



**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS**  
**CAMPUS MACEIÓ**  
**CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

**LUANA DEISE DA SILVA**

**ÓLEOS ESSENCIAIS NO ENSINO DE FUNÇÕES ORGÂNICAS: PROPOSTA  
DIDÁTICA CONTEXTUALIZADA EM ABORDAGEM CTSA**

**MACEIÓ, AL**  
**2025**

LUANA DEISE DA SILVA

ÓLEOS ESSENCIAIS NO ENSINO DE FUNÇÕES ORGÂNICAS: PROPOSTA  
DIDÁTICA CONTEXTUALIZADA EM ABORDAGEM CTSA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Química no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas - campus Maceió, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciada em Química.

Orientador (a): Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Francielle Moura de Oliveira Bernardo

MACEIÓ, AL

2025



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**  
**Instituto Federal de Alagoas**  
***Campus Maceió***  
**Biblioteca Benevides Monte**

---

540.7  
S586o

Silva, Luana Deise da.

Óleos essenciais no ensino de funções orgânicas [recurso eletrônico] : proposta didática contextualizada em abordagem CTSA / Luana Deise da Silva. – Dados eletrônicos (1 arquivo : 12,9 MB). – 2025.

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: Internet.

Orientação: Profª. Dra. Francielle Moura de Oliveira Bernardo.

Trabalho de Conclusão de Curso – Artigo (Licenciatura em Química) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus Maceió*, Maceió, 2025.

1. Química – Ensino. 2. Óleos essenciais. 3. Funções orgânicas. 4. Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) – Abordagem pedagógica. I. Título.

---

**Franciane Monick Gomes de França**  
**Bibliotecária – CRB 4/1831**


LUANA DEISE DA SILVA

ÓLEOS ESSENCIAIS NO ENSINO DE FUNÇÕES ORGÂNICAS: PROPOSTA  
DIDÁTICA CONTEXTUALIZADA EM ABORDAGEM CTSA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Química no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas, campus Maceió, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Química.


Aprovado(a) em: 11 /12 /2025.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **FRANCYELLE MOURA DE OLIVEIRA BERNARDO**  
Data: 01/01/2026 15:56:34-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>


---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Francielle Moura de Oliveira Bernardo (Orientadora)  
Instituto Federal de Alagoas (IFAL)

Documento assinado digitalmente  
 **FRED AUGUSTO RIBEIRO NOGUEIRA**  
Data: 06/01/2026 14:54:58-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Prof. Dr. Fred Nogueira (Membro interno)  
Instituto Federal de Alagoas (IFAL)

Documento assinado digitalmente  
 **ANA CAROLINA FRADIQUE DE LYRA**  
Data: 02/01/2026 13:04:05-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Carolina Fradique de Lyra (Membro interno)  
Instituto Federal de Alagoas (IFAL)

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe por todo apoio durante a minha trajetória acadêmica, por cada momento em que me acalmou e me incentivou a continuar. Agradeço por todo apoio ao longo da minha vida, pois, mesmo tendo tido o direito à educação negado, ela sempre me motivou a buscar conhecimento e a me aprimorar como pessoa. Tudo o que sou e tudo o que conquistei devo exclusivamente a ela. Sendo mãe solo de três crianças, sei que não teria chegado até aqui sem o suporte emocional, financeiro e moral que ela me proporcionou desde o meu nascimento.

Agradeço aos meus filhos por estarem ao meu lado durante toda essa caminhada, por serem a força eletromotriz que me impulsiona a buscar um futuro melhor para nós e a tentar ser, todos os dias, um exemplo digno para eles. Agradeço também pela paciência durante os momentos em que precisei estar ausente para estudar.

Agradeço ainda às políticas públicas de formação que me ofereceram apoio financeiro durante a graduação, permitindo que eu permanecesse na graduação e seguisse firme no meu propósito de transformar a minha vida e a vida dos meus filhos por meio da educação.

Agradeço aos professores do Instituto Federal de Alagoas – Campus Maceió, que contribuíram para a minha formação e, muitas vezes, me ajudaram, me acolheram e acreditaram no meu potencial como acadêmica, como pessoa e como futura docente. Agradeço em especial à Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Regina Maria de Oliveira Brasileiro pelo carinho, compreensão, conhecimento e suporte durante algumas disciplinas.

Agradeço também à minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Francielle Moura de Oliveira Bernardo, por ter acreditado no meu trabalho e enxergado potencial na minha proposta, pela confiança e pelo direcionamento durante o desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso, além de toda contribuição para minha formação docente.

E, por último - mas não menos importante - agradeço aos meus amigos da graduação, que me proporcionaram momentos diversos de descontração, aprendizado, reflexão e amizade.

## RESUMO

O trabalho apresenta uma proposta didática para o ensino de Funções Orgânicas a partir da caracterização dos óleos essenciais de limão e tangerina, utilizando dados reais obtidos por análises físico-químicas e articulando-os à perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). A pesquisa configura-se como um estudo de natureza mista, integrando procedimentos experimentais e intervenção pedagógica para desenvolver e avaliar um material didático contextualizado. A investigação realiza a extração dos óleos essenciais de limão e tangerina, identifica seus principais constituintes químicos por meio das técnicas de Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas e Espectroscopia no Infravermelho, e utiliza esses resultados como base para a elaboração de um manual didático destinado a estudantes do Ensino Médio. O estudo aplicou esse material em uma turma do 3º ano do curso Técnico Integrado em Química do Instituto Federal de Alagoas, analisando as percepções discentes sobre clareza, aplicabilidade, contextualização e potencial significativo da proposta. Como resultados, a análise das respostas do questionário revelou que o uso dos óleos essenciais como tema favorece a curiosidade sobre os conceitos abstratos da Química Orgânica, aproxima o conteúdo da realidade cotidiana e amplia a percepção dos estudantes sobre as dimensões científicas, tecnológicas, ambientais e sociais envolvidas na produção e utilização desses compostos. Os dados do questionário indicam que o material produzido contribuiu para superar dificuldades comuns no ensino de Química, como a fragmentação conceitual e o distanciamento entre teoria e prática, promovendo um aprendizado mais crítico e significativo. O trabalho concluiu que a utilização dos óleos essenciais como eixo estruturante constitui uma estratégia pedagógica viável, relevante e acessível, capaz de fortalecer a alfabetização científica e oferecer aos estudantes uma compreensão ampliada sobre o papel da Química na sociedade contemporânea.

**Palavras - chaves:** óleos essenciais; funções orgânicas; abordagem ctsa; ensino de química; contextualização do ensino.

## ABSTRACT

This work presents a didactic proposal for teaching Organic Functions based on the chemical characterization of lemon and tangerine essential oils, using real analytical data and integrating them into the Science, Technology, Society, and Environment (STSE) approach. The research is structured as a mixed-method study, combining experimental laboratory procedures and a pedagogical intervention to develop and evaluate a contextualized educational material. The investigation includes the extraction of the essential oils, the identification of their major chemical constituents through Gas Chromatography-Mass Spectrometry and Fourier Transform Infrared Spectroscopy, and the use of these results to design a teaching manual for high school students. The material was implemented in a third-year Integrated Technical High School class at the Federal Institute of Alagoas, and students' perceptions regarding clarity, relevance, contextualization, and meaningful learning were analyzed. The results indicate that using essential oils as a thematic axis aids in understanding abstract concepts of Organic Chemistry, connects theoretical content to real-life situations, and broadens students' awareness of the scientific, technological, environmental, and social dimensions associated with these compounds. The findings demonstrate that the didactic proposal effectively enhances student engagement, supports meaningful learning, and promotes a more contextualized and comprehensive understanding of Chemistry. The study concludes that essential oils constitute a pedagogically viable and accessible strategy that strengthens scientific literacy and contributes to the improvement of chemistry teaching practices.

