

Mel de abelhas sem ferrão: abordagem teórico-experimental contextualizada na educação superior de química

Stingless Bee Honey: A Contextualized Theoretical-Experimental Approach in Chemistry Higher Education

Bruna Marine Damm¹, Lara Fábila Ferreira Gerhard¹, Larissa Raasch Freitas¹, Mariana Kélita da Silva Alves¹, Sidnei de Barros Gomes Junior¹, Priscilla Paiva Luz¹, Rafael de Queiroz Ferreira¹ y Paulo Rogerio Garcez de Moura¹

Resumo

A experimentação contextualizada e problematizada pode fomentar a participação de estudantes do ensino superior em química, além de aprimorar suas habilidades para diversos temas científicos. Este trabalho teve como objetivo desenvolver e aplicar uma atividade experimental problematizada (AEP) baseada na determinação da composição inorgânica majoritária de amostras de mel de abelhas sem ferrão (ASF). Para isso, os estudantes realizaram dois experimentos: teste de chamas e espectrometria de fluorescência de raios X (XRF). A estratégia didática permitiu mobilizar conhecimentos de química inorgânica no contexto dos méis de ASF de forma colaborativa e experimental. Por meio dos indicadores de desenvolvimento de capacidades (IDC), verificou-se que os estudantes mobilizaram habilidades analíticas (RM: 5,8–6,1), práticas (RM: 5,2–6,0) e criativas (RM: 5,1–6,1), evidenciando progresso positivo durante a AEP. Os resultados indicam que a AEP contextualizada contribui para a formação inicial de licenciandos em química, promovendo aprendizagem significativa, desenvolvimento de competências experimentais e integração entre teoria e prática.

Palavras-chave : química inorgânica, atividade experimental problematizada, abelhas sem ferrão, ensino superior, desenvolvimento de habilidades.

Abstract

Contextualized and problematized experimentation can foster the participation of higher education chemistry students while enhancing their skills across various scientific topics. This study aimed to develop and apply a problematized experimental activity (PEA) based on the determination of the major inorganic composition of stingless bee (*Meliponini*) honey samples. For this purpose, students conducted two experiments: flame tests and X-ray fluorescence (XRF) spectrometry. The teaching strategy enabled the mobilization of inorganic chemistry knowledge in the context of stingless bee honey in a collaborative and experimental manner. Through the use of capacity development indicators (CDIs), it was observed that students mobilized analytical skills (RM: 5.8–6.1), practical skills (RM: 5.2–6.0), and creative skills (RM: 5.1–6.1), showing positive progress throughout the PEA. The results indicate that contextualized PEA contributes to the initial training of chemistry undergraduates, promoting meaningful learning, the development of experimental competencies, and integration between theory and practice.

Keywords : inorganic chemistry, problematized experimental activity, stingless bees, higher education, skills development.

CÓMO CITAR:

Damm, B. M., Gerhard, L. F. F., Freitas, L. R., Alves, M. K. da S., Gomes, S. de B., Luz, P. P., & Queiroz, R. de. (2025, octubre-diciembre). Mel de abelhas sem ferrão: abordagem teórico-experimental contextualizada na educação superior de química inorgânica. *Educación Química*, 36(4). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2025.4.89118>

¹ Departamento de Química, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória- Espírito Santo, Brasil.

Introdução

As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para os cursos de Química trazem orientações acerca do processo de formação do futuro professor. Além disso, as competências profissionais indicadas na Base Nacional Comum (BNC) da formação continuada compreendem três dimensões que complementam, reforçam e integram a ação docente, sendo elas: o conhecimento; a prática; e o engajamento. Sendo assim, as DCNs-Química e a BNC-formação tratam das competências e habilidades necessárias para que o licenciando atue no âmbito profissional, como, por exemplo, a capacidade de avaliar criticamente as situações e, com base nos conhecimentos aprendidos, buscar de forma coletiva, ética e criativa, soluções para os mais diversos problemas apresentados na sociedade (Brasil, 2001, 2019).

Consequentemente, para que a atuação do professor esteja alinhada a estas dimensões, é necessário potencializar as atividades de ensino desenvolvidas na graduação, a fim de proporcionar experiências e reflexões durante a formação deste futuro profissional. Deste modo, estratégias que mobilizam temáticas ligadas ao contexto do estudante, que são problematizadas e experimentais, são determinantes durante o processo educativo (Brasil, 2019; Damm et al., 2023; Félix et al., 2025; Rodrigues et al., 2023).

Segundo Sternberg (2003), o conhecimento do indivíduo compreende três aspectos: a capacidade analítica, prática e criativa. As três capacidades, juntas, são essenciais para a formação do estudante e precisam ser trabalhadas de forma integral e equilibrada. Neste sentido, para que haja o desenvolvimento da capacidade analítica, as atividades precisam ser alinhadas a uma situação reconhecida pelo estudante. Na promoção da capacidade prática, o estudante aplica, usa ou transforma os princípios aprendidos em situações práticas conectadas com a solução de problemas do seu cotidiano. Por fim, o desenvolvimento da capacidade criativa acontece quando objetivos de aprendizagem fomentam o espírito científico do estudante (Sternberg & Grigorenko, 2003).

