

A QUÍMICA DAS PLANTAS: UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA PARA O ENSINO

PLANT CHEMISTRY: NA INVESTIGATIVE APPROACH TO TEACHING

QUÍMICA VEGETAL: UM ENFOQUE INVESTIGATIVO PARA LA ENSEÑANZA

Danielly Cristina e Silva Pessôa

dcesp@aluno.uespi.br
<https://orcid.org/0009-0009-8228-5356>
Universidade Estadual do Piauí

Marcos Vinícius Carvalho de Castro

marcosvcastro@aluno.uespi.br
<https://orcid.org/0000-0003-0652-8474>
Universidade Estadual do Piauí

Valdiléia Teixeira Uchôa

valdileiateixeira@ccn.uespi.br
<https://orcid.org/0000-0001-8080-6335>
Universidade Estadual do Piauí

Pedro Marcos de Almeida

pedromarcos@ccs.uespi.br
<https://orcid.org/0000-0001-5431-6818>
Universidade Estadual do Piauí

Francielle Aline Martins

francielle@ccn.uespi.br
<https://orcid.org/0000-0002-0113-8023>
Universidade Estadual do Piauí

RESUMO

Cerca de 40% de todos os medicamentos têm como princípio ativo os vegetais. Todavia, o conhecimento dos efeitos benéficos das plantas não é amplamente difundido, assim, práticas de ensino que busquem contextualizar esse conhecimento empírico com os saberes científico são necessárias. Dessa forma, este estudo tem o objetivo de propor e avaliar uma sequência de ensino investigativa (SEI) acerca da química das plantas para alunos de graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas. Divididos em grupos, os alunos foram apresentados à questão norteadora "Por que algumas plantas têm ação medicinal ou praguicida e outras não?", levantaram hipóteses, coletaram e identificaram material vegetal, prepararam extratos, realizaram a caracterização fitoquímica das amostras, analisaram os dados, e concluíram acerca da problematização. Todas as etapas foram gravadas com um smartphone e transcritas para análise do contexto verbal e não-verbal construído em sala de aula. Ao final, os alunos responderam a um questionário com questões discursivas abrangendo o conteúdo abordado. A SEI proporcionou um aprendizado significativo e o desenvolvimento de competências conceituais na área de fitoquímica, mas também de competências atitudinais e procedimentais. Os resultados reforçam os benefícios da utilização de metodologias ativas que priorizem a investigação. Ademais, a oferta da SEI na forma de curso de extensão permitiu trazer para a formação em nível superior incentivo à aproximação dos procedimentos e atitudes do fazer científico, sem as limitações de seguir um conteúdo programático esperado a determinado componente curricular.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino investigativo; Fitoquímica; Plantas medicinais.

ABSTRACT

Around 40% of all medicines have vegetables as their active ingredient. However, knowledge of the beneficial effects of plants is not widely disseminated, therefore, teaching practices that seek to contextualize this empirical knowledge with scientific knowledge are necessary. Therefore, this study aims to propose and evaluate an investigative teaching sequence (SEI) about plant chemistry for undergraduate students of the Bachelor of Biological Sciences. Divided into groups, the students were presented with the guiding question "Why do some plants have medicinal or pesticide action and others do not?", they raised hypotheses, collected and identified plant material, prepared extracts, performed the phytochemical characterization of the samples, analyzed the data, and concluded about the problematization. All stages were recorded with a smartphone and transcribed to analyze the verbal and non-verbal context constructed in the classroom. At the end, students responded to a questionnaire with discursive questions covering the content covered. SEI provided significant learning and the development of conceptual skills in the area of phytochemistry, but also attitudinal and procedural skills. The results reinforce the benefits of using active methodologies that prioritize research. Furthermore, offering SEI in the form of an extension course allowed for the introduction of higher education to the procedures and attitudes of scientific practice, without the limitations of following a programmatic content expected for a given curricular component.

KEYWORDS: Investigative teaching; Phytochemistry; Medicinal plants.

RESUMEN

Alrededor del 40% de todos los medicamentos tienen plantas como ingrediente activo. Sin embargo, el conocimiento de los efectos benéficos de las plantas no está ampliamente difundido, por lo que son necesarias prácticas docentes que busquen contextualizar este conocimiento empírico con el conocimiento científico. Así, este estudio tiene como objetivo proponer y evaluar una secuencia de enseñanza investigativa (SEI) sobre química vegetal para estudiantes de pregrado de la Licenciatura en Ciencias Biológicas. Divididos en grupos, a los estudiantes se les presentó la pregunta orientadora "¿Por qué algunas plantas tienen acción medicinal o pesticida y otras no?", plantearon hipótesis, recolectaron e identificaron material vegetal, prepararon extractos, realizaron la caracterización fitoquímica de las muestras, analizaron los datos y concluyeron sobre la problematización. Todos los pasos fueron grabados con un teléfono inteligente y transcritos para el análisis del contexto verbal y no verbal construido en el aula. Al final, los estudiantes respondieron un cuestionario con preguntas discursivas que abarcaban los contenidos tratados. SEI proporcionó un aprendizaje significativo y el desarrollo de habilidades conceptuales en el área de la fitoquímica, pero también habilidades actitudinales y procedimentales. Los resultados refuerzan los beneficios de utilizar metodologías activas que prioricen la investigación. Además, ofrecer SEI en la forma de curso de extensión permitió que la educación superior fomentara la introducción de procedimientos y actitudes de la práctica científica, sin las limitaciones de seguir un contenido programático esperado para un componente curricular determinado.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza investigativa; Fitoquímica; Plantas medicinales.

INTRODUÇÃO

A compreensão sobre a composição química das plantas apresenta uma relevância que transcende os limites da química pura, pois ao aprofundar esse conhecimento abrange-se aspectos científicos, educacionais, ambientais, econômicos e de saúde, uma vez que, cerca de 40% de todos os medicamentos têm como princípio ativo, diretamente ou indiretamente os vegetais (Brasil, 2012).

A fitoquímica se dedica ao estudo dos compostos químicos produzidos pelas plantas, conhecidos como fitoquímicos. Esses compostos desempenham papéis essenciais em diversos processos biológicos das plantas, contribuindo para o seu desenvolvimento e interação com o ambiente (Braz Filho, 2010). Assim, o conhecimento químico das plantas é fundamental quando pretende-se abordar questões contemporâneas complexas, desde a busca por novos medicamentos até a promoção da consciência e sustentabilidade ambiental. Desse modo, acredita-se que ao integrar essa compreensão aos currículos educacionais, fortalece-se não apenas a base de conhecimento dos estudantes, mas reforça-se o ensino de práticas que buscam promover o conhecimento das propriedades das plantas (Costa *et al.*, 2020).

O estudo do processo de extração desses fitoquímicos, bem como a análise e caracterização de sua estrutura e dos fatores que influenciam e colaboram no seu desenvolvimento, fornecem material significativo para o processo de ensino e aprendizagem, no qual o estudante pode colaborar efetivamente em todas as etapas de construção deste conhecimento (Moreno; Silva, 2017). O ensino e aprendizagem das propriedades fitoquímicas representa um grande benefício social e econômico, todavia, em sala de aula ainda predomina o ensino tradicional, centrado no livro didático e raramente em práticas contextualizadas, que permitam ao aluno acesso a conteúdo do dia a dia (Volkweis *et al.*, 2019). Há um movimento significativo em direção à transformação desses paradigmas tradicionalistas. Tal mudança é provocada pela adoção de metodologias ativas, que visam tornar o aluno protagonista do próprio aprendizado, tendo o professor como um guia nesse processo (Bacich e Moran, 2017).

Dentre essas metodologias, destaca-se o ensino por investigação, uma abordagem pedagógica que coloca o estudante como protagonista da sua aprendizagem, promovendo a construção ativa do conhecimento. Destacamos a relevância da temática como método a ser explorado também no ensino superior, que além de desenvolver as habilidades inerente a profissão tem por finalidade o estímulo ao desenvolvimento do espírito científico e do pensamento reflexivo (Brasil, 1996). Logo, propostas de ensino pautadas em contexto de investigação são extremamente favoráveis a esse alcance e investigar essas situações pode sinalizar caminhos e evidenciar benefícios de ações dessa

natureza. Assim sendo, as atividades da fitoquímica podem contribuir significativamente, justamente, através da investigação da flora e seu quimismo (Braz Filho, 2010).

Diante da importância da fitoquímica e da necessidade de estratégias de ensino mais eficazes, surge o seguinte problema de pesquisa: como o ensino por investigação pode ser implementado de maneira eficaz no contexto do ensino de fitoquímica para promover o conhecimento dos compostos químicos produzidos por plantas para estudantes do ensino superior? Nesse sentido, considerando a pauta discutida, uma sequência de ensino com viés investigativo (SEI) para trabalhar a fitoquímica foi proposta a partir da contextualização dos saberes já existentes pelos estudantes, pois à medida que os conhecimentos prévios são valorizados e inclusivos frente ao novo conhecimento apresentado, este torna-se concreto a realidade. Portanto, o objetivo deste manuscrito é apresentar a SEI desenvolvida bem como o resultado de sua aplicação durante um curso de extensão oferecido a estudantes de graduação.

