

## DA GOIABEIRA AO LABORATÓRIO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA EM QUÍMICA ANALÍTICA

## FROM GUAVA TREE TO LABORATORY: A DIDACTIC SEQUENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

**Luccas Roberto Pereira Mendes<sup>1\*</sup>**Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), Departamento de Ciências Biológicas e Ciências da Saúde, Montes Claros - Brasil. *ORCID*: <https://orcid.org/0009-0004-0049-5258>**Pedro Henrique Fonseca Veloso<sup>2\*</sup>**Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Montes Claros - Brasil. *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0003-2802-1244>**Christian de Almeida Soares<sup>1</sup>**Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), Departamento de Ciências Biológicas e Ciências da Saúde, Montes Claros - Brasil. *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0001-7479-6812>**Ellen Laureany Araujo Olimpo<sup>2</sup>**Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Montes Claros - Brasil. *ORCID*: <https://orcid.org/0009-0008-6738-6485>**Eurislene Moreira Antunes Damasceno<sup>2</sup>**Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Montes Claros - Brasil. *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-6381-7531>**Vanessa de Andrade Royo<sup>1,2</sup>**Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Montes Claros - Brasil. *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-4842-3569>

+ Estes autores contribuíram igualmente para o desenvolvimento do estudo e compartilham a co-primeira autoria.

\* *Autor correspondente*

*e-mail*: [lucasroberto.unimontes@gmail.com](mailto:lucasroberto.unimontes@gmail.com)

Received 01 September 2025; received in revised form 09 January 2026; accepted 26 February 2026

**RESUMO**

**Introdução:** O ensino de química analítica no nível superior enfrenta o desafio de integrar teoria e prática para desenvolver o senso crítico e científico dos alunos. Metodologias que contextualizam o conhecimento, como sequências didáticas com experimentos práticos e replicáveis, são essenciais para preparar estudantes para o mercado de trabalho. **Objetivo:** Relatar uma sequência didática de três ensaios práticos, de baixo custo, para o ensino de química analítica a estudantes de Ciências Biológicas. O estudo visa familiarizar os alunos com as técnicas de cromatografia e espectrofotometria, usando folhas de goiabeira como material-base. **Métodos:** O estudo seguiu uma sequência didática com três atividades. Amostras de folhas de goiabeira foram submetidas à cromatografia clássica em coluna e em camada delgada (CCD) para separar e visualizar pigmentos. A detecção de flavonoides foi realizada com cloreto de alumínio. Em seguida, um extrato metanólico foi preparado e sua capacidade antioxidante determinada por espectrofotometria, usando o teste de DPPH e calculando o valor de EC<sub>50</sub>. **Resultados e Discussão:** A cromatografia em coluna separou eficientemente pigmentos como carotenóides e clorofilas. A CCD confirmou a separação e indicou a possível presença de flavonoides, reforçando o perfil fitoquímico da planta. O teste antioxidante demonstrou um valor de EC<sub>50</sub> de 15,42 µg/mL para o extrato, evidenciando sua atividade biológica. A metodologia de ensino provou ser eficaz para integrar teoria e prática, promovendo o engajamento e a compreensão das técnicas. **Conclusões:** A sequência didática é uma ferramenta valiosa para o ensino de química analítica, pois promove o aprendizado técnico e o pensamento crítico. Os resultados validaram a metodologia como um modelo replicável para a educação em ciências. Futuras pesquisas poderiam aprofundar a identificação dos compostos com equipamentos mais sofisticados

**Palavras-chave:** *Educação, Cromatografia, Espectrofotometria, Antioxidante, Ensino*

## ABSTRACT

**Background:** Teaching analytical chemistry at the university level faces the challenge of integrating theory and practice to develop students' critical and scientific thinking. Methodologies that contextualize knowledge, such as practical, replicable didactic sequences, are essential for preparing students for the job market. **Aim:** To report a low-cost, practical didactic sequence of three experiments for teaching analytical chemistry to Biological Sciences students. The study aims to familiarize students with chromatography and spectrophotometry techniques using guava leaves as the base material. **Methods:** The study followed a three-activity didactic sequence. Guava leaf samples were subjected to classical column and thin-layer chromatography (TLC) to separate and visualize pigments. Flavonoid detection was performed using 5% aluminum chloride in methanol. A methanolic extract was prepared, and its antioxidant capacity was determined by spectrophotometry using the DPPH radical scavenging assay to calculate the EC<sub>50</sub> value. **Results and Discussion:** Column chromatography efficiently separated pigments like carotenoids and chlorophylls. TLC confirmed the separation and indicated the possible presence of flavonoids, reinforcing the plant's phytochemical profile. The antioxidant test showed an EC<sub>50</sub> value of 15.42 µg/mL for the extract, demonstrating its biological activity. The teaching methodology proved effective in integrating theory and practice, promoting engagement and understanding of analytical techniques. **Conclusions:** The presented didactic sequence is a valuable tool for teaching analytical chemistry, promoting students' technical learning and critical thinking. The results validated the methodology as a replicable model for science education. Future research could further refine compound identification using more sophisticated equipment.