Partindo dessas aproximações, a atividade experimental problematizada (AEP) é uma estratégia didática que apresenta características fundamentais capazes de fomentar o espírito científico do estudante. Isso porque a AEP ocorre por meio de um problema, cuja solução será buscada por intermédio da experimentação e dos conhecimentos teóricos. Assim, a AEP direciona o estudante a investigar e interpretar informações científicas; propor soluções aos problemas; conectar os conhecimentos com algo próximo do seu cotidiano; e mobilizar sua curiosidade para surgirem novos questionamentos (Silva & Moura, 2017; Rodrigues et al., 2023). Para isso, a AEP deve ser bem planejada e alinhada ao contexto do estudante, a fim de fomentar concepções prévias.

Considerando o exposto, uma das temáticas em ascensão no estado do Espírito Santo (ES), Brasil, é o mel de abelhas sem ferrão (ASF), devido ao crescente interesse por alternativas naturais e sustentáveis, além do potencial econômico e de conservação dessas espécies (IDAF, 2019). Este contexto é amplo e possibilita a aplicação de diversos princípios da Química, enfatizando questões científicas, sociais, econômicas e ambientais (Bergamaschi & Alencar, 2020; Damm et al., 2025; Dias et al., 2025). As ASF pertencem à família *Hymenoptera* e à subfamília *Apidae: Meliponinae*, e possuem cerca de 600 espécies distribuídas pelas regiões tropicais e subtropicais do mundo (Souza et al., 2021). No ES, há ocorrência de 39 espécies nativas de ASF, com destaque para a endêmica *Melipona capixaba*.

A composição química, sabor e aroma do mel estão fortemente associados à sua origem botânica e geográfica. O mel é um dos alimentos mais complexos, sendo composto por açúcares (frutose e glicose) e outros constituintes, como enzimas, vitaminas, aminoácidos e minerais. A composição inorgânica do mel é importante tanto para fins nutricionais, por se tratar de um alimento funcional, quanto para fins de classificação, caracterização e monitoramento ambiental (Damm et al., 2025).

Os minerais presentes no mel dependem da absorção da planta, do tipo de solo, do clima e da composição do néctar e do pólen. A forma como o produto é manipulado e armazenado também influencia nos compostos presentes. Os macronutrientes mais abundantes no mel são K, Ca e Mg, podendo também ser encontrados micronutrientes em concentrações inferiores, como Cu, Fe e Zn (Biluca et al., 2017).

A aplicação deste contexto no ensino de Química pode mobilizar conceitos essenciais para a formação docente, principalmente no que diz respeito à composição química inorgânica presente no mel. Geralmente, os estudantes apresentam dificuldades na aprendizagem ligadas aos aspectos microscópicos da matéria (Vesga et al., 2022; Messeder, Santos & Castro, 2018).

Experimentos clássicos, como o teste de chama, permitem estudar as propriedades da estrutura atômica dos elementos químicos e podem ser aplicados em diversas amostras, como é o caso do mel. Por outro lado, experimentos avançados para a determinação da composição elementar de amostras, como a espectrometria de fluorescência de raios X (*X-ray fluorescence*, XRF), são relevantes para a formação dos graduandos, pois contemplam a abordagem de conceitos químicos em desenvolvimento e associados aos avanços tecnológicos relacionados às demandas da sociedade (Vesga et al., 2022).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver e aplicar uma AEP contextualizada a partir da investigação da composição inorgânica majoritária de amostras de mel de ASF. Welsing et al. (2024), por exemplo, incluíram o contexto relacionado à biomassa lignocelulósica de resíduos da pimenta-do-reino em uma aplicação de AEP. Os alunos do curso de Química realizaram a pirólise de resíduos de culturas de *Piper nigrum* L. para produzir um biocombustível (Welsing et al., 2024). Félix et al. (2025) desenvolveram uma sequência didática voltada à inserção da experimentação e contextualização no ensino de Química, utilizando kits previamente elaborados com o uso da palma forrageira (Félix et al., 2025).

Metodologia

Contexto e escopo educacional

O presente estudo é de natureza aplicada, sendo conduzido de maneira qualitativa. O enfoque qualitativo é guiado por áreas ou temas (contextos) relevantes para a aplicação (Sampieri, Collado & Lucio, 2013). Deste modo, trata-se de uma aplicação educacional que ocorreu durante o semestre letivo de 2024/1 com os estudantes do sétimo período do curso de licenciatura em Química da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). As atividades aconteceram ao longo das aulas da disciplina de Pesquisa e Prática Pedagógica (PPP), com ênfase em Química Inorgânica, e tiveram a duração de 16 horas. A disciplina de PPP é obrigatória para o curso, possui carga horária total de 105 horas, cujo objetivo é o desenvolvimento de experimentos visando a aprendizagem dos conceitos por meio de atividades práticas.

Aplicação educacional

A aplicação didática foi conduzida nos moldes da AEP (Silva et al., 2017) (Figura 1), na qual as aulas e os momentos (M1 a M5) foram planejados para o desenvolvimento de habilidades analíticas, criativas e práticas.