O ensino investigativo como metodologia ativa

O ensino por investigação como uma abordagem didática é especialmente relevante para a educação. Trata-se de uma abordagem capaz de tornar o aprendizado mais significativo, pois estimula a curiosidade, a exploração, a resolução de problemas e permite que os estudantes atribuam significado aos conceitos de maneira pessoal e contextualizada (Scarpa; Sasseron; Silva, 2017). Este não está associado a estratégias e práticas didáticas específicas, mas a ações e procedimentos realizados pelo professor para constituir um ambiente de trabalho investigativo (Solino; Sasseron, 2018). Em se tratando do desenvolvimento de habilidades científicas, a grande contribuição da abordagem investigativa recai na iniciação aos métodos, procedimentos e atitudes que a cultura científica desperta nos estudantes. São habilidades que ensinam a questionar as verdades concebidas, observar o mundo natural, formular hipóteses, testar teorias e comunicar resultados, adquirindo habilidades e valores éticos sobre a importância da pesquisa como princípio educativo (Carvalho; Oliveira; Bizerra, 2018).

Como forma de trabalhar conteúdos em sala de aula utilizando o ensino por investigação, SEI têm sido planejadas com a finalidade de desenvolver conteúdos ou temas científicos (Carvalho, 2018). Na maioria das vezes a SEI inicia-se por um problema, experimental ou teórico, contextualizado, que introduz os alunos no tópico desejado, sendo o problema experimental, sem dúvida, o mais comum e o que envolve mais os alunos (Carvalho, 2013).

Os problemas experimentais ou teóricos propostos nas atividades investigativas para o ensino superior são mais complexos, pois são construídos para abranger o ensino e a aprendizagem das várias linguagens das ciências como, a escrita, oral, gráfica e a matemática. Para os professores, torna-se um verdadeiro desafio e exige uma participação diferenciada na interação professor/aluno. É preciso que eles orientem a argumentação dos alunos por meio de perguntas didáticas visando o estímulo à participação. Essas perguntas podem ser científicas, relacionadas às técnicas da Ciência, ou epistêmicas, voltadas para a construção de significados (Carvalho, 2018). Doravante, é imprescindível incorporar novos princípios no fazer pedagógico, para que não se restrinja à transmissão de informações, mas que haja a articulação dos conhecimentos, a fim de contextualizar e problematizar as propostas pedagógicas (Zanetoni; Leão, 2022).

A abordagem experimental é uma das opções para se trabalhar atividades investigativas no ensino. Para que o aluno participe ativamente do processo e desenvolva habilidades como pensar, formular hipóteses e resolver problemas, os experimentos não podem ser do tipo "receita" com resultados previsíveis. Em vez disso, devem promover uma investigação que os leve a pensar e a interagir como problema didático, indo além da manipulação de vidrarias e reagentes (Gonçalves; Goi, 2018). Nas atividades experimentais investigativas os alunos participam ativamente de todas as etapas de investigação, desde a interpretação do problema até a apresentação de uma possível

solução. Acredita-se que, se o estudante tiver a oportunidade de acompanhar e interpretar as etapas da investigação, ele será capaz de elaborar hipóteses, testá-las e discuti-las, aprendendo e argumentando sobre os fenômenos químicos estudados, alcançando os objetivos de uma aula experimental, a qual privilegia o desenvolvimento de habilidades cognitivas e o raciocínio lógico (Oliveira, 2010; Suart; Marcondes, 2008).

Em se tratando de aulas de laboratório/experimentais, Carvalho (2013) classifica a atuação do professor e dos alunos em 5 níveis diferentes de envolvimento com a atividade proposta. Os diferentes níveis estão relacionados com o grau de liberdade intelectual que os professores oferecem aos estudantes. No grau de liberdade I o estudante é apenas o receptor do conhecimento transmitido pelo professor, não há a possibilidade de construção do conhecimento. No grau de liberdade II o professor propõe o problema, as hipóteses e o plano de trabalho, sendo esses dois últimos discutidos com os estudantes, o que permite que eles pensem o porquê e como fazer o que está sendo proposto (Zômpero; Laburú, 2011).

A partir do grau III observa-se o ensino por investigação. O professor propõe o problema, as hipóteses são discutidas com os estudantes, os quais participam ativamente na elaboração do plano de trabalho, mas sob supervisão do professor. Já no grau de liberdade IV o professor propõe o problema e a partir deste os estudantes definem suas hipóteses e como resolvê-las. Nos graus III e IV o estudante tem maior liberdade intelectual, são eles a parte ativa do raciocínio, diferente do que acontece nos graus I e II, quando o estudante procura entender o raciocínio do professor (Carvalho, 2018). O grau V é menos comum no contexto de sala de aula. Neste nível os estudantes escolhem o problema, propõem hipóteses e meios para avaliá-las. Com exceção do grau de liberdade I, nos demais níveis de envolvimento a conclusão elaborada pelo grupo de estudantes, é apresentada e discutida por toda a sala.

Segundo o trabalho de Zanetoni e Leão (2022), o desenvolvimento de estratégias diversificadas que envolvam leituras de textos científicos, reportagens, experimentação, jogos, organizados em etapas, seguido da inserção da pesquisa e troca de ideias, são vistos como eficientes e importantes para o desenrolar do tema a ser trabalhado na SEI. O jogo didático proporciona um material pedagógico com um objetivo de aspecto mais lúdico, sendo uma alternativa para melhorar o desempenho de estudantes em conteúdos de difícil aprendizagem. Acredita-se que a apropriação e a construção significativa do conhecimento são favorecidas quando mediadas por atividades lúdicas, visto que tais práticas despertam o interesse dos alunos e promovem maior engajamento, resultando em um processo de aprendizagem mais profundo e duradouro (Campos; Bortoloto; Felício, 2003).

De forma mais ampla, a SEI "A química das plantas", aqui apresentada, está fundamentada nos pressupostos do ensino por investigação e com ela se propõe a construção de conceitos científicos e o desenvolvimento de atitudes e procedimentos fundamentais no processo de construção desse conhecimento, engajado com a realidade do participante. Para isso, a SEI foi planejada abordando conceitos de fitoquímica, apresentando as diferentes classes de metabólitos secundários encontrados nas plantas, formas de identificação e análise do potencial antioxidante. Por conseguinte, envolve formas de conexão entre o ensino de química, a temática das plantas e seu estudo fitoquímico.

PERCURSO METODOLÓGICO

O presente estudo é uma pesquisa qualitativa, que compreende a fitoquímica como uma área do conhecimento construída a partir de interações sociais no contexto sociocultural que as cercam, o que é importante porque posiciona o ensino como um processo dinâmico (Mól, 2017). Esse estudo acompanhou um grupo de 13 estudantes matriculados no curso de Bacharelado em Ciências

Biológicas da Universidade Estadual do Piauí durante um curso de extensão no qual a SEI, "A química das plantas", foi aplicada.

O curso teve um total de 20 horas distribuídas em 5 encontros semanais de 4 horas cada. A respeito dos princípios éticos, este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa local (Parecer 5.397.627) e os alunos-participantes da pesquisa concordaram e assinaram o Termo de Consentimento e Livre Esclarecimento (TCLE). Os discentes inscritos no curso foram adicionados em um grupo de WhatsApp criado para apresentar informações e sanar dúvidas. Em um contexto de pré-aula, orientou-se que os discentes se dividissem em três grupos. Cada um deles deveria escolher uma planta de sua preferência para que as investigações fossem realizadas a partir desta. Lembrou-se também que durante a coleta da planta escolhida, os alunos deveriam fotografar diferentes partes (flor, folha e fruto, se possível) para que posteriormente pudessem realizar a identificação da espécie.

Durante o período de aplicação das atividades, todas as aulas foram gravadas com um smartphone e transcritas pela pesquisadora para análise do contexto verbal e não-verbal construído em sala de aula e no auxílio da compreensão das atividades desenvolvidas com os participantes. Os dados foram utilizados para a análise qualitativa do desenvolvimento de competências conceituais, atitudinais e procedimentais de acordo com Barcellos e Coelho (2019). A SEI foi desenvolvida em 4 momentos distribuídos a partir da associação entre as fases da aprendizagem e o ciclo da investigação descritos por Pedaste *et al.* (2015). As atividades investigativas realizadas em cada momento foram planejadas priorizando o grau III de envolvimento de professores e alunos (Carvalho, 2013), que trazem características comumente presentes do ensino investigativo.

Momento 1: Contextualização

Inicialmente, a contextualização foi realizada por meio de uma sequência de 13 slides contendo imagens de reportagens, matérias de jornais, filmes e séries demonstrando o uso e aplicação de algumas plantas pela sociedade (Figura 1). O propósito não foi repassar a informação completa, mas imagens chamativas com curiosidades para dar oportunidade dos estudantes se expressarem de forma espontânea.



Figura 1: Exemplos de slides utilizados na contextualização e discussão inicial acerca do uso das plantas
Fonte: Elaborado pelos autores a partir de imagens dos sites: (a) BBC News¹; (b) Giroboi² e Baruel³.

Com o ambiente preparado para começarmos as primeiras indagações, a questão norteadora (QN) foi lançada: "Por que algumas plantas têm ação medicinal ou praguicida e outras não?".