**Keywords:** *Education, Chromatography, Spectrophotometry, Antioxidant, Teaching*

## 1. INTRODUÇÃO:

A aprendizagem é um processo contínuo de construção de conhecimento, onde cada etapa leva à aquisição de novos saberes (Martins et al., 2018). No ensino superior, especialmente em cursos de ciências exatas, biológicas e da saúde, a experiência em laboratório é fundamental. A curiosidade dos alunos por essas práticas é essencial para o desenvolvimento de um senso crítico, analítico e científico. Para atender a essa demanda, diversas metodologias de ensino têm sido utilizadas ao longo dos anos, desde as abordagens tradicionais até as mais inovadoras, como as metodologias ativas, o uso de tecnologias da informação e a promoção da autonomia total do aluno (Arruda e Siqueira, 2021).

Em vista disso, encontrar a melhor abordagem pedagógica para cada turma é crucial para o processo de ensino-aprendizagem. Uma ferramenta eficaz para esse fim são as sequências didáticas: um conjunto de atividades planejadas em etapas que guiam os alunos até o objetivo do aprendizado (Franco, 2018). Essa metodologia já se mostrou consolidada, apresentando resultados relevantes ao combinar, de forma flexível, metodologias ativas e tradicionais em todos os níveis de ensino.

A química no ensino superior se distingue da do ensino básico pela sua maior complexidade,

exigindo conhecimento prévio e habilidades específicas para a realização de experimentos (Silva et al., 2020). Nesse contexto, a química analítica ganha destaque, principalmente em cursos da área biológica, pois seus métodos são fundamentais para obter informações detalhadas sobre amostras, processos e reações químicas (Dutra et al., 2022). Dentre as técnicas mais empregadas, a cromatografia e a espectrofotometria são amplamente usadas para detectar e quantificar analitos.

A cromatografia é uma técnica que separa substâncias com base na polaridade, utilizando uma fase móvel (solvente) e uma fase estacionária (adsorvente) (Collins, 2006). Existem diversos tipos, como a cromatografia em papel, em camada delgada, e a de coluna, sendo a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) a mais sofisticada, sensível e seletiva, porém, de maior custo (Marston, 2007). Já a espectrofotometria baseia-se na absorção de luz por substâncias químicas, permitindo a detecção em comprimentos de onda específicos ( $\lambda_{max}$  e  $\lambda_{min}$ ) e a quantificação de compostos, como na análise de compostos fenólicos (Dadi et al, 2022).

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) apresenta um perfil fitoquímico caracterizado por altos teores de compostos fenólicos, taninos, ácidos fenólicos e terpenos, os quais conferem à espécie reconhecidas atividades antioxidantes e antimicrobianas (Huynh et al., 2025). Essas

propriedades tornam a planta uma candidata adequada para experimentos didáticos em química analítica, especialmente em práticas envolvendo preparo de amostras, extração e quantificação de compostos bioativos. Nessa perspectiva, o uso de materiais botânicos no ensino reforça o caráter interdisciplinar da química, permitindo a integração entre conhecimentos de métodos analíticos, química orgânica e biologia, ao mesmo tempo em que estimula o pensamento crítico por meio de atividades práticas vinculadas ao cotidiano dos alunos (Lima et al., 2022; Visentainer et al., 2011; Anjos & Miranda, 2023). No entanto, por ser ensino superior, é crucial que os alunos aprendam a usar os materiais e equipamentos de forma correta, preparando-os para o futuro no mercado de trabalho (Dutra et al., 2022).

Com o objetivo de oferecer uma experiência analítica prática a alunos de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Montes Claros, este estudo descreve uma sequência de três ensaios experimentais e de fácil replicação. Para isso, foram utilizadas folhas de goiaba (*Psidium guajava*) como material-base, devido à sua acessibilidade e familiaridade com o ambiente do campus universitário.

## 2. DESENVOLVIMENTO

A sequência didática consiste em três atividades práticas passo a passo. Durante a execução, foram realizadas abordagens comunicativas para reforçar e consolidar os conceitos básicos.

### 2.1. Materiais

#### 2.1.1 Químicos

Sílica gel 60 intervalo de 0,06-0,2 mm 70-230 mesh (Neon, Brasil); hexano P.A, acetato de etila P.A, acetona P.A (Hexis, Brasil); ácido acético glacial P.A, ácido fórmico P.A (Synth, Brasil); metanol P.A (Neon, Brasil), Cloreto de alumínio P.A (Dinâmica, Brasil); DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) (Sigma-Aldrich, USA); placas de alumínio pré-revestidas com sílica gel 60, de 0,2 mm de espessura, com um indicador fluorescente F 254 (Macherey-Nagel, Alemanha).

#### 2.1.2 Vidrarias e equipamentos

Bureta de 50 mL; capela de fluxo laminar com luz UV-254nm; luz negra UV-365-395nm (Luatek, Brasil); gral e pistilo (Chiarotti, Brasil); béqueres; tubos de ensaio; pipetas Pasteur; frasco de vidro com 12cm de diâmetro; frasco de vidro com capacidade de 1L; frasco com borrifador

spray; Micropipetas monocanal de 10-100, 20-200 e 100-1000 uL (Eppendorf, Alemanha); ponteira para micropipeta de 0,5-10 uL (Kasvi, Brasil); papel filtro (Brigitta, Brasil); evaporador rotativo (SP labor, Brasil); triturador IKA A11 (IKA, Brasil); espectrofotômetro UV-VIS 2550 (Shimadzu, Kyoto).