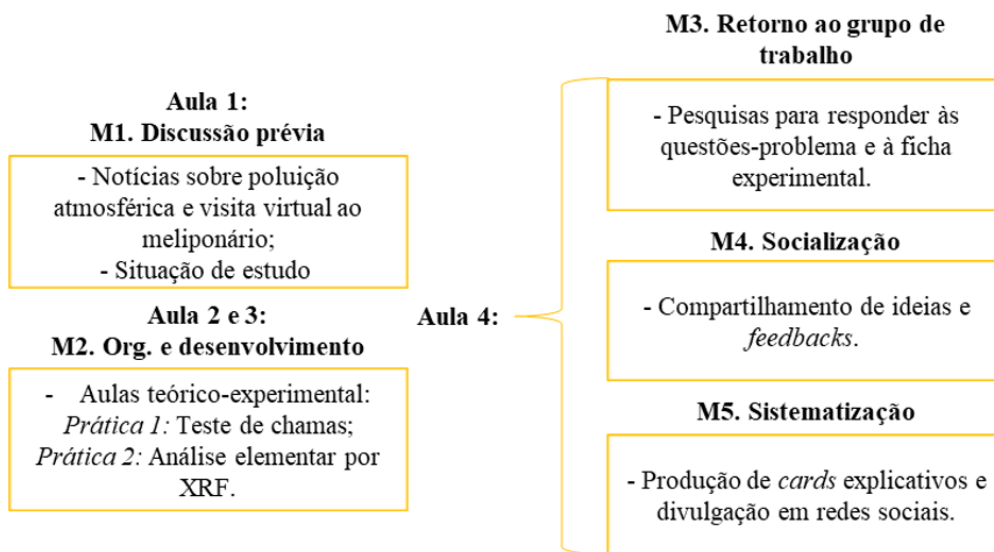


FIGURA 1. Esquema didático-metodológico das aulas e dos momentos (M1 a M5) da AEP.

No M1 da AEP, houve a contextualização do assunto por meio de notícias sobre materiais particulados (MP) advindos da poluição atmosférica (G1 ES. TV Gazeta, 2023) e de um artigo científico que tratava sobre marcadores industriais e veiculares para estudos de distribuição de fontes de poluição (Galvão et al., 2020). Em seguida, realizou-se uma visita virtual a um meliponário situado numa região urbana/industrializada, sendo explicado aos estudantes que a poluição atmosférica pode ser uma ameaça às abelhas nativas e ao mel produzido por elas (Vale, 2025). Na sequência, apresentou-se, por meio de fotos/cartazes, as principais diferenças entre as espécies de abelhas nativas e as abelhas com ferrão, bem como amostras nativas de méis.

A seguinte situação de estudo com o problema proposto norteou a dinâmica da AEP: “Um meliponicultor está precisando de ajuda para determinar as características inorgânicas do mel. [...] Ele se interessou pela composição mineral no mel por estar atrelada à qualidade do produto. [...] Como podemos investigar a composição mineral presente no mel a fim de vislumbrar a qualidade do alimento?”

Numa AEP, a situação de estudo/investigação demarca um problema de natureza teórica, preferencialmente contextualizado, cuja solução acontece por meio da experimentação (Silva et al., 2017). Sendo assim, a proposta desenvolvida neste trabalho se coaduna com uma situação de estudo ao estabelecer o contexto relacionado ao mel e ao propor um problema, no qual os objetivos de investigação podem ser explorados de forma aprofundada e experimental.

A partir da situação de estudo, os quatro alunos se dividiram em dois grupos (grupo A e grupo B) e registraram os fatos, as hipóteses e as questões complementares elaboradas a partir da temática tratada. No M2 da AEP, eles realizaram dois experimentos (teste de chamas e XRF) para investigação e determinação dos elementos químicos majoritários das amostras de méis.

Amostras de mel das ASF

Foram avaliadas quatro amostras de méis das ASF adquiridas de áreas urbana e rural do ES, como representado no Quadro 1.

Amostras	Código	Espécie	Origem
Mel de Jataí	MJ	<i>Tetragonisca angustula</i>	Rural – Laranja da terra
Mel de Mandaçaia	MM	<i>Melipona quadrifasciata</i>	Rural – Laranja da terra
Mel de Uruçu Amarela	MUAr	<i>Melipona mondury</i>	Rural – Laranja da terra
Mel de Uruçu Amarela	MUAb	<i>Melipona mondury</i>	Urbano – Vitória

QUADRO 1. Registro dos códigos e origem das amostras de méis de ASF.

Prática 1: Teste de chamas

O teste de chamas foi empregado para investigar os elementos químicos majoritários presentes nas amostras de méis. Para isso, inicialmente, os estudantes limpavam o cabo Kolle com alça de platina, mergulhando-o em HCl 6 mol L⁻¹ e levando-o à chama até que não houvesse cor residual. Em seguida, mergulharam a ponta da alça de platina em uma pequena quantidade de amostra de mel, que posteriormente foi levada à chama do bico de Bunsen (Messeder et al., 2018).