**Keywords:** essential oils; organic functions; stse approach; chemistry teaching; teaching contextualization.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Estruturas químicas dos compostos majoritários de alguns óleos essenciais	24
<b>Figura 2</b> - Esquema da biossíntese do IPP e DMAPP pela via MVA	26
<b>Figura 3</b> - Biossíntese do $\beta$ -Mirceno	27
<b>Figura 4</b> - Classificação dos terpenos de acordo com a quantidade de carbonos na cadeia	28
<b>Figura 5</b> - Representação gráfica dos componentes principais do CG	31
<b>Figura 6</b> - Espectro eletromagnético	32
<b>Figura 7</b> - Modos vibracionais de ligações químicas	33
<b>Figura 8</b> - Etapa de raspagem manual e material vegetal após a remoção do epicarpo	36
<b>Figura 9</b> - Hidrodestilação com aparelho de Clevenger utilizado na extração dos OEs de tangerina (à esquerda) e limão (à direita)	37
<b>Figura 10</b> - Separação das fases após hidrodestilação. À esquerda, OE de limão ( <i>Citrus x latifolia</i> ) e, à direita, OE de tangerina ( <i>Citrus reticulata</i> )	37
<b>Figura 11</b> - Equipamento utilizado nas análises de FTIR-ATR, com cristal/prisma de alta sensibilidade	39
<b>Figura 12</b> - Espectro obtido no FTIR do OE de limão	49
<b>Figura 13</b> - Espectro obtido no FTIR do OE de tangerina	49

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Funções orgânicas, fórmulas moleculares e propriedades físico-químicas e bioativas de compostos representativos de óleos essenciais.	26
--	----

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Rendimento (%) dos óleo essencial de limão obtido por hidrodestilação	42
<b>Tabela 2</b> - Rendimento (%) dos óleo essencial de tangerina obtido por hidrodestilação	42
<b>Tabela 3</b> - Constituintes químicos identificados no OE de limão por CG-MS	43
<b>Tabela 4</b> - Constituintes químicos identificados no OE da tangerina por CG-MS	46

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b>	Você sabia que era possível extrair óleos essenciais a partir de cascas, folhas, flores e outros elementos de plantas?	51
<b>Gráfico 2</b>	Os exemplos com óleos essenciais facilitam a compreensão sobre as funções orgânicas?	51
<b>Gráfico 3</b>	Você conseguiu relacionar o conteúdo estudado com situações do cotidiano (cosméticos, perfumes, alimentos, etc.)?	52
<b>Gráfico 4</b>	Você percebeu como a química pode contribuir para práticas sustentáveis e geração de renda?	53
<b>Gráfico 5</b>	Você compreendeu como as técnicas CG-MS e FTIR são usadas para identificar e analisar os compostos dos óleos essenciais, revelando sua composição e pureza?	54
<b>Gráfico 6</b>	Você acha que a contextualização CTSA através dos óleos essenciais ajudou a enxergar as funções orgânicas no cotidiano?	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Análise de conteúdo
AS	Aprendizagem Significativa
ATR	Reflectância Total Atenuada
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CG-MS	Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
DMAPP	Pirofosfato dimetilalila
EI	Ionização por impacto de elétrons
FTIR	Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier
IFAL	Instituto Federal de Alagoas
IPP	Isopentinil pirofosfato
LDB	Lei de Diretrizes e Base da Educação
MEP	Metileritritol-fosfato
MVA	Mevalonato
OE	Óleo essencial
OPP	Pirofosfato
PE	Produto educacional
PhET	Projeto simulações interativas
TR	Tempos de retenção
UV-vis	Espectrofotometria na região do Ultravioleta-Visível

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	12
<b>2 OBJETIVOS</b>	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	15
3.1 O ENSINO MÉDIO E A QUÍMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA	15
3.2 DESAFIOS DO ENSINO DE QUÍMICA E A REALIDADE DAS AULAS PRÁTICAS NA EDUCAÇÃO BÁSICA	17
3.3 ABORDAGEM CTSA E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	19
3.4 ÓLEOS ESSENCIAIS E AS FUNÇÕES ORGÂNICAS	21
3.5 A IMPORTÂNCIA DAS ANÁLISES QUÍMICAS	33
<b>3.5.1 Cromatografia gasosa Acoplada a Espectrometria de Massas (cg-ms)</b>	34
<b>3.5.2 Espectrofotometria no Infravermelho com Transformada de Fourier (ftir)</b>	36
<b>4 METODOLOGIA</b>	40
4.1 DELINEAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	40
4.2 LÓCUS E SUJEITOS DA PESQUISA	40
4.3 ETAPAS DA PESQUISA	41
<b>4.3.1 Etapa 1: Obtenção e caracterização dos óleos essenciais de limão (citrus x latifolia) e tangerina (citrus reticulata)</b>	41
<b>4.3.2 etapa 2: Desenvolvimento do produto educacional (eixo pedagógico)</b>	44
<b>4.3.3 etapa 3: Aplicação e coleta de dados (eixo intervenção)</b>	44
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	45
5.1 EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE LIMÃO E TANGERINA (ETAPA 1)	45
5.2 PRODUTO EDUCACIONAL “A ESSÊNCIA DA QUÍMICA: DESCOBRINDO FUNÇÕES ORGÂNICAS NO MUNDO DOS AROMAS”	53
5.3 PERCEPÇÃO DOS ALUNOS SOBRE O PRODUTO DIDÁTICO	54
<b>6 CONCLUSÃO</b>	59
<b>REFERÊNCIAS</b>	60
<b>APÊNDICES</b>	64
A. APÊNDICE A - Cromatogramas obtidos dos OEs de limão e laranja	64
B. APÊNDICE B - Respostas da pergunta aberta	65
C. APÊNDICE C - Produto educacional	66

## 1 INTRODUÇÃO

A química, enquanto disciplina da educação básica, assume papel central no desenvolvimento de habilidades científicas e tecnológicas essenciais à formação de cidadãos capazes de adaptar-se às transformações sociais, profissionais e tecnológicas da contemporaneidade. No entanto, o ensino de química ainda apresenta desafios significativos relacionados à contextualização dos conteúdos, à fragmentação conceitual e à dificuldade dos estudantes em estabelecer relações entre a teoria e fenômenos do cotidiano. No caso específico das funções orgânicas, observa-se a predominância de abordagens centradas em nomenclaturas e estruturas abstratas contribuindo para um ensino distante da realidade.

Nesse cenário, torna-se pertinente o desenvolvimento de estratégias didáticas que aproximem os conteúdos da experiência concreta dos estudantes e favoreçam aprendizagens significativas. Assim, a presente pesquisa investigou o potencial dos óleos essenciais de limão (*Citrus × latifolia*) e tangerina (*Citrus reticulata*) como recurso didático para o ensino de funções orgânicas. Partindo do seguinte problema: Como promover um ensino de funções orgânicas significativo, contextualizado e socialmente relevante utilizando materiais presentes no cotidiano dos estudantes, articulando dimensões científicas, tecnológicas, sociais e ambientais?

Para responder a essa problemática, desenvolveu-se uma investigação em três etapas. Etapa 1: extração e caracterização química dos óleos essenciais, por Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-MS) e Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR). Etapa 2: desenvolvimento de um manual didático fundamentado na abordagem CTSA, utilizando os dados reais do CG-MS e FTIR e revisão bibliográfica como base para a contextualização do conteúdo de funções orgânicas. Etapa 3: aplicação e validação pedagógica do material com estudantes do 3º ano do Ensino Médio Integrado ao Curso Técnico em Química do IFAL – Campus Maceió, por meio de um questionário misto (escala Likert e questão aberta). Assim, o estudo caracterizou-se como uma pesquisa mista (qualitativa-quantitativa), envolvendo pesquisa experimental, bibliográfica, desenvolvimento de produto educacional e pesquisa de campo.

A realização deste trabalho justifica-se pela necessidade de transformar o ensino de química em uma prática mais humana, sensorial e significativa, capaz de revelar aos estudantes que o conhecimento científico está presente em fenômenos simples do cotidiano e

possui implicações históricas, sociais, econômicas, tecnológicas e ambientais. Ao utilizar os óleos essenciais como eixo temático, buscou-se demonstrar que elementos aparentemente simples, como o aroma extraído da casca de uma fruta, possuem elevado valor agregado devido aos processos científicos que os constituem, permitindo que o aluno perceba a química como ciência viva, aplicada e socialmente relevante. Além disso, o manual foi desenvolvido com o propósito de ser acessível a escolas públicas que não dispõem de laboratórios ou equipamentos tecnológicos avançados, democratizando o acesso à contextualização e ao pensamento científico no ensino de funções orgânicas.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver e avaliar um material didático, a partir da caracterização química de óleos essenciais de limão (*Citrus × latifolia*) e tangerina (*Citrus reticulata*), para promover uma compreensão humanizada, contextualizada e significativa das funções orgânicas.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Extrair os óleos essenciais de limão e tangerina;
- Caracterizar os óleos essenciais através do CG-MS e FTIR;
- Produzir um manual didático contextualizado utilizando os dados do CG-MS e FTIR como base para o ensino de funções orgânicas;
- Aplicar o produto educacional aos alunos do 3º ano do ensino médio, para validar o seu potencial pedagógico por meio da aplicação;
- Investigar as percepções dos estudantes sobre clareza, relevância, potencial significativo e reconhecimento das dimensões CTSA do material elaborado;

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 O ENSINO MÉDIO E A QUÍMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

O Ensino Médio constitui um direito básico subjetivo de todo cidadão brasileiro, e seu acesso deve ser garantido pelo Estado e pela família (BRASIL, 2024). De acordo com a Lei de Diretrizes e Base da Educação (LDB, Lei 9.394/96), essa etapa tem entre suas finalidades promover a formação integral do estudante mediante o desenvolvimento do senso crítico, colaborativo e participativo na sociedade. Além disso, deve articular-se ao meio social, histórico e cultural dos educandos, assegurando-lhes tanto a formação comum que possibilite o pleno exercício da cidadania, quanto a continuidade dos estudos e a inserção no mundo do trabalho (Brasil, 1996).

