo dos flavonoides, os quais têm função de proteger as plantas da radiação ultravioleta e da produção de radicais livres. A variedade de cores vai do vermelho-alaranjado, ao vermelho vivo, roxo e azul. Abaixo a fórmula estrutural de uma antocianina, a cianidina (substância</p>

	<p>responsável pelo pigmento presente em vegetais como jabuticaba, cereja, uva, morango, amora, figo, repolho roxo e açaí):</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="text-align: center; margin-right: 20px;">  </div> <div style="display: flex; gap: 10px;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <i>Cóleus</i> <i>Cróton</i> </div> </div>
<p>Hipóteses/ Sugestões</p>	<p>Solicitar aos alunos que escolham materiais coloridos (flores, folhas ou doces coloridos) e sugiram um meio de separar os pigmentos que formam as cores dos materiais escolhidos. Espera-se que apontem a cromatografia em papel e em coluna como técnicas escolhidas. Talvez seja necessário recordar os métodos de separação de misturas para que relembrem alguns conceitos.</p>
<p>Pré-laboratório</p>	<p>Discutir com os alunos a sugestão de atividade elaborada por eles para separação de pigmentos. Fazer os ajustes e elaborar um passo a passo como orientação para o desenvolvimento do experimento.</p>
<p>Laboratório</p>	<p>Utilizar o roteiro elaborado pelo grupo de alunos, revisado pela professora.</p>
<p>Questionário pós-laboratório</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Os solventes orgânicos poderiam ser substituídos por água para o preparo dos extratos? Justifique. - Como podemos prever a solubilidade dos pigmentos analisando as suas estruturas químicas? - Coloque os solventes orgânicos usados na técnica em ordem crescente de polaridade. Justifique. - Fale sobre as diferenças entre a cromatografia em papel e a cromatografia em coluna.
<p>Conclusão</p>	<p>Discussão acerca da confirmação ou não das hipóteses através dos resultados obtidos no desenvolvimento da atividade experimental. Pode-se discorrer novamente os questionamentos feitos na verificação dos conhecimentos prévios. Por exemplo, analisar possíveis erros, ou seja, se os resultados não foram os esperados e buscar explicação para esse fato, como, excesso de solvente, interferência de outras substâncias, entre outros. Apontar se as substâncias que avançaram mais rapidamente são polares ou apolares. Justificar.</p>

Aplicação	Pesquisar sobre a história de coloração do jeans e a origem do pigmento inicialmente utilizado. Utilize o seguinte artigo para guiar sua leitura: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_3/04-QS-42-13.pdf . A seguir, responda: Como era feita a extração do corante desejado para colorir o jeans? Existe alguma semelhança com a técnica realizada nesta aula? Quais os grupos cromóforos presentes no índigo lhe conferem coloração azul?
Questão para discussão	Os corantes artificiais podem ser encontrados em guloseimas (chicletes, balas, doces em geral), sucos de caixinha, caldo de carne, cereais matinais, energéticos, maquiagens, remédios, etc. Dentre os corantes artificiais destaca-se o amarelo tartrazina. Pesquise a fórmula estrutural deste corante sintético e aponte o grupo cromóforo responsável pela sua cor. Pesquise também se o uso desse corante pode acarretar prejuízo para a saúde dos consumidores.

O Plano Orientador da atividade experimental 3 “Grupos cromóforos e sua relação com a cor” poderá ser desenvolvido em oito horas aula (quatro aulas), nas quais:

- 1ª aula: Inicialmente, apresentar a situação-problema, que relaciona a coloração das flores com os grupos cromóforos presentes em certos compostos químicos. Na sequência, o problema poderá ser colocado para os estudantes, o qual questiona sobre a relação entre a Química Orgânica e as cores e a técnica utilizada para separação de pigmentos. A seguir, fazer a verificação dos conhecimentos prévios, por meio de questionamentos a fim de levantar dados sobre o que os estudantes sabem sobre pigmentos. Além disso, podem ser revistos os métodos de separação de misturas para auxiliá-los na elaboração do procedimento experimental.
- 2ª aula: Apresentar informações aos estudantes a respeito do tema, como estruturas moleculares responsáveis pela cor de certos pigmentos em folhagens ornamentais cultivadas na região. Na sequência, eles deverão formular as hipóteses para solucionar o problema apresentado na aula anterior. A seguir, o/a professor/professora avalia a possibilidade ou não da realização da proposta experimental apresentada pelos estudantes e faz os ajustes se for necessário.
- 3ª aula: Consiste na realização da proposta experimental. O/A professor/professora disponibiliza sobre a bancada os seguintes materiais para a cromatografia de papel: papel filtro ou filtro de café, tesoura, béquer, lápis, régua; e para a cromatografia de coluna disponibiliza bureta, suporte universal, garra, bastão de vidro, algodão, funil, pipeta de Pasteur, gral e pistilo, béquer ou erlenmeyer para coleta das frações; e os seguintes reagentes para a cromatografia de

papel: corante extraído de materiais trazidos pelos alunos e solvente (etanol, acetona); para a cromatografia de coluna disponibilizar adsorvente (farinha, amido ou açúcar), solventes (etanol, acetona). Os estudantes utilizarão a proposta experimental elaborada para o desenvolvimento do experimento, sob supervisão.