Prática 2: Análise elementar por XRF

Após os ensaios qualitativos com o teste de chama, foi empregada a técnica de XRF para obtenção de um perfil geral da composição elementar das amostras de méis de ASF. As análises elementares foram realizadas em um espectrômetro de XRF, modelo EDX-7000 (Japão), equipado com um tubo de raios X de ródio (Rh) metálico. As amostras foram depositadas em porta-amostras de polietileno (5 mm), específicos para análises por XRF, cuja base é montada com um filme de politerftalato®. As condições gerais de irradiação contemplaram a colimação do feixe incidente de 5 mm de diâmetro do porta-amostras utilizado. Os canais de energia aplicados contemplaram uma varredura elementar do alumínio ao urânio (Al-U, 50 kV) e a aplicação de filtro primário de varredura do sódio ao escândio (Na-Sc, 15 kV) para melhorar a sensibilidade de detecção.

Após os experimentos, os estudantes responderam a uma ficha contendo perguntas para auxiliá-los na discussão dos resultados, caracterizando assim o M3 da AEP. Para isso, complementaram seus estudos com pesquisas em artigos para responder às questões complementares e resolver o problema proposto. No M4, houve o compartilhamento de ideias entre os grupos, professores e pesquisadores, com troca de *feedbacks* entre todos. No M5, os estudantes produziram *cards* para divulgação dos resultados alcançados com os experimentos.

Desenvolvimento das habilidades cognitivas e coleta de dados

A verificação de indícios de aprendizagem dos estudantes foi acompanhada durante o desenvolvimento da AEP por meio de ficha de registro de fatos e hipóteses, fichas avaliativas e um questionário autoavaliativo. Na ficha de registro, os grupos apontaram fatos, hipóteses e questões complementares ao problema proposto apresentado no M1. De forma complementar, as fichas avaliativas continham perguntas relacionadas aos experimentos realizados no M2. Com base nessas perguntas, os grupos precisaram comparar os resultados

obtidos; discutir sobre a complementariedade de ambos os experimentos para auxiliar na investigação da composição elementar dos méis; avaliar semelhanças e diferenças na apresentação dos dados, com base em trabalhos científicos presentes na literatura; explicar os benefícios dos minerais presentes nas amostras de méis para o indivíduo que consome o produto; retomar o problema e propor uma solução.

Em paralelo, o questionário autoavaliativo foi aplicado em todos os momentos da AEP. Para isso, indicadores foram elencados para o desenvolvimento de capacidades analíticas, prática e criativa (Quadro 2) (Silva et al., 2024; Sternberg & Grigorenko, 2003).

Capacidades	Indicadores
Prática	<p>Pesquisei informações complementares aos temas.</p> <p>Usei o ambiente de prática como estratégia material de enfrentamento ao problema.</p> <p>Estabeleci prioridades para compreender o contexto e o impacto do experimento.</p> <p>Apliquei aprendizagens e desdobramentos a outras situações.</p>
Analítica	<p>Identifiquei o problema.</p> <p>Sistematizei informações prévias e subsequentes ao experimento.</p> <p>Formulei estratégias para o desenvolvimento das etapas do experimento.</p> <p>Avaliei as soluções e comparei os resultados obtidos com os previstos.</p> <p>Redefini procedimentos ao interpretar os resultados do experimento.</p>
Criativa	<p>Gerei ideias para propor um experimento novo ou caminhos para um experimento em andamento.</p> <p>Argumentei sobre justificativas dadas aos procedimentos e resultados.</p> <p>Desenvolvi diferentes abordagens ao conhecimento, capaz de considerar uma explicação alternativa a fenômenos científicos já aceitos.</p>

QUADRO 2. Indicadores para o desenvolvimento de capacidades analítica, criativa e prática (Silva et al., 2024; Sternberg & Grigorenko, 2003).

Para cada indicador, cada estudante se autoavaliou seguindo a escala de concordância de Likert, que variou de 0 a 7 pontos (Likert, 1932). O valor do ranking médio (RM) foi considerado para a discussão dos resultados. Assim, quando o $RM > 4$ indica concordância; quando $RM = 4$, indica indiferença; e quando $RM < 4$ indica discordância para determinada afirmativa.

Resultados e discussão

Conhecimentos prévios

Os estudantes tiveram que recorrer aos seus conhecimentos prévios para que propusessem fatos e hipóteses acerca do problema proposto. O Quadro 3 ilustra os registros dos estudantes.

QUADRO 3. Registro dos fatos, hipóteses e questões complementares elencadas pelos estudantes a partir da apresentação da situação de estudo.