#### 2.1.3 Obtenção da amostra vegetal

Como parte da atividade prática, foi coletado 90 gramas de folhas adultas, saudáveis e sem lesões ou marcas de herbivoria de um exemplar de goiabeira (*Psidium guajava*). A coleta se deu dentro do campus da universidade, às 13h e 15 minutos do dia 13 de maio de 2025, com as coordenadas 16W 43' 15" , 43S 52' 37". A identificação da espécie vegetal foi realizada pelo responsável pela aula prática, com base nas características taxonômicas e estruturais da espécie. Por se tratar de uma atividade educacional, sem fins de pesquisa posterior, o material não foi depositado em herbário. Parte do material foi utilizado fresco para as aulas e outra parte do material foi submetido à secagem em estufa de circulação de ar forçada por sete dias a temperatura 40°. Foi avaliado como material seco o peso constante da amostra durante a secagem em estufa.

## 2.2. Métodos

### 2.2.1 Preparo da coluna cromatográfica

Uma suspensão foi preparada com 30 gramas de sílica e 50 mL de uma mistura de hexano:acetona:acetato de etila (60:40:5, v/v/v), fase móvel com bons resultados na separação de pigmentos vegetais (Veloso et al., 2025). Para o empacotamento da coluna, um pedaço de algodão foi colocado na parte inferior para conter a fase estacionária. Após a sílica ser compactada, adicionou-se uma alíquota de 35 mL da mesma mistura e o fluxo foi verificado em mL por minuto.

### 2.2.2 Preparo do extrato de folhas frescas

Aproximadamente 5g de folhas frescas de goiabeira foram trituradas em um gral. Em seguida, foram adicionados 5 mL de uma solução de hexano:acetona:acetato de etila (na proporção 60:40:5, v/v/v) e o material foi macerado com um pistilo para extrair os compostos orgânicos (Veloso et al., 2025). O extrato foi então coletado, filtrado e uma alíquota de 0,5 mL foi aplicada na coluna cromatográfica para a eluição.

### 2.2.3 Sistema de eluição

Duas fases móveis foram usadas para a eluição. A primeira era uma mistura de hexano:acetona:acetato de etila (60:40:5, v/v/v), e a segunda, uma mistura de acetato de etila:ácido

acético glacial:ácido fórmico:água (100:11:11:26, v/v/v/v) (Wagner e Bladt, 1996). O segundo sistema foi introduzido após a eluição das substâncias de menor polaridade.

#### 2.2.4 Coleta e agrupamento das frações

Durante a eluição, frações de 2 mL foram coletadas e caracterizadas visualmente pela cor. A similaridade química dessas frações foi posteriormente avaliada por cromatografia em camada delgada.

#### 2.2.5 Cromatografia em camada delgada

As frações agrupadas foram analisadas por cromatografia em camada delgada (CCD), usando o mesmo solvente da coluna: hexano:acetona:acetato de etila (60:40:5, v/v/v). A análise foi feita em uma cuba saturada, e os resultados observados sob luz visível, luz UV em 254 nm e 365-395 nm. Em seguida, um revelador químico de cloreto de alumínio a 5% em metanol foi aplicado para observação sob luz UV (365-395 nm), de acordo com Sultana et al (2024) com modificação de 2% para 5%, com ganho no processo de detecção. Os dados foram então processados e alinhados no CorelDraw.

#### 2.2.6 Preparo do extrato metanólico

Folhas de goiabeira (30g), coletadas e secas previamente, foram submetidas a uma maceração exaustiva por sete dias, com agitação ocasional. Para obter o extrato hidrometanólico, utilizou-se a proporção de 1g de material vegetal em pó para 10 mL de solvente, de acordo com Manikandan et al. (2013), com adaptação de 1:6 para 1:10, com maiores teores de solvente possibilitando melhor extração e maior superfície de contato entre o pó vegetal e o solvente. Após o período de extração, o material foi filtrado, seco e teve seu rendimento calculado.

#### 2.2.7 Avaliação da capacidade antioxidante

A capacidade antioxidante foi determinada por meio do método espectrofotométrico de sequestro de radicais livres com DPPH (Brand-Williams; Cuvelier; Berset, 1995). As concentrações do extrato bruto e das frações (2,0 mL) variaram de 2,0 a 95,0  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  e foram misturadas a 3,0 mL de uma solução etanólica de DPPH de 40,0  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ . Após agitação, as misturas foram incubadas no escuro por 30 minutos, e a absorbância foi medida a 517 nm em um espectrofotômetro Shimadzu UV-Vis. O ácido gálico foi utilizado como controle positivo (0,8 a 2,4  $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ ), e a absorbância da solução de DPPH foi medida como controle negativo.