¹ <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-54227230>;

² https://giroboi.canalrural.com.br/wp-content/uploads/sites/4/2022/04/sabugo_espiga_milho_11_04_2022.png

³ <https://www.baruel.com.br/wp-content/uploads/2025/01/oleos-essenciais.jpg>

Aprofundou-se a discussão a partir da QN. Cada grupo anotou em um papel suas hipóteses e, em seguida, compartilhou com os colegas suas respostas de forma oral a respeito da problemática.

Após o momento de discussão, que durou cerca de 20 min, os grupos foram orientados a realizar uma pesquisa bibliográfica, para ser apresentada no encontro seguinte. Cada grupo ficou responsável por uma classe de metabólitos secundários: terpenos, compostos fenólicos ou compostos nitrogenados. A apresentação deveria abordar, no período de 25 a 30 minutos, as vias de biossíntese, estrutura química geral e função dos metabólitos nas plantas. De modo a orientar o estudo, a professora sugeriu o texto de Barreto; Gaspi e Oliveira (2020), denominado Estudo químico das principais vias de metabolismo secundário vegetal: uma revisão bibliográfica.

Em seguida, os alunos foram orientados a iniciar o estudo da planta escolhida. Para a identificação da espécie de forma rápida, foi sugerida a utilização do aplicativo *App Picture This*. O aplicativo funciona por meio do reconhecimento de fotos de diferentes partes da planta. Com isso foi possível descobrir o nome das espécies coletadas, bem como algumas curiosidades de cultivo e uso. Uma vez identificada a espécie coletada, os grupos deram início ao preparo do extrato da planta. As folhas foram pesadas, higienizadas em água corrente e colocadas para secar em temperatura ambiente. A cada dois dias um membro do grupo foi até o laboratório e remexeu as folhas evitando contaminação por fungos e insetos, além disso, esse estudante realizou a pesagem (massa em g) para verificar a desidratação das folhas, até secagem completa.

Momento 2: Sedimentando conceitos

Duas semanas após o Momento 1, já no 2º encontro, foi realizada a socialização das pesquisas realizadas pelos três grupos. As apresentações aconteceram em forma de seminário e cada grupo ficou à vontade para compartilhar. Logo após as apresentações, cada grupo deu continuidade à preparação do extrato da planta. A trituração do material foliar foi realizada em um liquidificador doméstico e os alunos foram orientados a preparar uma solução na concentração de 80 mg/mL em álcool 70%. Os frascos foram identificados e armazenados na geladeira e a cada 2 dias os frascos foram agitados.

Ainda no 2º encontro, aplicou-se o jogo **"Perfil Fitoquímico"**, inspirado no jogo de tabuleiro Perfil comercializado pela empresa GROW jogos e brinquedos Ltda. Assim como o jogo de tabuleiro Perfil, o "Perfil Fitoquímico" é composto por cartas com dicas. No total, 20 cartas foram elaboradas, essas são de três tipos diferentes: "Sou uma bebida", "Sou um metabólito secundário" e "Sou uma planta". A cada rodada uma carta é sorteada, os jogadores recebem dicas sobre o perfil secreto a ser desvendado (Figura 2).

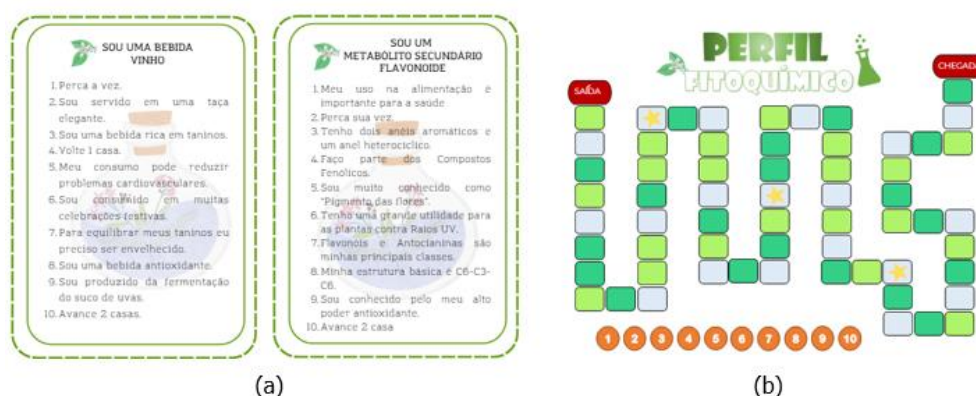


Figura 2: (a) Exemplos de cartas do jogo "Perfil Fitoquímico"; (b) Tabuleiro do jogo
Fonte: Elaborado pelos autores.

O tempo de aplicação estimado é de 30 a 50 minutos, a depender do número de dicas necessárias para se descobrir o perfil secreto. As regras e o jogo estão disponíveis para impressão no site <https://11nk.dev/JogoPerfilFitoquimico>.

Momento 3: Experimentação e descoberta

As plantas possuem metabólitos secundários para diversos fins, e existem técnicas que possibilitam identificar a presença de determinadas classes desses metabólitos secundários em um extrato vegetal. Uma das técnicas amplamente utilizadas se baseia na metodologia de Matos (2009). Trata-se de uma técnica qualitativa de baixo custo e fácil de ser realizada que por meio da utilização dos extratos vegetais e a combinação de reagentes específicos tem-se a mudança de cor ou a formação de precipitados para resultados positivos (Soares *et al.*, 2016).

Para a etapa experimental foi desenvolvido um roteiro interativo, para que os alunos preenchessem à medida que as observações aconteciam durante o 3º e 4º encontros, realizados nas semanas seguintes ao Momento 2 (Figura 3). O roteiro foi elaborado de forma a permitir o levantamento de hipóteses a cada etapa e a instigar a discussão em grupo. Ao final do roteiro havia questões problemas a serem respondidas em casa com o objetivo de orientar uma pesquisa de aprofundamento sobre o tema. Após investigar quais os metabólitos secundários estavam presentes nas amostras no 3º encontro, a atividade antioxidante foi avaliada por meio do método de 2,2-difenil-1-picrilidrazil (DPPH), no 4º encontro, de acordo com a metodologia e Rufino *et al.* (2007).



Figura 3: (a) Capa do roteiro interativo, (b) Sumário das atividades do roteiro e (c) Página 26 do roteiro - exemplo de atividade de preenchimento durante a experimentação⁴

Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir dos extratos preparados no Momento 2 [80 mg/mL] os discentes realizaram uma diluição e prepararam uma solução-uso a 5 mg/mL, a qual foi analisada pelo método DPPH•. Os valores observados da absorbância (Abs) para cada uma das amostras, branco e controle, foram usados para o cálculo da atividade antioxidante (% AA) por meio da equação: $\%AA = 100 - [(Abs_{amostra} - Abs_{branco}) \times 100] / Abs_{controle}$.

Outra forma de comparar a atividade antioxidante de amostras diferentes utilizada foi a partir da estimativa da capacidade efetiva média (CE₅₀) que consiste na quantidade de amostra capaz de diminuir ou reduzir a concentração inicial do radical DPPH• (2,2-difenil-1-picrilidrazil) em 50% (Oliveira, 2015). Para isso, os alunos foram instruídos a determinar a concentração efetiva (CE₅₀) de

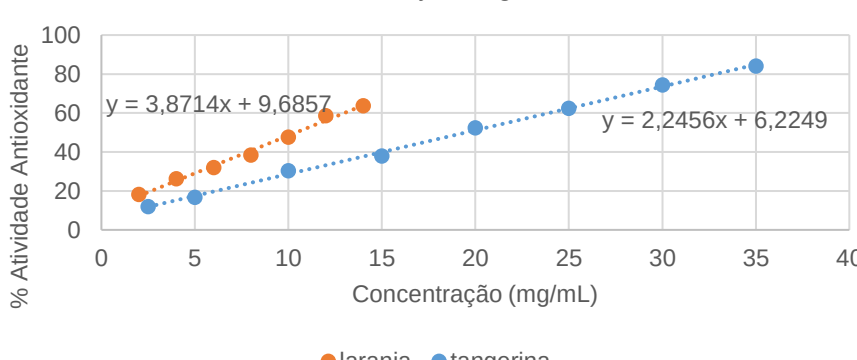
⁴ Disponível para impressão no link <https://acesse.one/roteiro-interativo>

cada amostra, assim, diluições em série de cada um dos extratos vegetais foram realizadas e avaliadas pelo método DPPH•.

Momento 4: Confronto dos dados e avaliação

O 5º encontro ocorreu no Laboratório de Informática, as observações registradas sobre os experimentos anteriores foram retomadas. Cada equipe estimou a CE_{50} para sua amostra com auxílio do programa Microsoft Office Excel 365 considerando o modelo de regressão linear entre as variáveis x (concentração da amostra) e y (atividade antioxidante). A partir dos dados, os grupos discutiram juntos e descobriram qual das amostras de plantas apresentou maior potencial antioxidante. Após ampla discussão, os alunos responderam a um questionário individualmente com questões discursivas abrangendo os conteúdos vistos ao longo da SEI (Quadro 1).