Fatos	Hipóteses	Questões complementares
<p>- A composição do mel está atrelada à qualidade do produto; - As abelhas podem transitar em ambientes poluídos;</p> <p>- Um meliponicultor que quer saber as características inorgânicas do mel de ASF.</p>	<p>- Quais espécies, o meliponicultor trabalha?</p> <p>- Qualidade do mel?</p> <p>- Quais compostos inorgânicos estão presentes no mel?</p> <p>- Precisamos saber onde está localizada a colmeia;</p> <p>- Se ele busca um mineral específico que está ligado à qualidade do produto ou a composição geral.</p>	<p>- Analisar o ambiente no qual a abelha está inserida (um ambiente poluído poderia contaminar o produto final;</p> <p>- Entender sobre a análise de metais por XRF;</p> <p>- Precisamos descobrir os elementos químicos;</p> <p>- Quais técnicas/métodos?</p> <p>- Utilizar fluorescência ou ICP OES ou MS?</p>

O Quadro 3 apresenta as principais questões complementares formuladas pelos estudantes após a apresentação da situação de estudo. Nota-se que os estudantes sugeriram a XRF como técnica de detecção elementar nas amostras de méis. Todavia, não mencionaram métodos alternativos e tradicionais, como o teste de chamas ou outros experimentos, como a volumetria, por exemplo.

Os estudantes também destacaram que a composição química pode estar atrelada à qualidade do produto; contudo, não especificaram quais seriam os possíveis elementos químicos responsáveis por esta funcionalidade. Além disso, apontaram a necessidade de averiguar a origem geográfica do produto comercializado pelo meliponicultor e a espécie de abelha que produziu o mel, permitindo estabelecer relações entre a composição química e as características únicas que atribuem qualidade ao alimento.

Prática 1: teste de chamas

A partir do levantamento dos fatos e hipóteses, os alunos iniciaram a investigação dos minerais presentes no mel, utilizando o ensaio de chamas. Nenhum dos grupos sugeriu o teste de chamas para essa finalidade. Contudo, foi explicado aos estudantes que, sendo um ensaio qualitativo, ele pode ser empregado como teste inicial para detectar a presença de minerais nas amostras, caso não se tenha acesso a instrumentos mais sensíveis. Por outro lado, é um experimento muito usado pelos professores para abordar conceitos, pois o teste de chamas é visual, simples e aplicável em diversos contextos e amostras (Messeder et al., 2018).

O mel é composto principalmente de açúcares e água, com vestígios de minerais (Biluca et al., 2017). O teste de chamas pode ser aplicado em diferentes amostras para detectar a presença de minerais majoritários. A presença de diferentes minerais no mel pode produzir uma variedade de cores. A Figura 2 ilustra as possíveis cores observadas a partir da emissão característica dos íons metálicos Na^+ , K^+ , Ca_2^+ e Li^+ .

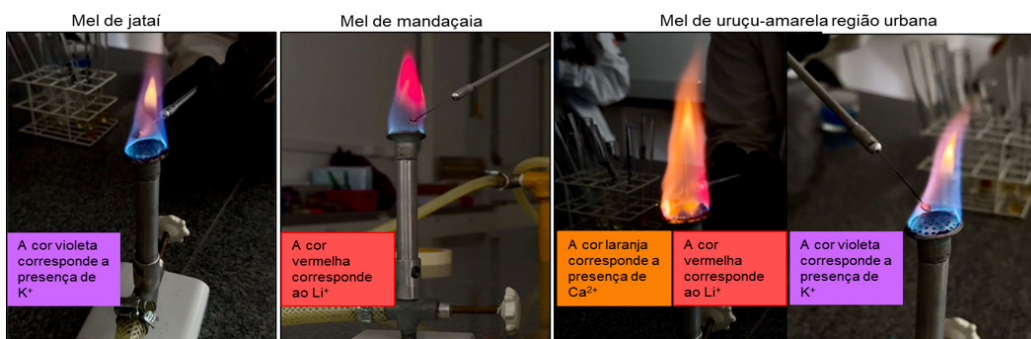
A presença de determinado elemento na amostra pode ser visualizada a partir da cor característica da radiação emitida pelo átomo, a um certo comprimento de onda. O ensaio de chama baseia-se nos princípios do modelo de Bohr, em que o processo de emissão da radiação eletromagnética visível envolve a transição dos elétrons de valência entre diferentes níveis energéticos (Skoog et al., 2006).

FIGURA 2. Cores observadas dos íons metálicos a partir do teste de chamas.

Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Li ⁺
Amarelo	Violeta	Laranja	Vermelho

Portanto, o teste de chamas pode fornecer indícios da presença dos minerais majoritários no mel. Os méis de jataí e urucu, quando em contato com a chama, emitiram coloração lilás e vermelha, respectivamente. A Figura 3 ilustra que o mel de urucu-amarela apresentou coloração laranja, vermelha e lilás, enquanto o mel de mandaçaia apresentou uma única coloração, a vermelha. Essas cores podem indicar a presença de Li⁺ (vermelho), Ca²⁺ (laranja) e K⁺ (lilás).

FIGURA 3. Cores observadas pelas amostras de méis de ASF quando submetidas ao teste de chamas.



As amostras de méis de ASF são ricas em minerais de K e Ca, podendo ser potencialmente benéficas para a nutrição humana (Biluca et al., 2017). No entanto, como o mel possui composição química complexa, não se permite uma análise tão detalhada. Para uma análise elementar mais aprofundada, foi empregada a XRF.