No artigo 35, a LDB determina que o Ensino Médio deve promover a compreensão do mundo científico e tecnológico em articulação com a teoria e a prática das diferentes áreas do conhecimento (Brasil, 1996). Em consonância com essa diretriz, a Resolução CNE/CEB nº 2, de 13 de novembro de 2024, que atualizou as Diretrizes Curriculares Nacional do Ensino Médio (DCNEM) de 2018, reforça que o currículo dessa etapa deve se constituir de experiências e vivências escolares capazes de favorecer a produção, circulação e apropriação de conhecimentos conceituais, factuais, procedimentais e atitudinais, mediados pelas interações entre sujeitos e saberes historicamente acumulados pela humanidade (Brasil, 2024).

De forma complementar, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) destaca que a sociedade contemporânea, inserida num contexto científico e tecnológico em constante transformação, demanda que os indivíduos desenvolvam conhecimentos específicos que os auxiliem a tomar decisões conscientes e a se adaptar às mudanças sociais, tecnológicas e profissionais (Brasil, 2018).

Sob essa ótica, a área Ciências da Natureza e suas Tecnologias exerce papel estratégico no Ensino Médio, pois busca estimular o letramento científico dos estudantes. Para isso, organiza-se em três componentes curriculares - Física, Biologia e Química - que, de maneira integrada, promovem uma aprendizagem pautada em processos científicos e tecnológicos. Essa abordagem permite aos estudantes uma análise aprofundada da vida, do planeta e do universo, ao mesmo tempo em que desenvolvem competências de argumentação, interpretação e intervenção no meio em que estão inseridos, compreendendo como o avanço

das ciências interfere diretamente nas relações pessoais, coletivas, locais e globais da sociedade (Brasil, 2018).

A partir dessa premissa, a Química assume um importante papel na formação dos estudantes, pois favorece o desenvolvimento de habilidades voltadas à interpretação de fenômenos naturais, associados às transformações da matéria e as suas aplicações no cotidiano (Brasil, 2018). Na BNCC, essa disciplina está contemplada no eixo temático “Matéria e Energia”, que propõe um ensino investigativo e contextualizado, fundamentado na resolução de problemas envolvendo modelos, leis, teorias e métodos próprios da ciência química. Essa contextualização, conforme previsto na LDB (1996), na BNCC (2018), e nas DCNEM (Resolução CNE/CEB nº 2, 2024), deve considerar os diferentes contextos sociais, econômicos, históricos, culturais e políticos dos jovens, aproximando o conhecimento científico de sua realidade tornando o ensino mais significativo e relevante (Brasil, 1996; Brasil, 2018; Brasil, 2024).

Nessa perspectiva, o trabalho pedagógico em química precisa estar ancorado a experiências reais vinculadas ao meio cultural, histórico e social dos estudantes, de modo a atribuir sentido e aplicabilidade ao saber escolar. Isso implica superar abordagens meramente ilustrativas dos conceitos científicos e adotar uma postura construtivista, no qual o estudante perceba no objeto de estudo a oportunidade de reinterpretar e ampliar os conceitos aprendidos. A análise das situações cotidianas, nesse caso, demanda a aplicação da ciência como instrumento de reflexão crítica sobre fenômenos que incidem tanto na natureza, quanto na vida em sociedade. Para alcançar esse objetivo, a abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente) mostra-se fundamental, pois promove uma aprendizagem questionadora, investigativa e ligada a situações concretas, favorecendo um processo educativo mais instigante e significativo (Wartha; Silva; Bejarano, 2013).

Nesse contexto, a química, ao articular saberes científicos com situações reais, torna-se um campo privilegiado para promover a compreensão das transformações materiais e suas implicações sociais e ambientais. Entre suas ramificações, a Química Orgânica destaca-se por possibilitar o reconhecimento das substâncias que compõem e sustentam a vida, bem como dos compostos que integram a base tecnológica da sociedade contemporânea (Vollhardt; Schore, 2013). Seu estudo permite estabelecer pontes entre a ciência e o cotidiano, favorecendo uma aprendizagem significativa e contextualizada, em que o estudante

compreende como as propriedades e funções das moléculas orgânicas se relacionam diretamente com produtos e processos presentes em seu entorno (Balaguez, 2018).

Apesar dessa relevância conceitual e formativa da química orgânica, essa proposta de ensino ainda está distante da realidade da maior parte das escolas públicas do país. Na prática, a transição para um ensino que favoreça a imersão em práticas e tecnologias capazes de promover uma formação significativa esbarra em desafios cotidianos. Isso porque tais mudanças exigem mais do que ajustes no currículo escolar ou na formação docente, envolve enfrentar problemas estruturais e históricos que há décadas interferem no ensino de ciências no Brasil. Essa lacuna dificulta uma prática docente que incentive e estimule o interesse e o pleno desenvolvimento do educando durante o processo de formação básica. Esses pontos serão discutidos na próxima seção.

### 3.2 DESAFIOS DO ENSINO DE QUÍMICA E A REALIDADE DAS AULAS PRÁTICAS NA EDUCAÇÃO BÁSICA

A química é uma ciência que apresenta uma linguagem epistemológica própria, essencial para a compreensão de conceitos estruturantes e abstratos. Essa característica, somada à percepção de que seus conteúdos são complexos e pouco aplicáveis ao cotidiano, contribui para o estereótipo de disciplina “difícil” e distante da realidade dos estudantes (Wartha; Rezende, 2017). Tal percepção, frequentemente, resulta em resistência e desinteresse por parte dos alunos, dificultando o processo de ensino aprendizagem.

Grande parte dessas dificuldades decorre da predominância de um ensino tradicional, conteudista e descontextualizado, aliado à falta de recursos e de infraestrutura adequados para o desenvolvimento de atividades experimentais, investigativas e tecnológicas no ambiente escolar (Gomes; Costa, 2022). Assim, a ausência de práticas que relacionem teoria e experiência empírica acaba por reforçar o distanciamento entre conhecimento científico e a vivência dos estudantes.

Assim, percebe-se que as limitações no ensino de química são, portanto, multifatoriais. Envolve desde a linguagem científica abstrata e fragmentada até as dificuldades de interpretação e de raciocínio matemático dos educandos, aspectos que impactam diretamente na compreensão de fenômenos químicos presentes no cotidiano (Albano; Delou, 2023).

De acordo com Albano e Delou (2023),

A manutenção de aulas tradicionais está associada à formação inicial deficiente de muitos docentes e à falta de oportunidades de formação continuada, em razão da sobrecarga de trabalho, baixos salários e pouco tempo disponível para pesquisa e atualização profissional (Albano; Delou, 2023).

Esses fatores contribuem para a perpetuação de práticas pedagógicas centradas na exposição teórica, em detrimento de metodologias ativas e experimentais que estimulem a curiosidade, a investigação e a construção do conhecimento. Consequentemente, torna-se um desafio produzir e aplicar materiais didáticos diversificados e contextualizados que despertem o interesse dos alunos e promovam aprendizagens significativas (Gomes; Gomes, 2022).

De acordo com Demo (2011), o currículo de formação docente ainda se encontra engessado por uma prática pedagógica pautada na reprodução e aceitação passiva dos conteúdos trabalhados na formação inicial. Dessa forma, o docente precisa empenhar-se na busca por uma apropriação científica que envolva uma postura investigativa, capaz de dialogar com a realidade e socializar esses conhecimentos, contagiando seus alunos pelo próprio processo de produção científica. Além disso, é imprescindível a atualização constante de seus saberes, visando um domínio teórico que acompanhe as transformações tecnológicas da sociedade, evitando a defasagem de suas concepções pedagógicas e ampliando sua capacidade metodológica.