Quadro 1: Questionário final aplicado aos estudantes após participação na SEI - "A química das plantas"

QUESTIONÁRIO FINAL	
1º - Por que algumas plantas têm ação medicinal e/ou tóxica e outras não?	
2º - Entre os diversos metabólitos secundários, cite um deles, juntamente com uma característica, aplicação ou curiosidade a seu respeito.	
3º - Os resultados da literatura foram conflitantes com os resultados encontrados da prospecção fitoquímica preliminar para a sua planta? A que você atribui esta diferença?	
4º - A partir da análise do gráfico a seguir, responda:	
a) Qual dos dois sucos tem maior potencial antioxidante?	
b) Determina a concentração efetiva (CE_{50}) para cada uma das amostras a seguir e interprete-a.	
%Atividade antioxidante em função da concentração dos sucos de laranja e tangerina  Fonte: adaptado de Oliveira, Barbosa e Flores (2020).	

Fonte: Elaborado pelos autores.

O QUE DESCOBRIMOS

Momento 1

A SEI teve início com a exibição de uma sequência de slides. Ao apresentar notas informativas e curiosas sobre a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), a professora perguntou aos alunos se sabiam dizer o porquê desta espécie ser tóxica. A discente identificada como A1 respondeu: "já vi jogarem o líquido da farinhada de mandioca fora, longe das plantas", o que demonstrou que a estudante tem contato com a temática. Quando questionados sobre a necessidade/utilidade dessa

toxicidade para a mandioca, o discente A2 disse que: “pode ser um mecanismo de proteção da planta”, trazendo para a conversa o conceito de atividades biológicas exercidas pelas plantas. A toxicidade nas plantas é um dos mecanismos de resposta a estímulos ambientais (Pereira; Cardoso, 2012). Nota-se nas falas elementos da aprendizagem procedimental que são impulsionados a partir de aspectos atitudinais, pois A1 fez uma inferência com base em suas observações cotidianas. Sobre a mesma ideia, A2 elaborou uma possível hipótese, que revelou um posicionamento mais crítico à indagação da pesquisadora.

Na sequência dos slides, a professora mostrou que a planta Espada de São Jorge (*Dracaena trifasciata* (Prain) Mabb.) tem sido utilizada para fins medicinais, uma vez que é benéfica para os rins e sistema circulatório, no entanto, ressaltou que em quantidades erradas é tóxica para os humanos. A aluna A3 logo fez a associação: “É igual a semente da maçã que pode ser tóxica em grande quantidade”. Assim, observou-se que a estudante já sabia que a ação benéfica ou tóxica das plantas está vinculada à quantidade/concentração de uso. A ação benéfica ou tóxica de uma planta depende de fatores relacionados a dose/concentração e a variações do próprio indivíduo que a utiliza (Campos *et al.*, 2016).

Em busca de proporcionar um ambiente investigativo, a docente oportunizou, por meio da contextualização, o levantamento dos conhecimentos prévios dos discentes sobre o tema para que a discussão sobre a temática se iniciasse. No ensino contextualizado os estudantes têm uma percepção de que o saber não é apenas um acúmulo de conhecimentos e que é possível relacionar fatos e acontecimentos do cotidiano com o conteúdo visto dentro de sala de aula. Tal forma de ensino acaba permitindo que os alunos consigam resolver situações problema de maneira mais eficaz na sua realidade (Maffi *et al.*, 2019).

Ademais, observou-se que a sequência de slides apresentada possibilitou aos estudantes o compartilhamento do conhecimento empírico e de informações pessoais, tipicamente regionais. Ao apresentar uma manchete que lembrou a tentativa de envenenamento de Donald Trump, em seu primeiro mandato como presidente dos Estados Unidos da América, o qual recebeu uma carta contaminada com ricina (BBC News Brasil, 2020), a professora esclareceu que esta é encontrada naturalmente nas sementes da mamona (*Ricinus communis* L.) e a partir dessa informação, fez indagações com o objetivo de confrontar os alunos e ampliar a discussão.

Quando questionados sobre o processo de extração do óleo de rícino, os alunos sabiam que o óleo é obtido da semente da mamona, mas não souberam descrever como isso é feito. Entretanto, os alunos referiram-se a outro contexto, associaram com atividades típicas regionais como a torra da castanha de caju e a extração do óleo de coco que, como lembrado por A1, “...a castanha, quando eles torram libera uma substância tóxica e é por isso que eles (os quebradores de castanhas) tão perdendo até as digitais”. O aluno A5 completou que “É quase o mesmo procedimento da retirada do azeite de coco. A mãe retira desse jeito aí, na verdade ela torra o coco. Depois ela mói, e depois coloca para ferver e aí ela vai separando”. Podemos identificar nas falas de A1 e A5 a análise da informação trazida pela professora e a organização conceitual da informação.

No mesmo contexto, foi mostrado um slide sobre a atividade larvívora da planta pinhão-roxo (*Jatropha gossypifolia* L.) contra o mosquito da dengue (*Aedes aegypti* L.) (Araújo *et al.*, 2018). A docente indagou se os alunos conheciam essa planta. A turma foi unânime, nesse momento, e A4 se manifestou dizendo que em sua casa “... tem praticamente todas as plantas que apareceram aí”, se referindo a sequência de slides. Dessa forma, verificou-se que a escolha dos elementos utilizados para a contextualização do problema foi satisfatória, uma vez que as espécies apresentadas estão presentes no cotidiano dos alunos.

Ao final da contextualização, os alunos foram provocados com a QN “Por que algumas plantas têm ação medicinal e praguicida, e outras não?” Após o tempo de discussão (15 min), a professora

cedeu a palavra às equipes para que apresentassem suas hipóteses (Quadro 2). Nesse processo, o incentivo ao diálogo entre os membros dos grupos é importante para compreender que na produção do conhecimento científico, a livre circulação de ideias é parte importante no avanço da investigação (Scarpa; Sasseron; Silva, 2017).

Quadro 2: Hipóteses compartilhada pelos grupos a respeito da questão norteadora: "Por que algumas plantas têm ação medicinal e praguicida, e outras não?"

GRUPO	FALAS TRANSCRITAS
G1	"A gente colocou que as plantas possuem metabólitos secundários e dependendo do tipo e da concentração pode ser benéfica ou não, isso pode ser usado na medicina e também esses metabólitos secundários podem combater alguns microrganismos. "
G2	"Além dessa parte, nós colocamos também relações ecológicas, porque a gente diz que tem ação medicinal, mas essa ação medicinal é relativa porque pode ter a cadeia de algum composto e esse composto pode não ser benéfico. Mas esses compostos podem ser proteção, às vezes podem também produzir substâncias para atrair polinizadores ou animais. Às vezes pode ser relação não só contra microrganismos, mas também relação contra outras plantas uma que afasta outra ou que facilita o crescimento de outra."
G3	"Então, a gente falou isso, mas de uma maneira muito mais resumida, depende do ambiente que ela cresce e dos predadores à sua volta, que irá influenciar. Se há estudos suficientes para lidar, por isso elas acabam sendo toxinas, depende de como essa proteína é metabolizada no nosso organismo, se ela tiver alguma uma ação pode ser medicinal ou de toxina, e se ela não tiver nenhuma ação não acontece nada. E basicamente, o que vocês falaram, ação no ambiente, atrair polinizadores, repelir animais e repelir outras plantas de competição. Então é basicamente isso."

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na discussão gerada pela QN, de forma geral, todos os grupos atribuíram as propriedades de ação medicinal ou praguicida à presença de "substâncias produzidas pelas plantas para adaptação", contudo, o G1 destacou em sua fala "a ação de metabólitos secundários" como responsável por essas propriedades. Entretanto, é importante mencionar que o G1 foi o primeiro grupo a falar. Na sequência, G2 inicia dizendo "Além dessa parte, nós colocamos também...", assim como o G3 que inicia a resposta da seguinte forma "Então, a gente falou isso, mas de uma maneira muito mais resumida...". Portanto, os grupos G2 e G3 iniciaram suas falas concordando com a fala do grupo anterior ao seu, dessa forma, pode-se afirmar que todos os grupos se referiram à presença dos metabólitos secundários, sem, contudo, mencioná-los.

Durante a apresentação dos slides notou-se o desenvolvimento de competências de aprendizagem atitudinais. Os estudantes se posicionaram de forma crítica e investigativa as informações apresentadas e perante a situação-problema. Eles trabalharam juntos, de forma colaborativa, buscando o diálogo entre os pares, respeitando as divergências. Essa relação constante, só foi possível porque a SEI iniciou a abordagem do tema de forma contextualizada em busca de um diálogo em que os alunos se expressaram espontaneamente, respeitando as diferenças. Além disso, esse momento oportunizou a análise e organização conceitual das informações que foram observadas nas hipóteses e inferências levantadas.

De início, constatamos através da discussão gerada após apresentação da QN, que alguns estudantes já ouviram algo sobre metabolismo secundário, porém, demonstraram não ter conhecimento sobre as diferentes classes de metabólitos e nem conseguiram relacioná-los com as propriedades vegetais. Daí a importância desta SEI, ressignificar um conhecimento empírico, a partir do ensinamento de conceitos científicos.

Nesse sentido, a docente fez uma breve explanação sobre o que seriam esses metabólitos secundários e orientou os grupos na pesquisa e elaboração de um seminário, sobre uma das três grandes classes de metabólitos secundários: terpenos, compostos fenólicos ou compostos nitrogenados. A docente destacou a importância de serem conhecidas as especificidades, como estruturas químicas que caracterizam cada grupo, o processo de síntese nas plantas, além da aplicabilidade desses compostos na sociedade. Um texto de apoio foi fornecido (Barreto; Gaspi; Oliveira, 2020), no entanto, os estudantes foram estimulados a não ficarem presos ao material de apoio e a buscar outras formas de completar as informações.