A capacidade antioxidante foi calculada usando uma equação linear para determinar o valor de  $EC_{50}$  — a concentração necessária para inibir 50% dos radicais DPPH (Mbaebie; Edeoga; Afolayan, 2012). O Índice de Atividade Antioxidante (AAI) foi calculado pela razão entre a  $EC_{50}$  e a concentração do DPPH, sendo considerado forte quando o valor de AAI é superior a 2 (Scherer; Godoy, 2009). Todos os ensaios foram realizados em triplicata. Com os valores de absorbância, a porcentagem de atividade antioxidante foi calculada pela equação (Rufino et al., 2007):

$$\{(AbsCont - AbsAmos) / AbsCont\} \times 100$$

onde:

AbsCont: representa o valor de absorbância do controle;

AbsAmos: representa o valor de absorbância da amostra.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

#### 3.1. Resultados

##### 3.1.1 Análises cromatográficas

A coluna foi empacotada de maneira que a fase estacionária ficasse distribuída de forma homogênea. O fluxo de eluição foi de 2 mL por minuto. Após a aplicação do extrato de folhas de goiabeira, os pigmentos foram carregados pelo solvente, formando faixas verdes e amarelas ao longo da coluna (Figura 1).



Figura 1. Processo de eluição dos pigmentos de

goiabeira (*Psidium guajava*). Fonte: Autores (2025)

Foram coletadas 39 frações (Figura 2) durante o processo de eluição. Quando aplicada a fase móvel 1, observou-se que a fração 1 era incolor, as frações 2 a 4 apresentaram coloração amarela (indicando presença de carotenóides) e a fração 5 apresentou coloração amarelo-esverdeada, sugerindo uma transição entre carotenóides e clorofilas. As frações 6 a 8 mostraram coloração verde azulada, possível clorofila  $\alpha$ , enquanto as frações 9 a 11 indicaram coloração esverdeada, compatível com clorofila  $\beta$ . As frações 12 a 24 exibiram tons amarelos mais claros, sendo possivelmente compostas por xantofilas. As frações 25 a 32 foram incolores, enquanto as frações 33 a 37 apresentaram coloração amarela. As frações 38 e 39 apresentaram coloração levemente esverdeada.

A separação cromatográfica dos pigmentos extraídos demonstrou a eficiência da técnica. A fase móvel 1, composta por hexano, acetona e acetato de etila, facilitou a eluição de substâncias menos polares, como os carotenóides, enquanto a adição de solventes mais polares, como acetona e acetato de etila, permitiram a migração de substâncias como clorofilas e xantofilas. Quando foi adicionado a fase móvel 2, houve um aumento da polaridade, o que ajudou na eluição de outras substâncias mais polares.

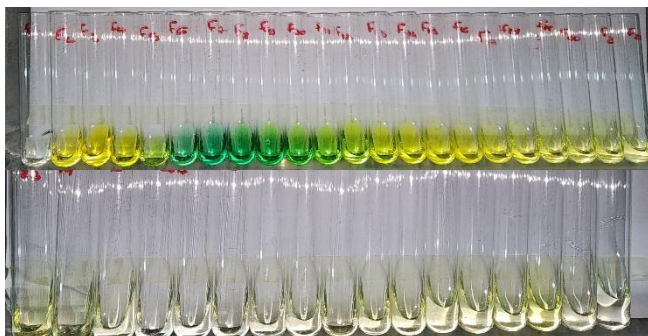


Figura 2. Frações coletadas do extrato de goiabeira. Fonte: Autores (2025).

As frações coletadas foram analisadas e agrupadas de acordo com a classe de pigmentos predominantes, sendo organizadas em: Frações Carotenóides (F1 e 2), Frações Clorofilas (F3-10), Frações Xantofilas (F11-34), Frações Polares (F35-39) e aplicados 30  $\mu$ L de cada amostra com o auxílio de capilares, e a amostra do extrato bruto como referência (Figura 3-6).

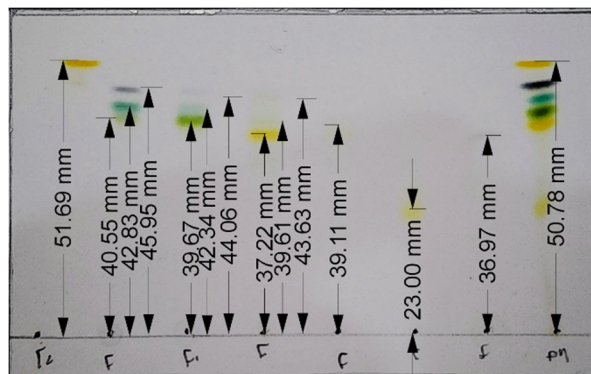


Figura 3. A- Luz visível. Fonte: Autores (2025).

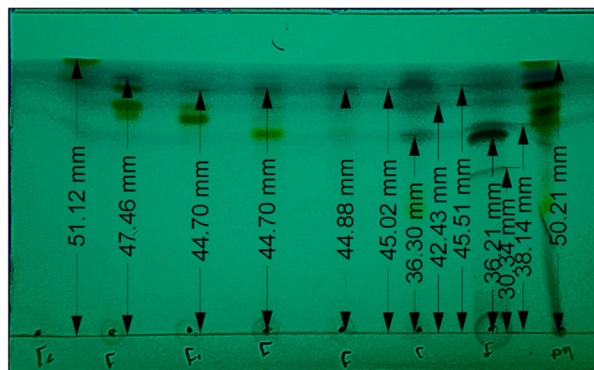


Figura 4. Luz UV-254nm. Fonte: Autores (2025).