Em consonância com Demo (2011), Galiazzi et al (2001) reafirmam que a superação de uma formação deficitária decorre do exercício crítico de reflexão sobre a própria concepção pedagógica, a fim de superar a compreensão de aulas experimentais como práticas empiristas, acríticas e meramente demonstrativas, que não instigam o pensamento crítico pelo questionamento dos fenômenos observados. Considerando que a experimentação em aulas de ciências surgiu como ferramenta de aproximação entre teoria e realidade, muitos docentes transformaram as práticas experimentais em roteiros rígidos, baseados na repetição mecânica de procedimentos.

Nessa perspectiva, Galiazzi et al (2001) defendem uma formação pautada no conhecimento reconstrutivo, que decorre do exercício de estudo, busca, questionamento, interpretação e construção do próprio material didático, tendo como princípio fundamental a pesquisa conduzida num processo lógico, sistemático, argumentativo, rigoroso e analítico. Dessa forma, a pesquisa é compreendida como um princípio educativo crítico e pedagógico,

que visa a superação da mera imitação, possibilitando a formação de docentes capazes de adaptar-se às mudanças tecnológicas.

Em meio a esses desafios estruturais e pedagógicos, observa-se um descompasso entre os princípios estabelecidos nos documentos regulatórios da educação, como a LDB (1996), a BNCC (2018) e as DCNEM (Resolução CNE/CEB nº 2, 2024), e a realidade das escolas brasileiras. Tais documentos defendem a inserção dos estudantes no mundo científico e tecnológico por meio de aprendizagens contextualizadas e práticas. Contudo, o sistema educacional ainda carece de políticas públicas efetivas, infraestrutura e condições adequadas que viabilizem a implementação dessas diretrizes.

Assim, embora o currículo proponha o desenvolvimento de competências e habilidades voltadas para a cidadania crítica, ativa e consciente, as escolas nem sempre dispõem dos subsídios necessários para que esses objetivos se concretizem plenamente (Quadros *et al.*, 2011).

Diante desse cenário, torna-se evidente a necessidade de propostas didáticas que auxiliem na superação dessas lacunas, aproximando os conteúdos de funções orgânicas da realidade dos estudantes e articulando teoria e prática por meio de atividades contextualizadas. Entre as possibilidades, a caracterização de óleos essenciais configura-se como uma alternativa potencial para o ensino de funções orgânicas, por permitir a abordagem de conceitos químicos por meio de aplicações reais e motivadoras. No contexto do Instituto Federal de Alagoas (IFAL), por exemplo, essa abordagem mostra-se viável devido à infraestrutura laboratorial disponível, capaz de sustentar um ensino de química prático e aplicado. Contudo, reconhece-se que essa não é a realidade da maioria das escolas públicas brasileiras, que frequentemente não dispõem de laboratórios e equipamentos adequados, o que limita significativamente a realização de aulas experimentais.

Nessa perspectiva, a proposta da criação de um material didático alinhado à perspectiva CTSA e às competências previstas nos documentos orientadores do ensino médio pode ser uma alternativa viável e aplicável nesse contexto. Sendo possível difundir a contextualização do ensino de funções orgânicas de forma significativa por meio da utilização de dados de caracterização reais e materiais do cotidiano do aluno proporcionando a imersão no mundo científico de forma diversificada dentro das dimensões históricas, culturais, econômicas, sociais e tecnológicas.

### 3.3 ABORDAGEM CTSA E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A ciência, enquanto processo dinâmico, mutável e construído historicamente, mantém uma relação direta com o meio social em que se desenvolve. Dessa forma, torna-se necessária uma mudança no fazer docente que ultrapasse o senso comum ao abandonar práticas pedagógicas centradas na transmissão acrítica de conteúdos fragmentados. Essas práticas, apresentam a ciência como um produto pronto, acabado e inquestionável, distantes da compreensão de sua natureza viva, histórica e contextualizada. Assim, o ensino de ciências não pode ser reduzido a modelos simplistas e mecânicos de memorização teórica; ao contrário, deve contemplar a complexidade dos processos científicos, evidenciando a relação intrínseca entre ciência, tecnologia e sociedade (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002).

Nessa perspectiva, é importante reconhecer que a produção científica não é neutra, é atravessada por condicionantes econômicos, políticos e socioculturais que influenciam suas prioridades e direcionamentos. E muitas vezes, são direcionadas por interesses governamentais e industriais que orientam a pesquisa científica sem considerar plenamente seus impactos ambientais e sociais. Diante disso, torna-se essencial a construção de uma cultura científica e tecnológica, centrada no estudante como sujeito ativo da própria aprendizagem, portador de saberes prévios e experiências significativas. Assim, o professor, nesse processo, deve assumir o papel de mediador, instigando a curiosidade, promovendo o diálogo e articulando o conhecimento científico às vivências do aluno e ao seu entorno natural e social (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002).

É nesse cenário que se insere a abordagem CTSA, cuja finalidade é promover a alfabetização científica e formar cidadãos críticos, participativos e conscientes do papel da ciência no mundo contemporâneo. Essa proposta de ensino busca desenvolver valores, habilidades e conhecimentos que permitam ao estudante analisar e tomar decisões fundamentadas, compreendendo os impactos positivos e negativos do avanço científico e tecnológico no meio em que vive (Fernandes; Pires; Iglesias, 2018).

Desse modo, a abordagem CTSA apresenta a ciência em suas múltiplas dimensões - sociais, econômicas, tecnológicas, ambientais e éticas. Tal integração relaciona o conhecimento teórico aos contextos reais, permitindo que o estudante compreenda aspectos abstratos da ciência por meio de suas aplicações práticas e repercussões culturais, bem como

sua relação com o meio de produção e a dinâmica de trabalho à qual estará sujeito no futuro. (Souza; Müller; Gomes, 2022).

Convergindo com essa perspectiva crítica e contextualizada do ensino de ciências, a teoria de aprendizagem significativa de Ausubel reforça que o ato de aprender ocorre quando o novo conhecimento ancora-se a conceitos pre-existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, tornam do-se relevante e duradouro. Nessa direção, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002) também enfatizam que os sujeitos da aprendizagem não são “folhas de papel em branco”, mas chegam à escola carregados de conhecimentos construídos no convívio coletivo, atravessados por dimensões morais, culturais, tradicionais e emocionais. Assim, para que a aprendizagem seja efetiva, o processo deve partir desses conhecimentos prévios, avançando gradativamente de conceitos mais gerais para os mais específicos. Nessa perspectiva, o papel do professor é o de organizar materiais e situações de aprendizagem que atuem como ponte entre o que o estudante já sabe e o que precisa saber (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025).

Para que essa aprendizagem ocorra, é necessário considerar fatores essenciais, como a contextualização aliada aos conhecimentos prévios, de modo que o conteúdo não seja apresentado de forma mecânica e memorizada, mas compreendido e interpretado com sentido próprio pelo aluno. Além disso, é indispensável a disposição do aprendiz em atribuir significado ao conteúdo, pois, sem essa intenção de aprender, o processo torna-se meramente repetitivo e superficial (Masini; Moreira, 2008).

Nesse contexto, a química se destaca como uma ciência vasta em significados, presente em todas as dimensões do cotidiano – desde as aplicações mais complexas, como em medicamentos, fontes de energia e materiais sintéticos, até as mais simples, como o amadurecimento de frutas, o cozimento de alimentos, o cheiro das frutas cítricas e a produção de queijo caseiro. Nessa perspectiva, Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025) ressaltam que os significados são construídos a partir das interações entre o homem, o mundo, o aprendiz e o professor, mediadas pelo diálogo e pela troca de saberes.

[...] entre o estudante e a comunidade, entre o professor e o estudante, em que o primeiro atua como grande mediador desse processo, entre o conhecimento prévio e o subsunçor existente na estrutura cognitiva do aprendiz, que é um dos fatores primordiais para que ocorra a Aprendizagem Significativa (AS), entre a potencialidade do conteúdo e o subsunçor específico, considerando o uso de um material potencialmente significativo, e, por fim, o contrato didático que deve existir dentro do ensino (Silveira; Vasconcelos; Nunes, 2025).