Dando prosseguimento a SEI, com o auxílio do aplicativo *App Picture This* foi possível identificar as plantas trazidas por cada grupo: G1 - mamona (*Ricinus communis*), G2 - hibisco (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) e G3 - boldo (*Plectranthus barbatus* Andrews). Na busca por uma aprendizagem com significado, a atuação docente precisa estar contextualizada à realidade sociocultural do aluno (Fontoura; Pereira; Figueira, 2020). Assim, a escolha das plantas foi livre entre os grupos, respeitando a cultura e o contexto social em que os alunos estão inseridos.

O uso do aplicativo de celular permitiu que os alunos tivessem ao seu alcance um recurso tecnológico que fosse eficaz, visto que a identificação de plantas por um especialista da área não é simples e acessível. Apesar do aplicativo ser falível, uma vez que funciona a partir de imagens que o usuário utiliza. O uso de aplicativos móveis para estudos e aulas introdutórias, em atividades de pesquisa para o reconhecimento inicial das plantas ou como forma de contato inicial com a botânica tem sido um recurso pedagógico muito utilizado (Aguiar; Nojosa; Vasconcelos, 2022). Outra possibilidade é trabalhar de forma interdisciplinar com disciplina de Sistemática de Fanerógamas, já que os estudantes envolvidos são alunos do curso de Ciências Biológicas.

Após a identificação das amostras, os estudantes realizaram a pesagem em balança comum e limpeza das folhas em água corrente, que foram mantidas sob papel toalha a temperatura ambiente para secagem até o próximo encontro (após 14 dias). Neste momento foram levantadas algumas questões acerca da preparação do processo de secagem, com o objetivo de explorar habilidades práticas dos alunos com a aplicação do conhecimento na execução da tarefa (Quadro 3).

Quadro 3: Diálogo acerca do processo de secagem das folhas

SUJEITOS	FALAS TRANSCRITAS
Docente	"Se o conteúdo da célula é rico em água e os metabólitos de interesse se encontram dentro das células, é mais interessante a planta desidratada?"
Todos os Alunos	"Sim."
Docente	"Como saber se a planta vai desidratar?"
A9	"Poderia ser feito uma exsicata."
A6	"Poderia apertar o material e ele iria esfarelar."
A9	"A exsicata evitaria até contaminação de fungos ou outros."
Docente	"A contaminação iria atrapalhar a extração de metabólitos?"
A9	"Se tiver contaminação os fungos podem produzir alguns metabólitos e atrapalhar na identificação."
Docente	"Como vou saber se a planta desidratou?"
A6	"Podemos pesar novamente."

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em suma, observou-se que os estudantes reconheceram a importância da desidratação do material e se posicionaram perante a situação-problema. Eles propuseram formas de fazer e verificar a desidratação das folhas, e fizeram inferências ao demonstrar preocupação com a contaminação por microrganismos, levantando a hipótese de que esses também podem produzir metabólitos

secundários, o que interferiria na pesquisa. Esta hipótese foi descartada logo em seguida, pelos próprios estudantes, uma vez que as folhas foram higienizadas. Elaborar hipóteses, fazer ponderações, testar, discutir, são processos típicos em um ensino investigativo (Carvalho, 2018).

Aqui manifesta-se a ideia de que o educador pode contribuir no direcionamento da investigação. Ao propor uma aula experimental, sugere-se que essa seja organizada de forma a colocar o aluno diante de uma situação problema, direcionada para a resolução, que contribui para que o aluno raciocine logicamente sobre a situação e apresente argumentos na tentativa de apresentar soluções (Suart; Marcondes, 2008).

Momento 2

Cada grupo compartilhou na forma de seminário o resultado da sua pesquisa, que fora orientada no encontro anterior. As apresentações duraram em média 20 a 30 minutos. Notou-se que os estudantes se sentiram bastante motivados. Por meio de slides, compartilharam as vias de biossíntese, características estruturais e funcionais, bem como as diversas aplicabilidades que a sociedade faz dos metabólitos secundários estudados.

Os grupos trouxeram novas informações, como curiosidades e exemplos que não foram citados na literatura indicada, bem como foi possível perceber a abrangência em relação a outras fontes de pesquisas adotadas. Nesse aspecto, o mais importante não é o material em uso, mas as estratégias que o professor lança mão para que os alunos possam efetivamente investigar um tema em questão (Scarpa; Sasseron; Silva, 2017).

O seminário foi uma estratégia utilizada para o desenvolvimento de competências procedimentais com aquisições de novas informações que em seguida foram compartilhadas por meio de exposição oral. Durante a apresentação dos colegas, observou-se o respeito e a atenção as informações que eram transmitidas. Após as apresentações, os estudantes deram continuidade à preparação dos extratos, realizaram novamente a pesagem das folhas secas e constataram que não houve uma redução do peso (massa em gramas), desde a última pesagem, o que foi atribuído ao fim do processo de desidratação, discutido anteriormente. Antes do preparo das soluções, a docente aproveitou o momento e discutiu com os estudantes o porquê da escolha do álcool 70% como solvente, com o intuito de dar direcionamento para o que já havia sido sistematizado nas atividades anteriores (Quadro 4).

Quadro 4: Diálogo acerca da escolha do solvente para o preparo dos extratos

SUJEITOS	FALAS TRANSCRITAS
Docente	"Em casa conseguimos fazer a extração com a técnica de infusão, como o calor age nesse processo de extração?"
A6	"Rompimento das células."
Docente	"Então se queremos extrair os metabólitos de dentro da célula, poderíamos esperar ela "expelir", certo? [...], mas na aula vamos extrair os metabólitos de dentro das células, como? Podemos utilizar a temperatura, mas temos que tomar cuidado porque temperaturas elevadas podem romper as ligações químicas das moléculas que estamos procurando. Do mesmo modo da temperatura, o solvente utilizado faz diferença. Para fazer um chá usamos água, mas podemos utilizar outro solvente, um exemplo comum que podemos usar?"
A6	"Álcool."
Docente	"Como o caso das garrafadas, certo? Por que o álcool e não água? Será que tem diferença?"
A10	"Tem, o álcool é mais eficiente para extração de metabólitos secundários."
A6	"Não dissolve os componentes do extrato."

Docente	"O álcool consegue solubilizar melhor os metabólitos que estamos em busca, como vocês mostraram na apresentação sobre os metabólitos, nem todos são solúveis em água."
A9	"A partir de 6 carbonos ele já deixa de ser solúvel e quanto mais tiver, menos solúvel ele fica."
Docente	"Então, quando utilizamos álcool temos mais chances de acessar os metabólitos que vamos investigar."

Fonte: Elaborado pelos autores.

Durante o diálogo, observou-se que os discentes demoraram a compreender os motivos da escolha do uso do álcool na extração dos metabólitos secundários, mesmo sendo uma prática comum no comércio regional de plantas medicinais na forma de garrafadas. Uma confusão de conceitos foi observada quando o estudante A6 afirmou que "*o álcool não dissolve os componentes do extrato*" quando, na verdade, ele queria dizer que o álcool não degrada ou não interfere nos componentes do extrato. Grande parte dos metabólitos secundários são solúveis em álcool, e ainda existem os solúveis em água, sendo que a extração hidroalcóolica pode extrair tanto compostos polares como apolares (Chaicouski *et al.*, 2014).

Antes de finalizar o segundo encontro, os grupos foram convidados a jogar o jogo Perfil Fitoquímico. Os estudantes jogaram em equipes, a mesma equipe definida no Momento 1, e puderam consultar suas anotações. O jogo durou cerca de 40 minutos e foram utilizadas 15 cartas até o final da partida, demonstrando que as cartas construídas para o jogo foram suficientes, pois as equipes conseguiram chegar ao final do tabuleiro sem usar todas as cartas. O jogo possibilitou o desenvolvimento de competências de aprendizagem atitudinais, à medida que os alunos trabalharam em grupo e de forma colaborativa, promovendo o diálogo entre eles.

No início da partida os discentes demonstraram um pouco de dificuldade, pois, em sua maioria, não tinham familiaridade com as regras do jogo original, mas logo na primeira rodada, conforme jogavam, as regras ficaram mais acessíveis, facilitando o percurso e no final, a diversão foi garantida. O uso do jogo "Perfil Fitoquímico" contribuiu para o maior engajamento dos estudantes, despertando-lhes a curiosidade. A cada rodada, os estudantes ficavam mais instigados e competitivos.

Recursos como jogos de tabuleiro e cartas estimulam os alunos à competição, com resultados incertos que não dependem somente do jogador, mas também de sorte (Lemes; Souza, 2021). O uso de jogos, ou elementos de jogos no ensino, facilita a aprendizagem, motiva os estudantes a alcançarem os objetivos propostos, levando-os a pensar e agir de formas distintas, mas com finalidade comum, além de levá-los a adquirir novos conhecimentos (Bartolomeo; Stahl; Elias, 2015). O lúdico possui um papel relevante no processo de aprendizagem, uma vez que influencia no desenvolvimento do estudante, estimulando sua capacidade de discernimento, autoconfiança, concentração e atenção, além de desenvolver a linguagem e o pensamento (Vieira *et al.*, 2024).