Experimento 2: Análise elementar por XRF

A partir da XRF, foi possível observar que todas as amostras apresentavam Cu e K como elementos em maiores proporções. O K pôde ser verificado em todas as amostras pelo teste de chamas, e o Ca também foi encontrado em uma das amostras. Sodré et al. (2007), Golob et al. (2007) e Stihl et al. (2016) também reportaram resultados similares para outros tipos de mel (Golob et al., 2005; Sodré et al., 2007; Stihl et al., 2016).

Os grupos concluíram que, apesar de gerar chama vermelha no teste de chamas, não foi encontrada a presença de Li em nenhuma amostra. Como hipótese, isso se deve a limitações técnicas do equipamento utilizado na fluorescência, que analisa dois canais de energia, deixando elementos de menor número atômico que o Na, como o Li, fora do alcance.

A Tabela 1 apresenta a abundância relativa da distribuição elementar presente nas amostras, compatível com resultados encontrados na literatura.

TABELA 1. Abundância relativa (%) da distribuição elementar em diferentes amostras de méis. *Al (18,20%); Ti (12,23%); P (1,64%); S (0,89%); Br (0,39%); Zr (0,28%); **S (3,51%).

Amostras	Cu	K	Fe	Ca	Si	Outros
MJ	6,20%	93,80%				
MM	19,75%	80,25%				
MUAr	0,37%	15,37%	13,93%		36,70%	33,63%*
MUAb	6,51%	61,14%		28,84%		3,51%**

Observa-se que os elementos em maiores proporções nas amostras MJ e MM são K e Cu. A amostra MUAr se destaca, principalmente devido ao Si (36,70%), seguido do Al (18,20%) e K (15,37%). Esta amostra foi produzida pela abelha urucu-amarela em região rural do ES. Além desses metais, alguns metais de transição, como Fe, Ti, Cu e Zr, também foram encontrados em menores quantidades. Ao final dos experimentos, os alunos apresentaram suas proposições acerca da solução do problema anunciado:

“Considerando que o mel seja rico em potássio e em outros nutrientes, [...] os consumidores procuram consumir um alimento saudável, que lhes traria benefícios.” – Grupo A.

“[...] Saber a composição inorgânica do seu mel é importante visto que [...], pode afetar a qualidade, o valor nutricional e as propriedades terapêuticas do mel. Compreender a composição inorgânica do mel também pode ajudar o meliponicultor a melhorar as práticas de manejo das colmeias.” – Grupo B

Portanto, tanto o teste de chama quanto a XRF podem ser úteis durante as aulas experimentais para identificar ou determinar o conteúdo mineral majoritário em diferentes amostras. Ambos experimentos permitem discussões sobre as diferenças entre eles e a comparação dos constituintes químicos presentes nas amostras (Messeder et al., 2018). Antes de realizar os experimentos, os conteúdos químicos e a composição química do mel foram explicados aos estudantes. Adicionalmente, esta AEP permitiu a mobilização dos seguintes objetos do conhecimento: estrutura atômica da matéria; transição eletrônica; radiações eletromagnéticas (visível e raios X); propriedades dos elementos químicos representativos e de transição presentes nas amostras de méis de ASF.

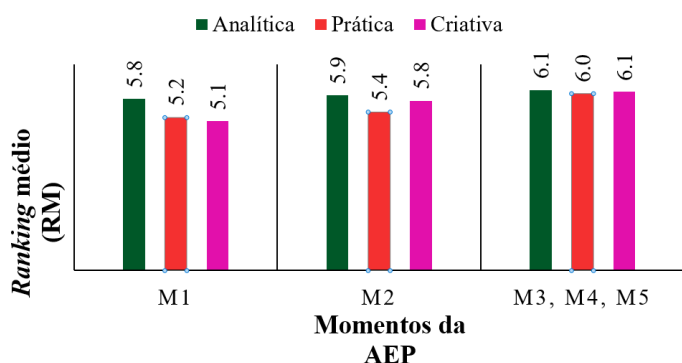
Cabe mencionar a relevância destes experimentos para o aprimoramento de habilidades específicas do estudante, direcionando-o para experiências laboratoriais comuns, como aquisição e produção de dados e tratamento por meio de planilhas e cálculos. Essas habilidades são úteis e indispensáveis no currículo, do ponto de vista prático e pedagógico, pois o licenciando adquire experiências que podem ser utilizadas no futuro tanto para atuar como profissional da química quanto para conduzir aulas e projetos de pesquisa (Brasil, 2001, 2019).

Habilidades criativa, prática e analítica

A Figura 4 ilustra os resultados do RM referentes aos indicadores para o desenvolvimento de capacidades (IDCs) (Sternberg & Grigorenko, 2003). De maneira geral, os estudantes mobilizaram habilidades analíticas, atribuindo RM de 6,0 em 7,0; habilidades práticas, RM de 5,5 em 7,0; e habilidades criativas, RM de 5,6 em 7,0.