Nesse sentido, torna-se fundamental que os conteúdos escolares sejam apresentados de maneira contextualizada e próxima da realidade dos estudantes, favorecendo a construção de significados a partir de experiências concretas. É justamente nessa direção que a inclusão do estudo dos óleos essenciais como alternativa didática encontra forte respaldo na interseção dessas duas abordagens. A caracterização dos óleos, substâncias que fazem parte do cotidiano em produtos como alimentos, cosméticos e medicamentos, atua como um material potencialmente significativo que possibilita a ancoragem do conteúdo abstrato das funções orgânicas em vivências concretas dos estudantes. Além disso, a análise de sua composição e a discussão sobre critérios de pureza, regulamentação e sustentabilidade na produção industrial promovem uma visão crítica, formando o cidadão capaz de tomar decisões fundamentais sobre o avanço científico e tecnológico, em total consonância com os objetivos da perspectiva CTSA.

Nessa perspectiva, torna-se pertinente aprofundar a compreensão sobre os óleos essenciais e sua composição química utilizando esse tema gerador para trabalhar conceitos epistemológicos da química orgânica, como grupos funcionais e suas propriedades físico-químicas. Ademais, a caracterização e análise desses componentes químicos enriquece a compreensão dos conteúdos curriculares, favorecendo uma abordagem crítica e contextualizada, conforme defendido pela perspectiva CTSA. Diante disso, apresenta-se a seguir uma discussão sobre os óleos essenciais e as técnicas de caracterização desses compostos.

### 3.4 ÓLEOS ESSENCIAIS E AS FUNÇÕES ORGÂNICAS

Os óleos essenciais (OEs) são misturas complexas de substâncias voláteis extraídas a partir de cascas, folhas, flores, caules e outros órgãos de plantas aromáticas. Tais substâncias correspondem aos metabólitos secundários vegetais cuja função principal é proteger contra estresses bióticos e abióticos - como infecções por bactérias ou fungos, ataques de predadores ou variações climáticas (Borges; Amorim, 2020).

Também designados como “óleos voláteis”, “óleos etéreos” ou “essências naturais”, os OEs possuem propriedades sensoriais distintas. São obtidos mediante técnicas tradicionais como prensagem à frio, enfleurage, hidrodestilação, destilação por arraste de vapor, que visam romper as estruturas secretoras das plantas (glândulas, tricomas glandulares e cavidades) onde

ficam armazenados tais compostos (Bruno; Almeida, 2021). Conforme Bizzo e Rezende (2022) a norma ISO 9235 define OE como:

[...] produtos obtidos de matérias-primas naturais de origem vegetal, por destilação a vapor, por processos mecânicos a partir do epicarpo de frutos cítricos, ou por destilação a seco, após a separação da fase aquosa - se houver - por processos físicos (Bizzo; Rezende, 2022).

Dessa forma, qualquer outro processo de extração que utiliza solventes orgânicos, fluídos supercríticos ou quaisquer outros meios não são considerados óleos essenciais segundo as normas técnicas internacionais que regulam o comércio desses insumos (Bizzo; Rezende, 2022).

Devido às suas propriedades anti-inflamatórias, antibacterianas e fungicidas, os óleos essenciais (OEs) foram amplamente utilizados no tratamento de doenças infecciosas, tanto no Brasil quanto em outros países. Atualmente, são empregados nas indústrias de cosméticos, fármacos, alimentos e aromatizantes naturais, como forma de substituir substâncias sintéticas (Gomes, 2024).

Os OEs apresentam em sua composição diversos grupos funcionais, como aldeídos, álcoois, ésteres, cetonas, aminas, amidas, fenóis e, especialmente, terpenos (hidrocarbonetos). Cada OE distinto contém de um a três componentes químicos em maior proporção, os quais determinam suas propriedades químicas, biológicas e sensoriais influenciando suas aplicações na indústria. A composição e o rendimento desses compostos variam conforme fatores sazonais, geográficos, e genéticos do vegetal utilizado. Por serem altamente concentrados, os OEs devem ser manipulados com cautela, pois podem apresentar toxicidades em doses elevadas (Dhifi *et al*, 2016).

Assim a complexidade química dos OEs está relacionada à presença de 20-40 compostos em diferentes proporções formando uma mistura complexa. As diferenças entre cada tipo de OE dependem dos componentes majoritários, que podem representar de 20% - 70% da mistura total. Essa característica singular confere relevância ao uso desses compostos nas áreas de interesse, visto que podem ser absorvidos por vias tópicas, orais ou inalatórias, desencadeando respostas fisiológicas e psicológicas ao interagir com os sistemas nervoso e imunológico. (Bieski *et al*, 2022).

Bieski *et al* (2022) destacam exemplos de compostos majoritários e suas concentrações em diferentes tipos de óleos essenciais:

[...] carvacrol (30%) e timol (27%) são os principais componentes do óleo essencial de *Origanum compactum* Benth (família Lamiaceae), linalol (68%) do óleo essencial de *Coriandrum sativum* L. (família Apiaceae),  $\alpha$ - e  $\beta$ -tujona (57%) e cânfora (24%) do óleo essencial de *Artemisia alba* Turra (família Asteraceae), 1,8-cineol (50%) do óleo essencial de *Cinnamomum camphora* (L.) J.Presl (família Lauraceae),  $\alpha$ -felandreno (36%) e limoneno (31%) da folha e carvona (58%) e limoneno (37%) do óleo essencial de sementes de *Anethum graveolens* L. (família Apiaceae), mentol (59%) e mentona (19%) do óleo essencial de *Mentha piperita* L. (família Lamiaceae) (Bieski *et al.*, 2022).

Assim, é possível verificar a diversidade de grupos funcionais identificadas nos óleos essenciais intrinsecamente relacionada à espécie vegetal de origem, refletindo-se em suas propriedades físico-químicas e na sua aplicabilidade. A determinação do composto majoritário de cada óleo essencial é um parâmetro primordial para compreender suas características químicas, biológicas e tecnológicas. Assim, o Quadro 1 sistematiza as principais funções orgânicas, fórmulas moleculares e propriedades físico-químicas e bioativas dos compostos majoritários apresentados por Bieski *et al.* (2022), enquanto a Figura 1 ilustra as respectivas fórmulas estruturais dessas moléculas, proporcionando uma representação visual de sua organização química.

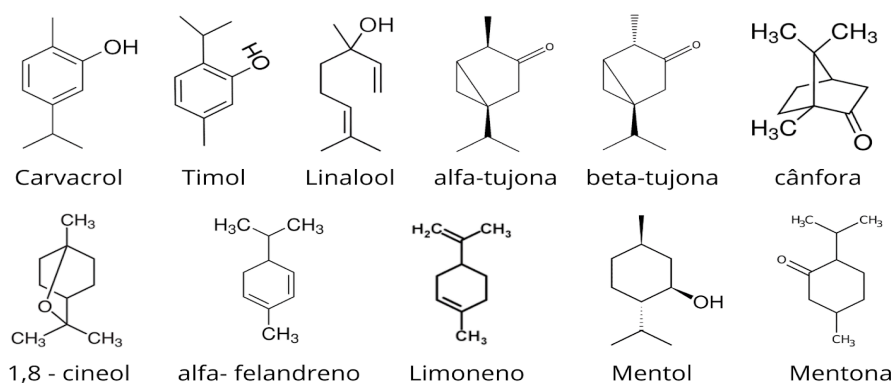
**Quadro 1** - Funções orgânicas, fórmulas moleculares e propriedades físico-químicas e bioativas de compostos representativos de óleos essenciais.

<b>Composto representativo</b>	<b>Fórmula molecular</b>	<b>Função orgânica</b>	<b>Propriedades físico-químicas</b>	<b>Sensoriais/ Bioatividade</b>
Carvacrol	$C_{10}H_{14}O$	Fenol	Apolar, volátil, pouco solúvel em água.	Odor pungente, picante, anticancerígeno, antimicrobiano.
Timol	$C_{10}H_{14}O$	Fenol cíclico	Apolar, volátil, pouco solúvel em água	Odor aromático característico de tomilho e orégano, anti-inflamatórias, imunomoduladoras e antinociceptivas.
Linalol	$C_{10}H_{18}O$	Álcool	Apolar, volátil, pouco solúvel em água	Floral, amadeirado e refrescante, analgésica, anti-inflamatória, anti depressiva.
$\alpha$ - e $\beta$ -tujona	$C_{10}H_{16}O$	Cetona bicíclica	Apolar, volátil, solúvel em solventes orgânicos	Mentolado, canforáceo, anticancerígenos e antimicrobianos, neurotóxico em doses elevadas.