Foi possível notar, ao longo do jogo, que algumas cartas exigiam mais de conhecimentos específicos referente aos metabólitos, para os quais alguns estudantes demonstraram um pouco mais de dificuldade, porém, todas as cartas sorteadas ao longo da dinâmica tiveram seu perfil secreto descoberto. As cartas traziam a descrição de bebidas, metabólitos secundários e plantas que já haviam sido citadas no Momento 1 ou que são amplamente conhecidas, a exemplo da cafeína que foi descrita como "presente no café da manhã", "apresenta ação estimulante" e "encontrada em várias plantas". O alinhamento das informações das cartas com o que já havia sido abordado foi importante para dinamizar o encontro e permitir a descoberta do perfil secreto.

Além disso, os estudantes relataram ao final, que o jogo "Trouxe descontração, despertou o interesse." e que foi "Importante para fixação do conteúdo e socialização da turma". Estes relatos

evidenciam os benefícios da utilização de jogos no ensino, gerando um ambiente descontraído e socializado, proporcionando um aprendizado de maneira dinâmica (Miranda, 2022).

Momento 3

A atividade de experimentação investigativa foi proposta na SEI para despertar o interesse do estudante com a temática científica. O roteiro de investigação experimental que foi disponibilizado foi articulado a partir da questão norteadora de natureza teórica, previamente contextualizada, para a qual, nessa etapa da SEI, busca-se respostas por meio da atividade experimental.

A partir da prospecção fitoquímica, realizada no 4º encontro, os estudantes foram orientados a pesquisar e confrontar suas observações com a literatura. Nas aulas experimentais um bom problema é aquele que dá condições para que os alunos passem das ações manipulativas às ações intelectuais através da elaboração e teste de hipóteses, raciocínio proporcional e construção da linguagem científica (Carvalho, 2018).

No encontro seguinte, quando confrontados sobre o resultado da pesquisa, os estudantes relataram que todas as espécies apresentavam divergências em relação à literatura. Aproveitando a constatação, a docente questionou "Por que isso aconteceu?". Possíveis hipóteses foram levantadas pelos alunos: "Talvez foi por causa da concentração"; "Talvez a planta não fosse madura o suficiente para produzir os metabólitos"; "A metodologia adotada na extração" (pode ter sido diferente); "Talvez as condições das plantas que coletou não fossem as mesmas". Notou-se que os alunos conseguiram compreender que os metabólitos secundários são produzidos pela planta como resposta ao meio no qual está inserida e que não é algo constante, assim como tratam Borges e Amorim (2020). Em geral, os metabólitos secundários são produzidos, predominantemente, devido a estímulos climáticos (temperatura, intensidade de luz e efeito sazonal) e edáficos (Menezes, 2020). A variabilidade e a quantidade deles podem ser diferentes em cada parte da planta (caule, folha, flor, fruto) e cada fase do ciclo de vida (Larcher, 2000).

Uma segunda atividade experimental foi realizada nesse dia, a determinação do potencial antioxidante dos extratos por meio do método DPPH•. O DPPH• é um radical livre orgânico, amplamente utilizado como indicador de atividade antioxidante de extratos e óleos vegetais, sendo vantajoso por ser um radical estável. Por não ser um método específico para determinados tipos de substâncias, serve como um ensaio simples para avaliar o potencial antioxidante total de amostras vegetais (Pires *et al.*, 2017). A investigação do potencial antioxidante de plantas tem sido relevante, uma vez que compostos com essa propriedade têm ganhado importância devido ao seu duplo papel na indústria alimentícia como estabilizadores lipídicos e na medicina preventiva como supressores da oxidação excessiva que causa câncer e envelhecimento (Ramadan; Moersel, 2006).

Os grupos foram capazes de definir a % AA dos extratos e comparando seus resultados verificaram que a mamona apresentou maior potencial antioxidante. Com base na %AA, os alunos perceberam que era necessário realizar diluições seriadas do extrato de *R. communis*. Partindo da concentração de 5 mg/mL, efetuaram diluições para 2,5; 1,25; 0,625 e 0,313 mg/mL. Os outros dois grupos perceberam que a % AA já estava abaixo de 50% e que fazer diluições seriadas não os ajudaria a determinar a CE₅₀. Assim, esses grupos retornaram ao extrato original, na concentração de 80 mg/mL e a partir dele realizaram três diluições (40, 20, 10 e 5 mg/mL), embora o roteiro indicasse as diluições seriadas a partir da concentração de 5 mg/mL.

Essa iniciativa partiu dos próprios estudantes, que foram capazes de identificar um problema e propor uma solução, atitudes necessárias ao fazer científico. Para tanto, o desenvolvimento prévio de competências procedimentais, tais como a compreensão e organização conceitual da informação foi necessário. Assim, os estudantes conseguiram realizar inferências e generalizações a partir de um conhecimento anterior para esse novo contexto.

De posse das absorbâncias obtidas, para cada concentração dos extratos de *R. communis*, *H. rosa-sinensis* e *P. barbatus*, foram calculados os respectivos percentuais de atividade antioxidante. A partir da análise dos resultados para cada uma das amostras, os estudantes foram orientados a construir um esboço gráfico da % AA em função da concentração.

Atividades como essa são importantes para o desenvolvimento de outras linguagens da ciência, uma vez que somente as linguagens verbais (escrita e oral) não são suficientes para comunicar o conhecimento científico (Carvalho, 2013). Esse tipo de atividade colabora no desenvolvimento de competências conceituais e sobretudo procedimentais relacionadas a estruturação das ideias e a comunicação da informação, importantes na divulgação científica (Barcellos; Coelho, 2019).

Momento 4

As anotações realizadas de concentração x % AA para cada extrato foram transferidas para o computador e, com o auxílio do programa Microsoft Office Excel 365, gráficos para expressão dos dados foram construídos pelos alunos (Figura 4). A maior parte dos estudantes já estava habituada a utilizar o programa Excel nas atividades do curso de graduação, o que facilitou o desenvolvimento desta atividade.

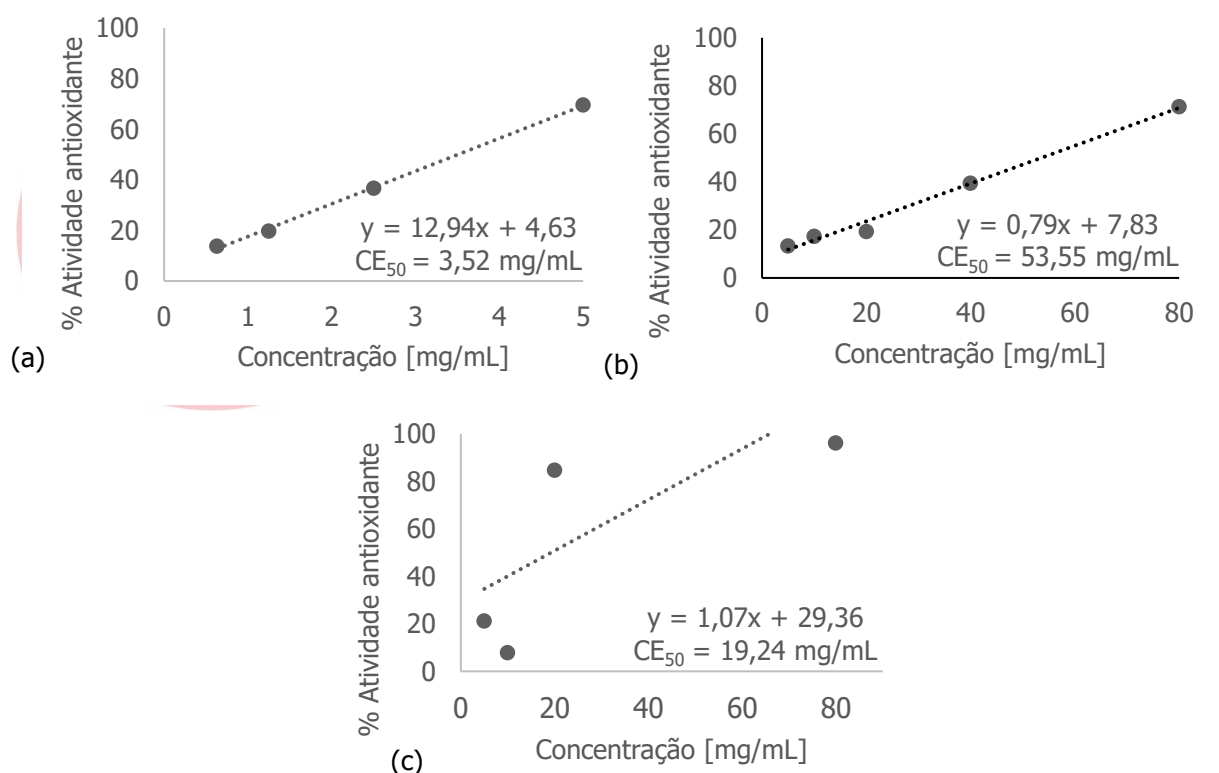


Figura 4: Gráficos de Concentração x Atividade antioxidante para o extrato hidroalcoólico de: (a) Grupo 1 - *R. communis*; (b) Grupo 2 - *H. rosa-sinensis* e (c) Grupo 3 - *P. barbatus*

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os valores de CE_{50} foram determinados através das equações das retas obtidas de acordo com o modelo de regressão linear, tendo estes demonstrado que o extrato de *R. communis* (3,52 mg/mL) é cerca de 5 vezes mais antioxidante que o extrato de *P. barbatus* (19,24 mg/mL) e 15 vezes mais antioxidante que o extrato de *H. rosa-sinensis* (53,55 mg/mL), corroborando com os resultados da avaliação quantitativa da % AA das amostras na concentração inicial de 80 mg/mL.