- 4ª aula: Aplicar o Questionário pós-laboratório. Os estudantes deverão relacionar as estruturas químicas dos pigmentos com a polaridade e fazer previsões de solubilidade para estes compostos. Após, poderá ser feita a discussão sobre a confirmação ou não das hipóteses através dos resultados obtidos no desenvolvimento da atividade experimental. A seguir, fazer a aplicação dos conhecimentos construídos através de uma pesquisa sobre a história do jeans e extração do pigmento para a sua coloração. Por fim, na questão para discussão propor a pesquisa sobre a fórmula estrutural do corante sintético amarelo tartrazina, seu grupo cromóforo e se o uso deste corante pode acarretar prejuízo para a saúde dos consumidores que fazem uso de produtos que contenham o referido corante.

Como atividade extraclasse, os estudantes deverão elaborar o Relatório da atividade experimental.

Apêndice B – Questionário investigativo inicial.**Questionário Investigativo Inicial**

Nome: _____

Idade: _____

1. Você irá concluir o Ensino Médio este ano, quais seus objetivos/metasp para o próximo ano? Comente.

2. Das disciplinas que você estuda na escola, qual(is) é(são) sua(s) preferida(s)?

3. Sobre a Química e seus conteúdos:

a) Você acha importante estudar Química? Por quê?

b) Dentre os conteúdos de Química já estudados na escola, qual você considera o mais importante? Justifique sua resposta.

c) Fale um pouco sobre a Química Orgânica, o que você lembra sobre esse assunto?

4. Você já teve aulas experimentais de Química? Marque:

() sim ou () Não

5. O que você acha da realização de atividades experimentais na aula de Química?

Obrigada pela participação!

Apêndice C – Autoavaliação

Questionário Investigativo Final

Nome: _____

Analise as afirmativas e utilize a seguinte escala numérica para julgar as afirmações:

Nível	1	2	3	4	5
Descrição	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente

Afirmação	1	2	3	4	5
1. As atividades experimentais me ajudaram a compreender os conceitos químicos.					
2. As atividades experimentais foram interessantes, mas aprendi quando a professora explicou oralmente os conteúdos.					
3. As atividades experimentais foram confusas e dificultaram o meu entendimento.					
4. Eu precisei memorizar informações / conteúdo das atividades experimentais.					
5. A explicação da professora após cada intervenção foi de fácil compreensão e sanou minhas dúvidas.					
6. Durante a realização dos experimentos, fiz anotações e esquemas para organizar as ideias e potencializar meu aprendizado.					
7. Estudei em casa para melhorar minha compreensão sobre os conceitos abordados na sequência de atividades experimentais.					
8. Realizar os experimentos melhorou as minhas habilidades manipulativas com equipamentos e vidrarias de laboratório.					
9. As aulas experimentais permitiram identificar a relação entre os conceitos químicos e conceitos de outras disciplinas.					
10. Após essa sequência de atividades experimentais consigo relacionar a Química com o meu dia a dia.					
11. A Química é uma disciplina interessante e fácil de aprender.					
12. Eu aprendo mais com aulas teóricas do que com aulas práticas.					
13. As discussões em grupo me ajudaram a entender melhor os conceitos químicos.					

14. Devido a minha participação nas aulas experimentais, melhorei a leitura, interpretação e compreensão de textos científicos.					
15. As atividades experimentais melhoraram a minha capacidade de ter boas ideias e resolver problemas.					
16. A elaboração dos relatórios melhorou a minha escrita.					
17. Depois de participar dos experimentos, consigo interpretar tabelas, gráficos e outras formas de resultados de dados com mais precisão.					
18. A minha participação nas aulas experimentais é maior, o que melhorou a minha comunicação oral.					
19. Eu não tenho paciência em ouvir outras pessoas.					
20. Eu não gostei das atividades experimentais.					
21. Eu recomendo que outros estudantes de ensino médio participem de atividades experimentais como as que foram desenvolvidas na nossa turma.					
22. O nível de dificuldades dos experimentos foi compatível com o ensino médio.					
23. Eu gostaria de participar de outras aulas que utilizam atividades experimentais.					

Em sua opinião, o que poderia ter sido feito para facilitar o seu aprendizado e aumentar o interesse pela Química?

Obrigada pela participação!