De maneira geral, os valores médios de RM variaram de 5,1 a 6,1, denotando o grau de concordância dos estudantes acerca dos indicadores referenciados. Os valores tiveram acréscimo positivo a cada aula e momento da AEP: a capacidade analítica variou de 5,8 a 6,1 (+0,3); a capacidade prática de 5,2 a 6,0 (+0,8); e a capacidade criativa de 5,1 a 6,1 (+1,0).

FIGURA 4. Valores médios de RM referentes aos indicadores de desenvolvimento das capacidades analítica, prática e criativa verificados durante a aplicação da AEP.



Embora a autoavaliação do aluno não seja mencionada explicitamente como componente central na teoria da inteligência plena, os indicadores de habilidades criativa, prática e analítica permitem ao estudante reflexões sobre o autoconhecimento e seus processos de aprendizagem (Sternberg & Grigorenko, 2003). Assim, a autoavaliação foi incluída pelo instrutor como proposta avaliativa para que o aluno reconheça suas próprias habilidades e áreas de melhoria.

Os menores valores de RM foram obtidos no M1, sendo que os estudantes tiveram maiores dificuldades nos indicadores P1 (usar o ambiente de prática como estratégia material de enfrentamento ao problema) e C3 (argumentar sobre justificativas dadas aos procedimentos e resultados). No M1, houve discussão prévia do assunto para contextualizar e problematizar o tema, visto que os estudantes ainda não haviam participado das aulas experimentais.

Portanto, destacam-se as potencialidades da AEP em fomentar habilidades no estudante, pois, à medida que desenvolveram as atividades, aumentaram o grau de concordância em relação aos indicadores P1 e C3 e aos demais. A dinâmica da AEP, com a apresentação do problema, despertou a curiosidade e o interesse do aluno, levando-os a buscar soluções de forma autônoma, criativa e crítica. Durante a AEP, surgiram hipóteses, e os estudantes registraram informações, discutiram dados e resultados, articularam ideias e avaliaram as etapas do experimento (Silva & Moura, 2018).

Considerações finais

O presente trabalho teve o objetivo de desenvolver e aplicar uma AEP contextualizada com base na determinação da composição majoritária de amostras de mel de ASF. Considera-se que a aplicação didática contribuiu para a formação inicial dos alunos a partir do desenvolvimento de habilidades e da aquisição de conceitos químicos de inorgânica conectados ao contexto, neste caso, o mel de ASF.

O teste de chamas é um experimento visual, simples, que pôde ser realizado pelos estudantes para detectar, de forma preliminar, a presença majoritária de determinados minerais nas amostras de méis. Para fins de comparação, a aplicação da XRF permitiu a determinação da abundância relativa (%) da distribuição elementar nas amostras.

Neste sentido, os resultados obtidos com as amostras pelo teste de chamas permitiram verificar minerais que podem ser benéficos para a saúde humana, como cálcio e potássio, confirmados posteriormente pela XRF. De maneira geral, por meio dos indicadores para o desenvolvimento de capacidades, foi possível averiguar que os estudantes mobilizaram habilidades analíticas, práticas e criativas, contribuindo assim para sua formação inicial como licenciandos.

Referências

Bergamaschi, C. L., & Alencar, I. de C. C. de. (2020). Projeto Meliponídeos: Ações para divulgação científica e conservação das abelhas sem ferrão. *Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco*, 9(2), 28–39.

- Biluca, F. C., de Gois, J. S., Schulz, M., Braghini, F., Gonzaga, L. V., Maltez, H. F., Rodrigues, E., Vitali, L., Mücke, G. A., Borges, D. L. G., Costa, A. C. O., & Fett, R. (2017). Phenolic compounds, antioxidant capacity and bioaccessibility of minerals of stingless bee honey (Meliponinae). *Journal of Food Composition and Analysis*, 63, 89–97. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.07.039>
- Brasil. (2001). Ministério da Educação. *Diretrizes Curriculares Nacionais para o curso de Química*.
- Brasil. (2019). Ministério da Educação. *Resolução CNE/CP nº 2, de 20 de dezembro de 2019: Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação)*.
- Damm, B. M., Aquino Rodrigues, J. G., do Rosário Nascimento, C., de Barros Gomes Júnior, S., de Souza Cerqueira, D., de Queiroz Ferreira, R., & Garcez de Moura, P. R. (2025). Development of an electroanalytical method for the simultaneous determination of trace elements in stingless bee honey samples using a boron-doped diamond electrode. *Food Analytical Methods*. <https://doi.org/10.1007/s12161-025-02814-x>
- Damm, B. M., Schaffel, I. de F., Santos, G. F. S. dos, Azevedo, L. E. S., Ferreira, R. de Q., & de Moura, P. R. G. (2023). Antioxidant capacity of *Rhizophora mangle* bark extracts: A contextualized approach in the teaching of analytical chemistry. *Journal of Chemical Education*, 100(11), 4449–4455. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00418>
- de Ávila, S. G., & Matos, J. do R. (2017). Compostos coloridos do ferro: Uma proposta de experimentação utilizando materiais de baixo custo. *Educación Química*, 28(4), 254–261. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2017.04.001>
- Dias, L. R. de O., Damm, B. M., Paqueli, B. F., Araújo, B. Q., Oliveira, G. C., Silva, D. M., de Castro, E. V. R., Ferreira, R. de Q., & Neto, Á. C. (2025). Influence of chemical profile on the antioxidant capacity of Brazilian stingless bee honey. *ACS Omega*, 10(20), 20550–20561. <https://doi.org/10.1021/acs.omega.5c01134>
- Félix, L. C. N., Brito, A. M. S. S., Vitorino, G. B. de L., Silva, Q. R. R. da, Filho, F. F. D., & Gomes, M. J. de F. (2025). Experimentação e contextualização no ensino de química com a temática palma forrageira. *Educación Química*, 36(2), 14–26. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2025.2.88145>
- G1 ES. Tv Gazeta. (2023). Pó preto aumenta em Vitória e índice cresce até 4 vezes dependendo do bairro. <https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2023/03/17/po-preto-aumenta-em-vitoria-e-indice-cresce-ate-4-vezes-dependendo-do-bairro.ghtml>
- Galvão, E. S., D'Azeredo Orlando, M. T., Santos, J. M., & Lima, A. T. (2020). Uncommon chemical species in PM2.5 and PM10 and its potential use as industrial and vehicular markers for source apportionment studies. *Chemosphere*, 240, 124953. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124953>
- Golob, T., Doberšek, U., Kump, P., & Nečemer, M. (2005). Determination of trace and minor elements in Slovenian honey by total reflection X-ray fluorescence spectroscopy. *Food Chemistry*, 91(4), 593–600. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.04.043>