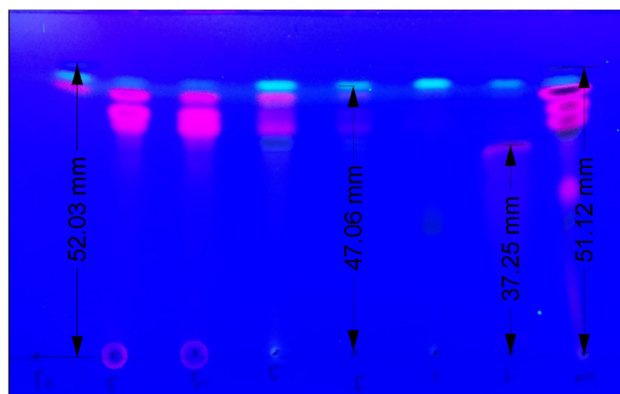


Figura 5. Luz UV-365-395nm. Fonte: Autores (2025).

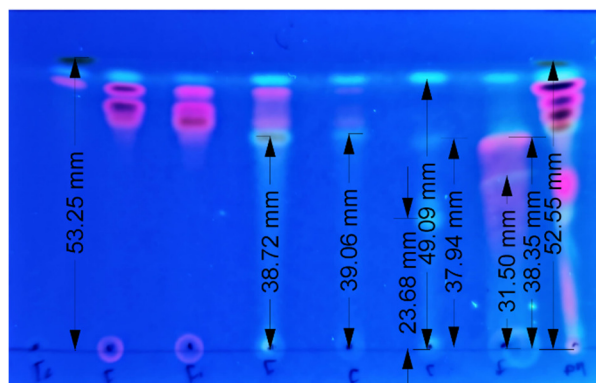


Figura 6. Após revelação com cloreto de alumínio 5%. Fonte: Autores (2025).

Sob luz visível, a fração FC1 apresentou coloração compatível com carotenoides ( $R_f \approx 1,0$ ). A FCL1 revelou compostos com  $R_f$  0,89, 0,83 e 0,77, compatíveis com feofitina, clorofila A e B. A FCL2 mostrou predominância de clorofila B ( $R_f = 0,77$ ). As frações FX1, FX2 e FX3 indicaram possíveis xantofilas ( $R_f = 0,72$  e  $0,44$ ). A FP1 teve coloração levemente amarelada ( $R_f = 0,72$ ). Sob luz UV 254 nm, foram observadas bandas fluorescentes em todas as frações, com destaque para  $R_f = 0,90$  e bandas adicionais em F34 e F39 ( $R_f = 0,72$ ). Em 365 nm, todas revelaram uma substância fluorescente comum ( $R_f = 0,91$ ) e F39 mostrou uma segunda fluorescência ( $R_f = 0,72$ ). Após uso do revelador de cloreto de alumínio, foi observada luminescência em todas as frações, com destaque para substâncias adicionais nas frações FX1, FX2, FX3 e FP1.

### 3.1.2 Rendimento do extrato hidrometanólico

O extrato hidrometanólico seco foi pesado e feito o cálculo de rendimento, no qual obteve-se 30% de rendimento total, ou 300 mg. O extrato obtido possui coloração marrom, com brilho característico de extratos vegetais.

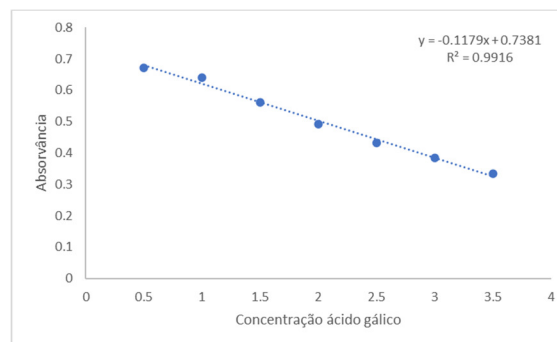
### 3.1.3 Capacidade antioxidante

Na determinação da capacidade antioxidante, foi utilizado o teste *in vitro* com 2,2-difenil-1-picrilhidrazila (DPPH). Para determinar a  $EC_{50}$  em  $\mu\text{g/mL}$ , foi utilizada a equação da reta padrão para o ácido gálico e para a amostra (Gráfico 1) (Tabela 1). O  $R^2$  para o extrato metanólico de folha de goiabeira foi de 0.9796 ( $EC_{50} = 15,43 \pm 1,49 \mu\text{g/mL}$ ) (Tabela 1)(Gráfico 2). O índice da atividade antioxidante foi calculado para o ácido gálico, com o valor de 13,29, e para o extrato que foi de 2,59.

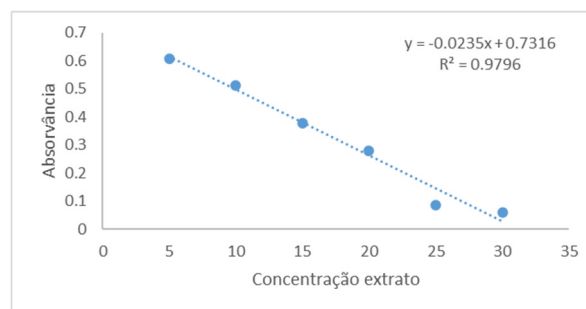
**Tabela 1.** Dados ensaio DPPH ácido gálico e goiabeira

Amostra	$EC_{50} \pm DP^*$ $\mu\text{g/mL}$
Ácido gálico	$3,01 \pm 0,01$
EXMFG**	$15,43 \pm 1,49$

\*Desvio padrão, \*\* Extrato hidrometanólico de folhas de goiabeira. Fonte: Autores (2025).