Ainda nesse encontro, os alunos responderam individualmente a atividade avaliativa (Quadro 1). Na primeira questão retomou-se a pergunta problematizadora que norteou o início das discussões: "Por que algumas plantas têm ação medicinal e/ou tóxica e outras não?" As respostas relacionaram essas propriedades à produção de metabólitos secundários em resposta à adaptação das plantas. Tais respostas estão de acordo com o que foi apresentado durante o curso, uma vez que a capacidade fitoterápica das plantas, assim como sua capacidade tóxica, pode ser atribuída a presença dos metabólitos secundários manifestados a partir de estímulos do meio (Menezes, 2020).

Na segunda questão foi solicitado que os estudantes citassem um dos metabólitos secundários estudados e atribuísem a este, suas propriedades e características. Os estudantes conseguiram abranger todas as classes de metabólitos secundários, bem como citaram características correspondentes aos mesmos. Além disso, os discentes trouxeram as estruturas e vias de biossíntese, demonstrando que de fato se interessaram em pesquisar sobre o tema.

Percebeu-se, nas respostas a esta questão, a predominância do grupo dos compostos fenólicos, os quais foram citados por seis alunos. Tal citação não ficou restrita apenas aos estudantes que apresentaram sobre esses compostos durante o seminário, no Momento 1. Dentre os compostos fenólicos, os mais frequente citados foram: flavonoides, taninos, lignina e antocianinas. Em contrapartida, os compostos nitrogenados foram citados por dois alunos, os mesmos que apresentaram sobre eles durante o seminário. Os estudantes relataram "não existir muitos trabalhos" sobre este grupo na literatura, "falta informação sobre compostos nitrogenados". De acordo com Oliveira *et al.* (2009) são reduzidos os relatos envolvendo as atividades biológicas deste grupo.

A terceira questão abordou o confronto dos dados observados na prospecção fitoquímica preliminar com os dados da literatura para a mesma espécie. Todos afirmaram ter observado divergência entre eles. Os conflitos observados foram atribuídos, principalmente, à "limitação da metodologia utilizada para a identificação dos metabólitos secundários" e "imaturidade da planta". Os alunos relataram que por se tratar de uma "metodologia qualitativa estaria sujeita a divergências" de resultados e ainda, a "síntese dos metabólitos secundários necessita de condições específicas para a sua produção". As diferenças conflitantes foram atribuídas ainda a fatores como: "a concentração do extrato" e "ausência de triplicata".

A capacidade de realizar inferências foi notória. Como a metodologia de prospecção fitoquímica requer a visualização da mudança de cor, A4 supôs que quando o extrato se encontra-se muito concentrado, "a variação de cor não foi tão perceptível". As diferenças observadas entre a literatura e os ensaios de prospecção fitoquímica realizados foram atribuídas também a ausência de triplicata, que já havia sido questionada no Momento 3, durante a atividade laboratorial, em que se discutiu a confiabilidade nos dados. De acordo com A8, "para resultados mais fiéis eram necessárias outras amostras de plantas sob outras condições".

A quarta questão trouxe um gráfico da atividade antioxidante (%AA) x concentração dos sucos de laranja e tangerina, adaptado do trabalho de Oliveira *et al.* (2020). Somente um aluno não identificou qual dos dois sucos tem maior atividade antioxidante. Embora os demais tenham apontado o suco de laranja como o mais antioxidante, três deles não conseguiram determinar a CE_{50} para explicar como chegaram à conclusão. A dificuldade em realizar cálculo tem sido constante no ensino, em todos os níveis de aprendizado, o que demonstra que um dos maiores obstáculos que os estudantes apresentam está no entendimento das noções matemáticas (Cavasotto; Viali, 2011). Nesse sentido, o uso de cálculos de forma contextualizada, em atividades interdisciplinares, torna o aprendizado mais motivador e aplicável (Jesus, *et al.* 2024).

Durante e após o desenvolvimento das atividades, verificou-se que os estudantes se sentiram confortáveis em expressar seus conhecimentos, ressignificando procedimentos experimentais, ao

invés de mecanizá-los. Apropriaram-se de conceitos científicos a respeito da fitoquímica e dos metabólitos secundários, em si, para entender e investigar por que algumas plantas têm ação medicinal ou praguicida.

Não foi observado cansaço ou descontentamento entre os estudantes ao longo dos 5 encontros. Todos sentiram-se satisfeitos com a metodologia adotada na SEI, sobretudo com relação as atividades laboratoriais. Tendo em vista a natureza qualitativa da pesquisa, observou-se nas respostas ao questionário e nas falas dos estudantes apresentadas ao longo da SEI que a busca de conexão entre a temática das plantas e a fitoquímica proporcionou um aprendizado significativo, com a aprendizagem de competências conceituais próprias da área, mas também de competências atitudinais e procedimentais como as descritas por Barcellos e Coelho (2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A SEI aplicada em uma turma do ensino superior do curso de Bacharelado em Ciências Biológicas evidenciou que é possível trabalhar o conteúdo de fitoquímica utilizando metodologias investigativas. Dessa forma, os educadores podem intervir de forma significativa na aprendizagem tanto por abordarem uma didática capaz de construir um ambiente investigativo, como abordar uma temática importante. Entretanto, vale ressaltar que a SEI apresentada pode ser adaptada para a educação básica como uma disciplina eletiva, visto que o conhecimento da química das plantas é de extrema importância para a sociedade. Recomendamos, que ao usar a SEI o professor considere as vivências do público interessado, a exemplo na escolha da planta a ser investigada.

As atividades laboratoriais propostas requerem o uso de vidrarias e reagentes em pequenas quantidades, de forma, que o custo efetivo total pode ser considerado de baixo valor. Para determinar a atividade antioxidante um espectrofotômetro foi utilizado. Esse é um equipamento amplamente utilizado em laboratórios, cuja função é medir e comparar a quantidade de luz absorvida por uma determinada solução. A ausência do equipamento não inviabiliza a SEI, nesse caso, o professor pode usar de dados simulados de absorbância e ainda sim trabalhar a construção e interpretação dos gráficos.

Além da reflexão sobre os elementos da prática científica, o educando pôde compreender que os conhecimentos de química, de alguma maneira, podem estar relacionados com o seu cotidiano. A partir da contextualização a respeito de alguns princípios ativos, substâncias químicas presentes nas plantas e o potencial em uma planta medicinal ou efeitos colaterais de plantas praguicidas, pôde-se estabelecer uma reflexão crítica quanto ao uso indiscriminado de tais substâncias ou até despertar o pensamento investigativo sobre uma nova planta de seu interesse ou convívio.

No Momento 1 a contextualização da proposta proporcionou uma discussão sadia em que todos puderam se expressar. No Momento 2 a sedimentação dos conceitos ocorreu através da apresentação dos seminários e do jogo "Perfil Fitoquímico", uma forma lúdica e descontraída. Foi no Momento 3 que os estudantes puderam realizar suas descobertas através de experimentos simples laboratoriais para, no Momento 4, confrontar seus dados e ideias, consolidando os conceitos aprendidos.

Ao longo da SEI, a concepção sobre o que é fitoquímica foi se desenvolvendo conforme os alunos iam aprofundando seus conhecimentos baseados no pensamento crítico e científico para além do conhecimento empírico sobre a temática. Poucas dificuldades foram enfrentadas pelos alunos na execução da SEI, visto que são discentes que já desenvolvem projetos de pesquisa e estão imersos nos diferentes laboratórios da instituição. Isso contribuiu para a utilização de vidrarias e conceitos gerais ao executar a prática através do roteiro interativo. Ademais, o interesse dos alunos demonstrado pela temática e pela investigação contribuíram para que o curso de extensão "A química das plantas" fosse bem recebido. Por fim, a oferta da SEI na forma de curso de extensão

permitiu trazer para a formação em nível superior um incentivo à aproximação dos procedimentos e atitudes do fazer científico, sem as limitações de seguir um conteúdo programático esperado a determinado componente curricular.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, W. P.; NOJOSA, D. M. B.; VASCONCELOS, F. H. L. Aplicativos Móveis Utilizados no Ensino de Biologia: Uma Revisão Sistemática de Literatura. **Revista Vitruvian Cogitationes**, v. 3, n. 1, p. 94-113, 2022.

ARAUJO, J. R. S.; COSTA, M. W. DA S.; OLIVEIRA, W. B.; REGINALDO, R. C.; ALMEIDA, P. M.; MARTINS, F. A. Efeitos larvicidas, citotóxicos e genotóxicos do extrato aquoso de folhas de *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 40, n. 1, p. 1-7, 2018.

BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre, Penso Editora, 2017.

BARCELLOS, L. DA S.; COELHO, G. R. Uma análise das interações discursivas em uma aula investigativa de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental sobre medidas protetivas contra a exposição ao sol. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 1, p. 179-199, 2019.