Cânfora	$C_{10}H_{18}O$	Cetona	Apolar, volátil, pouco solúvel em água	Odor forte e penetrante, analgésico tópico suave, antipruriginoso (alivia coceira).
1,8-cineol (Eucaliptol)	$C_{10}H_{18}O$	Éter cíclico	Apolar, insolúvel em água, volátil	Odor aromático, canforáceo, ações mucolíticas, antimicrobianas, anti-inflamatórias, antioxidantes e analgésicas.
$\alpha$ -felandreno	$C_{10}H_{16}$	Hidrocarboneto (alcadienos cíclicos)	Apolar, volátil, insolúvel em água	Cítrico, herbáceo ou mentolado, anti-inflamatória, analgésica, antifúngica e antibacteriana
Limoneno	$C_{10}H_{16}$	Hidrocarboneto insaturado cíclico	Apolar, volátil, pouco solúvel em água	Odor cítrico, antimicrobiano, antitumoral, antioxidante, analgésico, calmante.
Mentol	$C_{10}H_{20}O$	Álcool monocíclico	Apolar, volátil, pouco solúvel em água	Odor menta, analgésico, tonificante, bactericida, refrescante, fungicida.
Mentona	$C_{10}H_{18}O$	Cetona	Polar, volátil, solúvel em água	Odor menta/hortelã, inseticida, larvicida.

Fonte: Elsharif; Banerjee; Buettner, 2015. Elsharif; Buettner, 2018; Geithe *et al*, 2017.

**Figura 1** - Estruturas químicas dos compostos majoritários de alguns óleos essenciais.



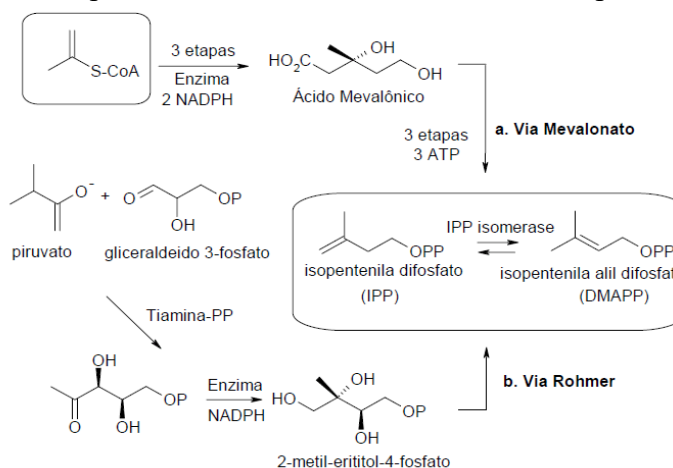
Fonte: Adaptado de Souza *et al*, 2023.

A partir dessa discussão estrutural, destaca-se que os componentes dos óleos essenciais podem ser classificados de acordo com a via biossintética pela qual são produzidos,

sendo divididos em três grupos principais: terpenóides (grupo predominante), compostos fenólicos e compostos nitrogenados. A maior parte dessas substâncias possui como estrutura fundamental os terpenos, que representam cerca de 90% da composição dos óleos essenciais. Os terpenos são sintetizados a partir do agrupamento de 5 carbonos ramificados o isopentano, monômero primordial na formação dessas moléculas (Santos; Meneghetti, 2021).

Os isopentanos, denominados isoprenos por funcionarem como unidades básicas de construção dos terpenos, são sintetizados por vias metabólicas presentes em plantas, nas quais enzimas específicas catalisam as reações. Esses isoprenos derivam dos compostos precursores Isopentil pirofosfato (IPP) e seu isômero pirofosfato dimetilalila (DMAPP). A síntese de ambos ocorre por duas rotas principais: a via do mevalonato (MVA) e a via do Metileritritol-fostato (MEP) (Santos; Meneghetti, 2021). A Figura 2 apresenta a biossíntese do IPP e seu isômero DMAPP pela via MVA.

**Figura 2** - Esquema da biossíntese do IPP e DMAPP pela via MVA

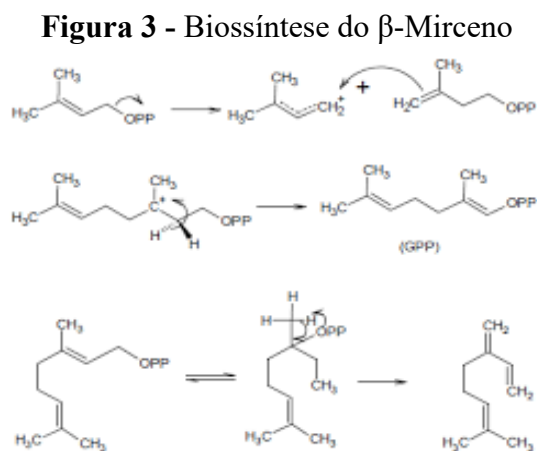


Fonte: DEWICK, 1997.

Essas vias estão localizadas em diferentes compartimentos subcelulares e utilizam diferentes materiais de partida, fornecendo um esqueleto de carbono fundamental para a síntese de uma ampla variedade de compostos terpenóides (Cheng *et al.*, 2025).

A condensação entre as unidades de isopreno ocorre pela eliminação do pirofosfato (OPP) durante a reação entre o DMAPP e IPP, por um mecanismo de adição eletrofílica via carbocátion alílico. Inicialmente, a saída do OPP gera um carbocátion altamente reativo, devido a deficiência de elétrons nessa estrutura, que permite o ataque nucleofílico da dupla ligação de IPP, formando ligações C-C. Esse processo se repete sucessivamente com as

unidades de IPP, sempre acompanhado da eliminação do OPP e o encaixe sequencial das unidades isoprenóides pelo mecanismo de condensação mediado pela formação de carbocátions (Cheng *et al*, 2025). A figura 3 apresenta a biossíntese do  $\beta$ -Mirceno numa reação de condensação pela eliminação do OPP.

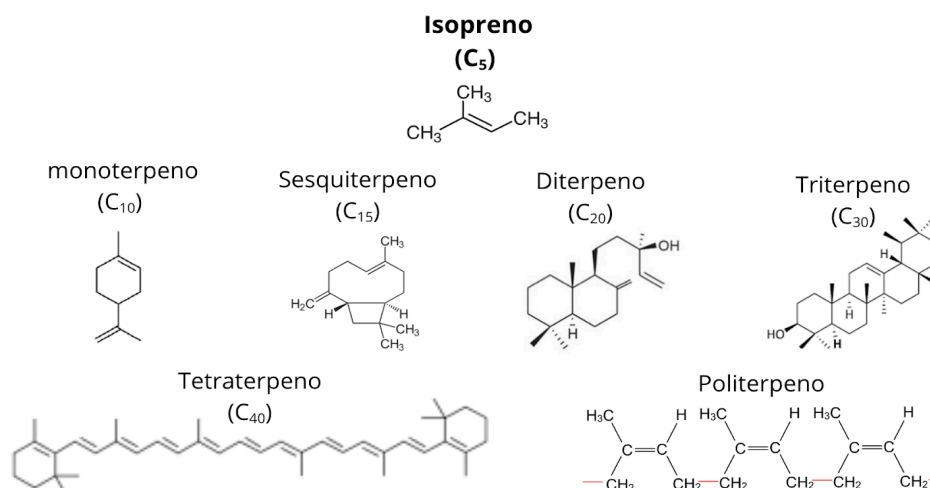


Fonte: Rodrigues; Almeida, 2018.

Dessa forma, a partir dos precursores IPP e DMAPP, formam-se os monômeros fundamentais da estrutura dos terpenos que podem pertencer a diversas classes químicas incluindo hidrocarbonetos, álcool, cetona, óxidos, aminas, amidas, fenóis, aldeídos, ésteres, compostos de nitrogênio e enxofre e heterocíclicos totalizando mais de 50.000 moléculas identificadas em produtos naturais (Souza *et al*, 2023).

Além da variedade de espécies químicas os terpenos podem ser classificados em: hemiterpenos ( $C_5$ ), monoterpenos ( $C_{10}$ ), sesquiterpenos ( $C_{15}$ ), diterpenos ( $C_{20}$ ), triterpenos ( $C_{30}$ ), tetraterpenos ou carotenoides ( $C_{40}$ ), politerpenos (cadeias longas e complexas formadas de unidades  $C_5$ ), por meio dessas nomenclaturas é possível identificar a quantidade de unidades de isopreno ( $C_5$ ) existentes em sua estrutura principal. Dentre esses grupos de isoprenos os mais abundantes em óleos essenciais são os **monoterpenos** e **sesquiterpenos**, que apresentam maior volatilidade e baixo peso molecular, sendo os principais responsáveis pela bioatividade dos óleos essenciais (Souza *et al*, 2023). A Figura 4 apresenta exemplos de terpenos de acordo com sua classificação.