- IDAF. (2019). *Instrução normativa no001, de 17 de abril de 2019*. Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (ES).
- Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 44–53.
- Messeder, J. C., Dos Santos, R. L. de L., & De Castro, D. L. (2018). Variações de ensaios de chamas como propostas experimentais didáticas para o ensino de química. *Educação Química em Ponto de Vista*, 2(1), 144–160. <https://doi.org/10.30705/eqpv.v2i1.1132>
- Rodrigues, L. do N., Santana, Í. L., do Espírito Santo Azevedo, L., Tavares, M. I., de Fátima Fontes Lelis, M., Duarte Ferreira, S. A., & de Moura, P. R. G. (2023). Estratégias metacognitivas de autoformação de licenciandos em química: O estágio supervisionado no contexto remoto pandêmico. *Educación Química*, 34(2), 165–180. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2023.2.81494>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. D. P. B. (2013). *Metodologia de pesquisa* (5a ed., p. 617). <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsomega.5c01134>
- Silva, A. L. S. da, Moura, P. R. G. de, & Del Pino, J. C. (2017). Atividade Experimental Problematizada (AEP) como uma estratégia pedagógica para o ensino de ciências: Aportes teóricos, metodológicos e exemplificação. *Experiências em Ensino de Ciências*, 12(5), 177–195. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/159728>
- Silva, A. L. S. da, Moura, P. R. G. de, & Souza, M. L. de. (2024). Aproximações teóricas entre a Teoria da Inteligência Triárquica de Sternberg e a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel: Uma proposta de avaliação da aprendizagem emergente da Atividade Experimental Problematizada (AEP). *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 15(2), 1–28. <https://doi.org/10.26843/rencima.v15n2a10>
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2006). *Fundamentos de Química Analítica* (8th ed.). Editora Thomson.
- Sodré, G. D. S., Marchini, L. C., Zucchi, O. L. A. D., Nascimento Filho, V. F., Otsuk, I. P., & Moreti, A. C. D. C. C. (2007). Determination of chemical elements in africanized *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) honey samples from the State of Piauí, Brazil. *Química Nova*, 30(4), 920–924. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000400030>
- Souza, E. C. A., Menezes, C., & Flach, A. (2021). Stingless bee honey (Hymenoptera, Apidae, Meliponini): A review of quality control, chemical profile, and biological potential. *Apidologie*, 52(1), 113–132. <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00802-0>
- Sternberg, R. J., & Grigorenko, E. L. (2003). *Inteligência plena: Ensinando e incentivando a aprendizagem e a realização dos alunos*. Artmed.
- Stihi, C., Chelarescu, E. D., Dului, O. G., & Toma, L. G. (2016). Characterization of Romanian honey using physico-chemical parameters and the elemental content determined by analytical techniques. *Romanian Reports in Physics*, 68(1), 362–369.
- Vale. (2025). Tour virtual interativo ao Parque Botânico da Vale ES. https://visiteavale.com.br/?_gl=1*1rwch71*_gcl_au*MTQzMtQzMtUzMS4xNzUxOTc5NDg1

Welsing, G. L., Damm, B. M., Oliveira, L. do E. S. A. de, Feu, A. M. A., Arantes, H. T. L. de, Lima, L. C. de, Silva, A. L. S. da, Souza, M. L. de, Machado, M. A., & de Moura, P. R. G. (2024). Bio-oil from *Piper nigrum* L. crop waste as a potential biofuel and its contribution to chemistry education through problematized experimental activity. *Journal of Chemical Education*, 101(11), 4745–4755. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00449>