**Gráfico 1 - Curva padrão ácido gálico.**  
Fonte: Autores (2025)



**Gráfico 2 - Curva amostra.**  
Fonte: Autores (2025)

## 3.2. Discussão

Ao promover atividades práticas em laboratório, constrói-se uma importante ponte do conhecimento, não de forma bancária, mas técnica, abordando métodos e técnicas que possam ser aplicadas no futuro (Arruda e Siqueira, 2021). Especificamente no presente trabalho, a construção do conhecimento por meio de um processo sequencial favorece o aprendizado em etapas. Logo a assimilação das atividades e contexto ganham sentido e promovem a interação entre os envolvidos. Essas ações, do aprender e fazer, encaixam-se no pensamento freiriano da autonomia, uma vez que ensinar exige reconhecer os envolvidos como sujeitos de sua própria aprendizagem, e a partir disso construir o conhecimento junto por meio de diálogos (Freire, 1996).

A atividade inicial consistiu na preparação e eluição de pigmentos vegetais por cromatografia clássica em coluna, na qual a escolha dos solventes de extração, assim como os sistemas de eluição promoveram a separação dos pigmentos pela polaridade (Collins et al., 2006, Veloso et al., 2024, Veloso et al., 2025). A funcionalização final com outro sistema de solvente, esse já aplicado em cromatografias planares para a eluição de flavonoides, foi utilizada como estratégia para retirada de resíduos que poderiam estar aderidos à sílica.

A eluição inicial promoveu a separação de grupos de pigmentos, o primeiro de carotenos/carotenóides (amarelo), o segundo das clorofilas A (verde azulado) e B (verde amarelado) e o terceiro das xantofilas (amarelo e tons amarelados), o mesmo pode ser observado em trabalho que envolve a cromatografia planar (Veloso et al., 2025). Conjunto de pigmentos já reconhecidos pela afinidade com a fase móvel a qual foi utilizada na coluna (Collins et al., 2006). A segunda eluição, com o maior índice de polaridade relativa, além de promover a limpeza da coluna, correu substâncias residuais, possivelmente flavonoides.

A cromatografia em camada delgada, realizada posteriormente à coluna clássica possibilitou avaliar a separação e agrupamento das frações, assim como averiguar a pureza do que foi eluído (Marston, 2007). As frações que continham carotenos e xantofilas apresentaram maior teor de separação e isolamento quando comparado às clorofilas, que apesar de aparentemente bem isoladas, a similaridade não proporcionou a separação máxima. Além da observação em luz visível a utilização de luz UV-254nm e 365-395nm possibilitou a observação de pontos com demarcações não observáveis anteriormente (245 nm) e fluorescência (365-395 nm) antes e após a revelação da placa com cloreto de alumínio a 5%. A fluorescência intensificada após a utilização do revelador, pode indicar a presença de flavonoides na amostra, o que corrobora com o próprio perfil químico das folhas de goiabeira, que possuem flavonoides aglicona e glicosilados em suas folhas (Marston, 2007).

O extrato produzido anteriormente, foi preparado na concentração de 30ug/mL, e triagem inicial realizada na busca da faixa ideal para o ensaio da capacidade antioxidante. Esse realizado sob observação e orientação, no qual foi determinado o EC<sub>50</sub> da amostra, ou seja a capacidade do extrato de neutralizar 50% dos radicais livres. O resultado encontrado para o padrão positivo, o ácido gálico foi de 3,01 ± 0,01 ug/mL e para o extrato foi de 15,43 ± 1,49 ug/mL. Excelente resultado quando comparado ao ácido gálico, substância pura, conhecida pela alta capacidade antioxidante.

Além dos resultados analíticos obtidos, a aplicação desta sequência prática em contexto didático favorece a construção do conhecimento, uma vez que os estudantes serão desafiados a interpretar reações químicas, propriedades estruturais dos metabólitos com seus

comportamentos cromatográficos e compreender a lógica dos cálculos envolvidos na determinação do EC<sub>50</sub>, aliando duas características, ilustrativa e investigativa (Oliveira, Barbosa e Flores, 2020). Além disso, a execução dessa sequência exige infraestrutura mínima de laboratório (placas de CCD, solventes, lâmpadas UV), o que pode limitar a replicação em instituições com recursos reduzidos, sendo considerada uma barreira amplamente relatada em práticas de química analítica no ensino superior (Apkarian et al., 2021).

O experimento levou a capacidade do pensamento, e a indução de questões relacionadas ao funcionamento dos reagentes e da amostra, assim como a realização dos cálculos (Dadi et al., 2022).

#### **4. CONCLUSÕES:**

Este estudo demonstrou a eficácia de uma sequência didática para o ensino de química analítica a estudantes de Ciências Biológicas. O trabalho utilizou a cromatografia e a espectrofotometria para a separação e caracterização de compostos em folhas de goiabeira, uma amostra acessível e relevante para os alunos.

As principais contribuições da pesquisa incluem a integração de conceitos teóricos e práticos por meio de experimentos de baixo custo e replicáveis. Isso não apenas enriquece o processo de aprendizagem, mas também desenvolve o senso crítico e científico dos alunos, preparando-os para futuros desafios na área.