BARRETO, F.; GASPI, O. G.; OLIVEIRA, F. Estudo químico das principais vias do metabolismo secundário vegetal: uma revisão bibliográfica. **Revista Científica da FHO | Uniararas**, v. 8, n. 1, p. 60-72, 2020.

BARTOLOMEO, R.; STAHL, F. H.; ELIAS, D. C. A Gamificação como estratégia para o treinamento e desenvolvimento. **Revista Científica Hermes**, n. 14, p. 71-90, 2015.

BBC News Brasil. O que é a Ricina, substância letal encontrada em carta para Trump. 20 set. 2020. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-54227230>.

BORGES, L. P.; AMORIM, V. A. Metabólitos Secundários de Plantas. **Revista Agrotecnologia**, v. 11, n. 1, p.54-67, 2020.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 248, p. 27833-27841, 23 dez. 1996.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Secretaria de Atenção à Saúde**. Departamento de Atenção Básica. Práticas integrativas e complementares: plantas medicinais e fitoterapia na Atenção Básica. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica, 2012. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/praticas_integrativas_complementares_plantas_medicinais_cab31.pdf. Acesso em: 3 maio. 2024.

BRAZ FILHO, R. Contribuição da fitoquímica para o desenvolvimento de um país emergente. **Química Nova**, v. 33, n. 1, p. 229-239, 2010.

CAMPOS, L. M. L.; BORTOLOTO, T. M.; FELÍCIO, A. K. C. A produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem. **Caderno dos núcleos de Ensino**, v. 47, n. 1, p. 47-60, 2003.

CAMPOS, S. C.; SILVA, C. G.; CAMPANA, P. R. V.; ALMEIDA, V. Toxicidade de espécies vegetais. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 18, n. 1, p. 373-382, 2016.

CARVALHO, A. M. P. O Ensino de Ciências e a Proposição de Sequências de Ensino Investigativas. In CARVALHO, A. M. P. (orgs.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**, São Paulo: Cengage Learning, p. 1-20, 2013.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.

CARVALHO, L. E. F.; OLIVEIRA, E. N. A.; BIZERRA, A. M. C. Ensino por Investigação em uma Perspectiva Integrada: uma abordagem para os projetos integradores. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, v. 2, n. 15, p. e7251, 2018.

CAVASOTTO, M.; VIALI, L. Dificuldades na aprendizagem de cálculo: o que os erros podem informar. **BOLETIM GEPEM**, n. 59, p. 15 – 33, 2011.

CHAICOUSKI, A.; SILVA, J. E.; TRINDADE, J. L. F. DA.; CANTERI, M. H. G. Determinação da quantidade de compostos fenólicos totais presentes em extratos líquido e seco de erva-mate (*Ilex paraguariensis*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 1, p. 33-41, 2014.

COSTA, J. S.; SILVA, F. S. O.; NICOLLI, A. A.; SILVA, A. A. Dos saberes tradicionais aos saberes escolares: como pensar as aulas de química a partir das propriedades medicinais das folhas da amora preta, atribuídas pelo saber popular consagrado. **Revista de Estudios y Experiencias en Educación**, v. 19, n. 41, p. 345-357, 2020.

FONTOURA, H. A.; PEREIRA, E. G. C.; FIGUEIRA, S. T. Formação De Professores De Ciências No Brasil E Alfabetização Científica: Desafios E Perspectivas. **Uni-pluriversidad**, v. 20, n. 1, p. 104-126, 2020.

GONÇALVES, R. P. N.; GOI, M. E. J. Uma Revisão de Literatura sobre o Uso da Experimentação Investigativa no Ensino de Química. **Revista Comunicações**, v. 25, n. 3, p. 119-140, 2018.

JESUS, E. A. de; GUERRA, A.; LUNETTA, R. de; PEREIRA, A. R. G. A Interdisciplinaridade como estratégia para o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa. **International Contemporary Management Review**, v. 5, n. 2, p. 1-12, 2024.

LARCHER W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa; 2000. 531p.

LEMES, M. A.; SOUSA, R. S. Jogos na educação química a partir da classificação de Roger Caillois. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 96-117, 2021.

MAFFI, C.; PREDIGER, T. L.; ROCHA FILHO, J. B.; RAMOS, M. G. A Contextualização na Aprendizagem: percepções de docentes de ciências e matemática. **Revista Conhecimento Online**, v. 2, p. 75-92, 2019.

MATOS, F. J. A. **Introdução a Fitoquímica Experimental**. Fortaleza: Edições UFC, 2009.

MENEZES, S. L. M. **Plantas e metabólitos secundários**: uma proposta para o ensino de química orgânica. 2020. Dissertação (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2020.

MIRANDA, A. **Os jogos no processo educativo em uma escola do campo**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Pedagogia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022.

MÓL, G. de S. Pesquisa qualitativa em ensino de química. **Revista Pesquisa Qualitativa**, v. 5, n. 9, p. 495-516, 2017.

MORENO, G. S.; SILVA, G. Conhecimentos tradicionais em torno das plantas medicinais e currículo do ensino de ciências. **Revista Brasileira de Educação do Campo**, v. 2, n. 1, p. 144-162, 2017.

OLIVEIRA, G. L. S. Determinação da capacidade antioxidante de produtos naturais in vitro pelo método do DPPH•: estudo de revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 1, p. 36-44, 2015.

OLIVEIRA, J. R. S. de. A Perspectiva Sócio-histórica de Vygotsky e suas Relações com a Prática da Experimentação no Ensino de Química. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 25-45, 2010.

OLIVEIRA, M. C. C.; BARBOSA, R.C. F.; FLORES, D. C. Atividade antioxidante de frutas cítricas: adaptação do Método do DPPH para experimentação em sala de aula. **Química Nova na Escola**, v. 43, n. 4, p. 401-405, 2020.

OLIVEIRA, V. B.; FREITAS, M. S. M.; MATHIAS, L.; BRAZ FILHO, R.; VIEIRA, I. J. C. Atividade biológica e alcalóides indólicos do gênero *Aspidosperma* (Apocynaceae): uma revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 1, p. 92-99, 2009.

PEDASTE, M.; MÄEOTS, M.; SIIMAN, L. A.; JONG, T.; RIESEN, S. A. N. V.; KAMP, E. T.; MANOLI, C. C.; ZACHARIA, Z. C.; TSOURLIDAKI, E. Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, v. 14, p. 47-61, 2015.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 4, p. 146-152, 2012.

PIRES, J.; TORRES, P. B.; SANTOS, D. Y. A. C.; CHOW, F. Ensaio em microplaca do potencial antioxidante através do método de sequestro do radical livre DPPH para extratos de algas. **Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo**, v. 12, p. 1-6, 2017.

RAMADAN, M. F.; MOERSEL, J. T. Triagem da ação antirradicalar dos óleos vegetais. **Revista de Composição e Análise de Alimentos**, v. 8, p. 838-842, 2006.

RUFINO, M. D. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S. DE.; MORAIS, S. M. DE.; SÂMPAIO, C. G.; CALIXTO, F. D. S. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. 2007. **Comunicado Técnico Online**. Fortaleza, jun. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/426953/1/Cot127.pdf>. Acesso em: 3 maio. 2024.

SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H.; SILVA, M. B. O ensino por investigação e a argumentação em aulas de ciências naturais. **Tópicos Educacionais**, v. 23, n. 1, p. 7-27, 2017.

SOARES, N.; SANTOS, P.; VIEIRA, V.; PIMENTA, V.; ARAÚJO, E. Técnicas de Prospecção Fitoquímica e sua Importância para o Estudo de Biomoléculas Derivadas de Plantas. **Enciclopedia Biosfera**, v. 13, n. 24, p. 991-1010, 2016.

SOLINO, A. P.; SASSERON, L. H. Investigando a Significação de Problemas em Sequências de Ensino Investigativa. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 2, p. 104–129, 2018.

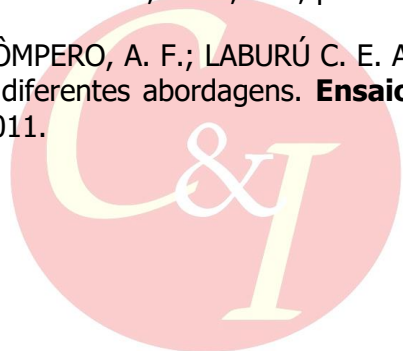
SUART, R. de C.; MARCONDES, M. E. R. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 8, n. 2, 2011.

VIEIRA, M. A. S.; AGUIAR, C. F. S.; CARDOSO, F.; BRITO, C. S.; SILVA, F. M. S.; CARVALHO, R. B. F. Explorando a química com jogos didáticos no 3º ano do ensino médio: uma abordagem prática para o ensino de funções orgânicas. **Revista Ciências & Ideias**, v. 15, p. e24152391, 2024.

VOLKWEISS, A.; LIMA, V. M.; FERRARO, J. L. S.; RAMOS, M. G. Protagonismo e participação do estudante: desafios e possibilidades. **Educação Por Escrito**, v. 10, n. 1, p. e29112, 2019.

ZANETONI, V. A. L.; LEÃO, M. F. Análise da produção científica nacional sobre sequências didáticas investigativas utilizadas para ensinar Química (2016-2021). **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 13, n. 1, p. 1–25, 2022.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.



Revista
Ciências & Ideias