**Figura 4-** Classificação dos terpenos de acordo com a quantidade de carbonos na cadeia



Fonte: Adaptado de Carmo et al, 2020 e Perveen et al, 2020.

Utilizando esses aspectos fundamentais dos óleos essenciais e seus componentes majoritários formados através da substituição de grupos metil do isopreno e rearranjo estrutural das ligações tornam-se potencial didático no ensino das funções orgânicas. Ademais a visualização da organização estrutural das moléculas de terpenos e suas cadeias cíclicas, ou abertas, com ramificações e ligações duplas, como apresentado na Figura 4, abre um leque de abordagens pedagógicas para analisar os aspectos físico-químicos de compostos orgânicos.

Nesse sentido, os óleos etéreos oferecem diversas possibilidades de contextualização e abordagem pedagógica para o ensino de funções orgânicas por estar presente em produtos do cotidiano do aluno através de uma imersão na química dos compostos aromáticos. Abordando tanto a composição química, quanto as atribuições históricas, culturais, tecnológicas, sociais e ambientais da sua produção e comercialização. Desse modo, o estudo das funções orgânicas torna-se amplo, abrangente, contextualizado, crítico e interessante para o discente.

Considerando sua relevância científica e didática, torna-se necessário entender também o contexto socioeconômico e ambiental que envolve a produção e utilização dessas essências naturais. Levando em consideração sua ampla aplicação em setores como cosméticos, alimentos, fármacos e aromaterapia é evidente seu impacto no mercado global e local. Além disso, debates sobre sustentabilidade envolvem na sua produção e comercialização reforçam a necessidade da abordagem crítica, em consonância com os princípios do enfoque CTSA.

### 3.4 A IMPORTÂNCIA DAS ANÁLISES QUÍMICAS

A Química Analítica é uma área de extrema importância na otimização de processos de produção e verificação de padrões de qualidade de produtos comerciais através de métodos de análise qualitativa e quantitativa. Assim, é possível estabelecer avanços e usos corretos de matérias-primas de interesse por meio da investigação da composição e quantificação química de produtos comercializáveis que possam ter aplicabilidade nos diversos setores da indústria. A escolha do método de análise baseia-se nos resultados de interesse, na quantidade de amostra disponível e no tipo de analito a ser estudado (Ohlweiler, 1982).

Dentre esses métodos estão os convencionais (titulorimetria, gravimetria etc.) e os instrumentais (CG-MS, UV-vis entre outros), este último, mais moderno e tecnológico, simplificou e otimizou o tempo, a precisão e confiabilidade dos dados obtidos minimizando erros operacionais. Ademais, os métodos instrumentais possuem alta sensibilidade e conseguem identificar traços de substâncias presentes no analito sendo de extrema importância nos processos industriais devido a necessidade de análises em grande escala (Ohlweiler, 1982).

Dessa forma, a caracterização dos óleos essenciais é uma prática amplamente utilizada pela indústria para identificar, quantificar e definir compostos químicos presentes nos diferentes tipos de óleos essenciais e designar a aplicação/setores de uso desses insumos. Essa etapa é de suma importância para o estabelecimento de padrões regulatórios de produção e comercialização, garantindo a qualidade e segurança dos produtos destinados ao consumidor final (Nayak *et al*, 2025).

Nesse sentido, a caracterização de OEs é importante para definir critérios de rotulagem, transporte, armazenamento e pureza assegurando padronização e a conformidade com as normas de qualidade internacionais. Para tanto, são empregadas técnicas analíticas avançadas, como Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-MS), Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) e Espectrofotometria na região do Ultravioleta-Visível (UV-Vis), entre outras, que permitem avaliar de forma precisa a composição química e o perfil de qualidade desses compostos (Nayak *et al*, 2025).

Diante desse contexto, neste trabalho foram empregadas as técnicas de Cromatografia gasosa (CG) acoplada à Espectrômetro de Massas (MS) e a Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) para a caracterização dos óleos essenciais de limão e

tangerina. A utilização dessas técnicas objetivou a obtenção de dados experimentais reais que permitissem a identificação, quantificação e validação dos compostos químicos presentes nas amostras, bem como a observação dos grupos funcionais característicos por meio dos espectros gerados. O FTIR permitiu a análise das bandas espectrais associadas aos grupos funcionais por meio de uma observação qualitativa da amostra, enquanto a CG-MS possibilitou a quantificação e identificação dos componentes químicos por meio da validação dos dados na base NIST.

A partir da caracterização química realizada, os dados obtidos por CG-MS e FTIR foram posteriormente utilizados como base para a identificação das funções orgânicas presentes em cada óleo essencial e para a elaboração de um material didático cientificamente fidedigno. Esse material teve como finalidade apresentar aos alunos resultados reais de análises químicas e demonstrar como tais resultados são interpretados a partir dos conhecimentos da Química Orgânica, evidenciando a aplicação prática dos conteúdos estudados e a importância da compreensão das características físico químicas dos grupos funcionais na confirmação da composição química de um analito.

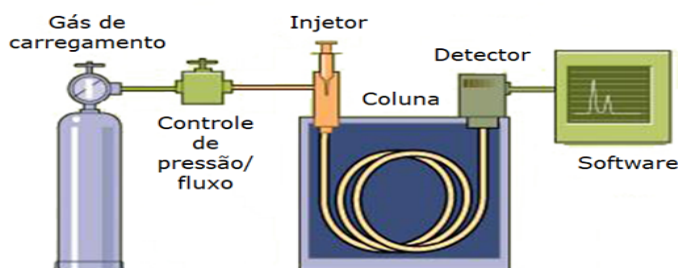
### 3.4.1 Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG-MS)

A cromatografia gasosa (CG) é uma técnica de separação de espécies químicas mais amplamente utilizada para fins analíticos, devido à sua rapidez, sensibilidade e eficiência na determinação do número de componentes de uma mistura, do grau de pureza e da identidade das substâncias. A CG promove a separação dos constituintes da amostra com base na afinidade dos compostos químicos pelas fases estacionária e móvel do sistema (Ewling, 1972).

De modo geral, o sistema cromatográfico é composto por alguns elementos essenciais: **fase estacionária**, representada por uma coluna capilar de metal, vidro ou polímero orgânico, geralmente com diâmetro interno de aproximadamente 0,25 mm, 50 m de comprimento e espessura de filme inferior a 1 µm; **fase móvel**, constituída por um **gás de arraste** inerte — como o hélio, hidrogênio, argônio, nitrogênio — responsável por conduzir a amostra ao longo da coluna; **forno de aquecimento**, que mantém e controla a temperatura do sistema; **injetor** de amostra, onde o analito é introduzido no equipamento (por válvula, ampola ou seringa); e **detectores**, que permitem quantificar as frações molares dos componentes de acordo com o

tempo de retenção na coluna (Ewling, 1972). A Figura 5 mostra a representação gráfica dos componentes de um CG.

**Figura 5** - Representação gráfica dos componentes principais do CG



Fonte: ABQRS, 2025.

A separação das frações molares dos compostos orgânicos na cromatografia gasosa ocorre principalmente em função dos equilíbrios de partição entre a fase móvel gasosa e a fase estacionária, normalmente líquida, presente no interior da coluna capilar. Durante o procedimento, a amostra é vaporizada no injetor e conduzida pelo gás de arraste através da coluna cromatográfica. À medida que a temperatura do forno aumenta gradualmente, os compostos mais voláteis são eluídos em temperaturas mais baixas, enquanto aqueles com maior afinidade com a fase estacionária permanecem na coluna por mais tempo, exigindo temperaturas mais elevadas para serem eluídos. Esse comportamento permite a separação eficiente dos constituintes do analito e a detecção individual de cada fração molar de acordo com seu tempo de retenção característico (Skoog *et al*, 2021).

É importante ressaltar que a cromatografia gasosa é um processo físico de separação, e portanto, o detector não especifica a natureza estrutural dos compostos. Dessa forma, acopla-se a técnica à espectrometria de massas (CG-MS), permitindo a identificação das espécies químicas presentes no analito (Skoog *et al*, 2021).

A espectrometria de massas utiliza a razão massa-carga ( $m/z$ ) para detectar íons moleculares e fragmentos gerados a partir da ionização de moléculas. Quando os constituintes separados pela CG chegam ao espectrômetro de massas, são submetidos à ionização por impacto de elétrons (EI), em que um feixe de elétrons com energia aproximadamente 70 eV colide com as moléculas, removendo elétrons e promovendo sua fragmentação. Os íons formados são então separados e detectados com base em suas razões  $m/z$ , originando o espectro de massas característico de cada composto (Harris; Lucy, 2017).