O trabalho concluiu que a sequência didática é uma ferramenta de ensino valiosa, que promove o engajamento e a compreensão das técnicas analíticas. Os resultados obtidos confirmaram a presença de diferentes pigmentos e a capacidade antioxidante da amostra, validando a metodologia e alcançando o objetivo principal do estudo. Futuros trabalhos poderiam aprofundar a identificação dos compostos usando técnicas mais avançadas, mas a base pedagógica aqui estabelecida já se mostra um importante avanço.

#### **5. DECLARAÇÕES**

##### **5.1. Limitações do Estudo**

Este estudo apresenta algumas limitações que merecem ser destacadas. A principal delas reside na ausência de análises mais aprofundadas para a identificação e quantificação precisa dos compostos isolados. Para tal, seria necessário o uso de equipamentos mais

avançados, como a cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) acoplada à espectrometria de massas (LC-MS), que não estavam disponíveis. A análise se baseou principalmente em métodos de baixo custo e facilmente replicáveis, o que, embora tenha atendido ao propósito didático do trabalho, restringe a profundidade da caracterização química dos extratos. Além disso, a avaliação da capacidade antioxidante, realizada in vitro com o método DPPH, não reflete necessariamente a atividade biológica in vivo.

## 5.2. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Produtos Naturais, Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes) pelo suporte técnico e pela disponibilização dos materiais e equipamentos essenciais para a realização deste trabalho.

## 5.3. Fonte de financiamento

O trabalho foi financiado pelos próprios autores e pelos recursos do Laboratório de Produtos Naturais.

De acordo com as diretrizes éticas do Periódico Tchê Química, que não permitem doações de autores com manuscritos em avaliação (mesmo quando fundos de pesquisa estão disponíveis), ou em casos de restrições financeiras dos autores, os custos de publicação foram totalmente absorvidos pelo periódico sob nossa política Platinum Open Access, através do apoio da Associação Científica Araucária (<https://acaria.org/>). Esta política visa garantir completa independência entre o processo editorial e quaisquer aspectos financeiros, reforçando nosso compromisso com a integridade científica e equidade na disseminação do conhecimento.

## 5.4. Conflitos de Interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse nem interesses concorrentes.

## 5.5. Disponibilidade de Dados

Option A: Data Available in Manuscript (Opção A: Dados Disponíveis no Manuscrito) "All data presented in this study are available in the manuscript tables and figures. Raw data are available upon request from the corresponding author"

## 5.6. Contribuições dos Autores

Luccas Roberto Pereira Mendes: CD, DC, DAI, MW, CR; Pedro Henrique Fonseca Veloso: CD, DC, DAI, MW, CR, FA; Christian de Almeida Soares: MW; Ellen Laureany Araujo Olimpo and Eurislene Moreira Antunes Damasceno: DAI; Vanessa de Andrade Royo: CR.

## 5.7. Declaração de Ferramentas de IA e Computacionais

### Option A: No AI Tools Used

The authors declare that no generative artificial intelligence tools or computational language models were used in the conception, design, execution, data collection, data analysis, interpretation, manuscript writing, or any other aspect of this research or manuscript preparation.

## 5.8. Declaração de Integridade da Pesquisa

- No data fabrication
- No results falsification
- No P-hacking or selective reporting
- Original work
- Not previously published
- Methods conducted ethically

## 5.9. Declaração de Originalidade e Plágio

Plagiarism Check Tool: CopySpider. Similarity Index: 4–6%. This manuscript is original work, not previously published and not under review elsewhere. All sources are properly cited.

## 5.10. Licença de Acesso Aberto

Este artigo está licenciado sob uma Licença Internacional Creative Commons Atribuição 4.0 (CC BY 4.0), que permite o uso, compartilhamento, adaptação, distribuição e reprodução em qualquer meio ou formato, desde que você dê o devido crédito ao (s) autor (es) original (is) e a fonte, forneça um link para a licença Creative Commons e indique se foram feitas alterações. As imagens ou outro material de terceiros neste artigo estão incluídos na licença Creative Commons do artigo, a menos que indicado de outra forma em uma linha de crédito para o material. Se o material não estiver incluído na licença Creative Commons do artigo e seu uso pretendido não for permitido por regulamentação legal ou exceder o uso permitido, você precisará obter permissão diretamente do detentor dos direitos autorais. Para ver uma cópia desta licença, visite <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

## 6. ESTUDOS RELACIONADOS COM HUMANOS E ANIMAIS

### 6.1. Aprovação do Comitê de Ética

Não aplicável.

### 6.2. Consentimento Informado

Não aplicável.

## 7. REFERÊNCIAS:

1. Anjos, F. B., & Miranda, A. C. G. (2023). Sequência didática fundamentada em experimentação: Uma estratégia para o ensino de tabela periódica e reações químicas a partir de materiais alternativos de baixo custo. *Research, Society and Development*, 12(8). <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i8.43085>
2. Apkarian, N., et al. (2021). What really impacts the use of active learning in undergraduate STEM education? Results from a national survey of chemistry, mathematics, and physics instructors. *PLOS ONE*, 16(2), e0247544. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247544>
3. Arruda, J. S., & Siqueira, L. M. R. de C. (2020). Metodologias ativas, ensino híbrido e os artefatos digitais: Sala de aula em tempos de pandemia. *Práticas Educativas, Memórias e Oralidades – Revista Pemo*, 3(1), e314292. <https://doi.org/10.47149/pemo.v3i1.4292>
4. Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT – Food Science and Technology*, 28, 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
5. Collins, C. H., Braga, G. L., & Bonato, P. S. (2006). *Fundamentos de cromatografia*. Campinas: Editora Unicamp.
6. Dadi, M., & Yasir, M. (2022). Spectroscopy and spectrophotometry: Principles and applications for colorimetric and related analysis. *Colorimetry*, 1, 81–102. <https://doi.org/10.5772/intechopen.101106>
7. Dutra, J. W. A., Moreira, A. M. D., Pereira, A. I. S., Ribeiro, F. A. A., Rojas, M. O. A. I., Moreira, D. S., Santos, I. P., Reis, E. F., Oliveira, E. S., & Silva, J. R. (2022). Ferramentas educativas digitais para o ensino de química analítica. *RECIMA21 – Revista Científica Multidisciplinar*, 3(2), e321101. <https://doi.org/10.47820/recima21.v3i2.1101>
8. Franco, D. L. (2018). A importância da sequência didática como metodologia no ensino da disciplina de física moderna no ensino médio. *Revista Triângulo*, 11(1). <https://doi.org/10.18554/rt.v0i0.2664>
9. Freire, P. (1996). *Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa* (27ª ed.). São Paulo: Paz e Terra.
10. Huynh, H. D., et al. (2025). Bioactive compounds from guava leaves (*Psidium guajava* L.): Characterization, biological activity, synergistic effects, and technological applications. *Molecules*, 30(6), 1278. <https://doi.org/10.3390/molecules30061278>
11. Lima, L. P., et al. (2022). A utilização de produtos naturais como alternativa para o ensino de química: Uma revisão. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, 11(7), e2111729588. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i7.29588>
12. Manikandan, R., Anand, A. V., & Muthumani, G. D. (2013). Phytochemical and in vitro anti-diabetic activity of methanolic extract of *Psidium guajava* leaves. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2(2), 15–19. <http://www.ijcmas.com/Archives/vol-2-2/Manikandan%20etal.pdf>
13. Marston, A. (2007). Role of advances in chromatographic techniques in phytochemistry. *Phytochemistry*, 68(22–24), 2786–2798. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2007.08.004>
14. Martins, E. D., Moura, A. A. de, & Bernardo, A. de A. (2018). O processo de construção do conhecimento e os desafios do ensino-aprendizagem. *Revista On-line de Política e Gestão Educacional*, 22(1), 410–423. <https://doi.org/10.22633/rpge.v22.n.1.2018.10731>

15. Mbaebie, B., Edeoga, H., & Afolayan, A. (2012). Phytochemical analysis and antioxidant activities of aqueous stem bark extract of *Schotia latifolia* Jacq. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, **2**, 118–124. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(11\)60204-9](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(11)60204-9)
16. Oliveira, M. C. C., Barbosa, R. C. F., & Flores, D. C. (2020). Atividade antioxidante de frutas cítricas: Adaptação do método do DPPH para experimentação em sala de aula. *Química Nova na Escola*, **43**(4), 401–405. <https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160251>
17. Rufino, M. D. S. M., Alves, R. E., Brito, E. S., Morais, S. M., Sampaio, C. D. G., Pérez-Jiménez, J., & Saura-Calixto, F. (2007). *Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH* (Comunicado Técnico nº 127). Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical.
18. Scherer, R., & Godoy, H. T. (2009). Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. *Food Chemistry*, **112**, 654–658. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.026>
19. Silva, B., Silva Neto, S., & Leite, B. (2020). Sala de aula invertida no ensino da química orgânica: Um estudo de caso. *Química Nova*. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170677>
20. Sultana, S., Hossain, M. L., Sostaric, T., Lim, L. Y., Foster, K. J., & Locher, C. (2024). Investigating flavonoids by HPTLC analysis using aluminium chloride as derivatization reagent. *Molecules*, **29**(21), 5161. <https://doi.org/10.3390/molecules29215161>
21. Veloso, P. H. F., de Melo Sacramento, V., & de Andrade Royo, V. (2024). Uso da casca de ovo como fase estacionária alternativa para cromatografia líquida clássica em coluna. *Revista Unimontes Científica*, **26**(1), 1–16. <https://doi.org/10.46551/ruc.v26n1a7>
22. Veloso, P. H. F., Sacramento, V. D. M., & Royo, V. D. A. (2025). Cromatografia preparativa em camada delgada: Comparativo entre placa de sílica gel e giz. *Desafios – Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins*, **12**(4), 1–14. [https://doi.org/10.20873/2025\\_jul\\_19444](https://doi.org/10.20873/2025_jul_19444)
23. Visentainer, J. V.; Souza, N. E.; Visentainer, J. E. L.; *Análises Químicas Qualitativas em Alimentos: Experimentos Laboratoriais Explicativos e de Fácil Realização, utilizando Alimentos, Enzimas e Reagentes do Cotidiano*, 1a ed., EDUEM: Maringá, 2011.
24. Wagner, H., & Bladt, S. (2009). *Plant drug analysis: A thin layer chromatography atlas* (2nd ed.). Berlin: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-00574-9>