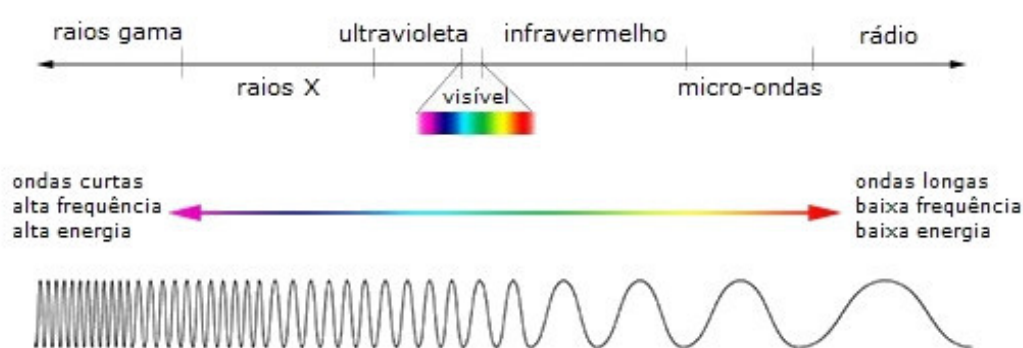
No contexto de óleos essenciais, Gonçalves *et al.* (2022) destacam que a ionização por elétrons é uma das mais adequadas para a análise dessa classe de substâncias, uma vez que os padrões de fragmentação produzidos auxiliam na diferenciação entre compostos estruturalmente semelhantes, incluindo isômeros, característicos relevantes em misturas complexas.

Conclui-se que o CG-MS é uma técnica analítica altamente sensível, capaz de identificar compostos orgânicos presentes em diferentes concentrações a partir de pequenas quantidades de amostra. Considerando que os óleos essenciais apresentam composição química complexa, incluindo isômeros estruturais e geométricos, a técnica mostra-se especialmente adequada para a identificação e caracterização detalhada desses constituintes.

### 3.4.2 Espectrofotometria no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

As ondas eletromagnéticas interagem com a matéria produzindo diferentes fenômenos físicos e químicos. Em nível molecular, essa interação varia conforme a frequência e a energia da radiação, uma vez que diferentes comprimentos de onda podem promover excitação vibracional, transições eletrônicas ou até o rompimento de ligações químicas em faixas de maior energia (Cienfuegos; Vaitsman, 2000). A Figura 6 apresenta o espectro eletromagnético, destacando a relação entre energia e comprimento de onda.

Figura 6 - Espectro eletromagnético



Fonte: Mauler, 2024.

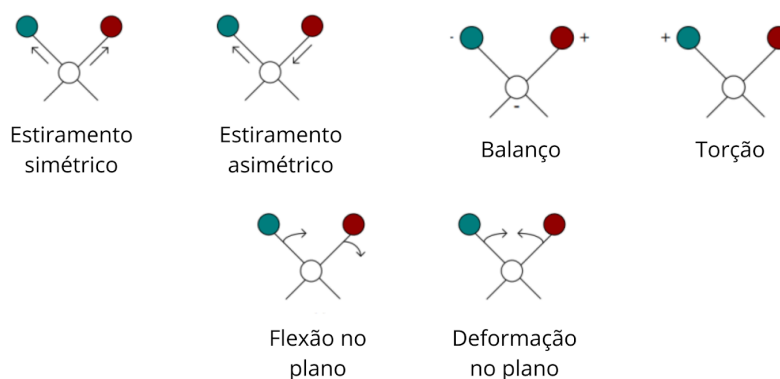
Como apresentado na Figura 6, a radiação infravermelha possui energia maior que micro-ondas, porém menor que a radiação visível, o que permite que interaja com as moléculas promovendo transições vibracionais sem causar ionização ou degradação química

significativa da amostra. Nesse processo, ligações químicas absorvem energia e passam a vibrar mais intensamente. Cada grupo funcional apresenta frequências de absorção características, funcionando como uma espécie de “impressão digital molecular” (Cienfuegos; Vaitsman, 2000).

O espectro resultante representa a intensidade (transmitância ou absorbância) em função do número de onda, geralmente entre  $4000$  e  $400\text{ cm}^{-1}$ , faixa em que ocorrem estiramentos e deformações relevantes para identificação de grupos funcionais. Embora a técnica não forneça diretamente a estrutura completa da molécula, sua utilização em conjunto com outras técnicas espectroscópicas permite inferências estruturais mais precisas (Harris; Lucy, 2017).

As moléculas vibram apenas frequências específicas porque a energia vibracional é quantizada. Assim, quando um feixe de radiação incide sobre a amostra, os fótons são absorvidos apenas se sua energia corresponder à frequência vibracional natural da ligação. Essas vibrações podem envolver estiramentos simétricos e assimétricos, deformações angulares (*bending*), torção (*twisting*), balanço (*rocking*) e movimentos fora do plano (*wagging*), cada qual ocorrendo em faixas características. Por exemplo, estiramentos de ligações C–H insaturadas geralmente aparecem próximos a  $3080\text{ cm}^{-1}$ , enquanto deformações angulares de C–H alifáticos surgem entre  $1460\text{--}1370\text{ cm}^{-1}$ . A Figura 7 ilustra modos vibracionais (Harris; Lucy, 2017).

**Figura 7 - Modos vibracionais de ligações químicas**



Fonte: Adaptado de Serafim, 2020.

Nesse sentido, como cada ligação tem seu tipo natural de vibração, a espectroscopia funciona para moléculas de forma análoga às impressões digitais para os seres humanos (Serafim, 2020).

No contexto dos óleos essenciais, a análise por FTIR torna-se pertinente na determinação de grupos funcionais majoritários e na verificação de qualidade desses produtos, contribuindo para a prevenção de possíveis adulterações que possam comprometer a saúde ou o produto destinado ao consumidor final. Desse modo, a técnica evidencia como a ciência e tecnologia estão correlacionadas ao contexto socioeconômico dessa cadeia produtiva, destacando a relevância de pesquisas, regulamentações e controle de qualidade desses insumos.

Além disso, a interpretação de espectros de FTIR contribui para o desenvolvimento da capacidade analítica dos estudantes ao relacionar conceitos abstratos, como tipos de ligações e grupos funcionais, a aplicações concretas empregadas pela indústria farmacêutica, cosmética e alimentícia. Tal abordagem favorece um ensino pautado na perspectiva CTSA, promovendo aprendizagem significativa, pensamento crítico e articulação entre conhecimentos teóricos trabalhados no ensino médio e práticas científicas.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 DELINEAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa caracteriza-se como um estudo de natureza mista (qualitativa-quantitativa), conforme Creswell (2010), integrando procedimentos experimentais laboratoriais e de intervenção pedagógica.

A vertente quantitativa fundamenta-se: (I) na análise físico-química dos óleos essenciais, através dos dados de rendimento, Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-MS) e Espectroscopia no Infravermelho (FTIR); e (II) na análise estatística descritiva das respostas às questões objetivas do questionário aplicado aos discentes.

A vertente qualitativa ancora-se: (I) na concepção e desenvolvimento do produto educacional (o manual didático) sob a perspectiva CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente); e (II) na análise interpretativa das percepções discentes, obtidas por meio da questão aberta do mesmo questionário.

No que tange aos objetivos, o estudo alinha-se à pesquisa de desenvolvimento (visto que se objetivou a criação e validação de um produto educacional), combinada a uma pesquisa experimental (para obtenção dos dados químicos). O eixo pedagógico buscou promover uma aprendizagem significativa e contextualizada do conteúdo de Funções Orgânicas, em alinhamento às competências e habilidades propostas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM).

### 4.2 LÓCUS E SUJEITOS DA PESQUISA

A obtenção dos óleos essenciais de limão (*citrus x latifolia*) e tangerina (*Citrus reticulata*) e a caracterização foram conduzidas nos Laboratórios de pesquisa e análises químicas do Instituto Federal de Alagoas (IFAL) - campus Maceió. Com os dados da pesquisa elaborou-se o material didático que foi disponibilizado para os alunos do 3º ano do Ensino Médio Integrado ao Curso Técnico em Química, no turno vespertino. A escolha da turma justifica-se por esta ter cursado recentemente o conteúdo de química orgânica, mas especificamente funções orgânicas, objeto deste trabalho.

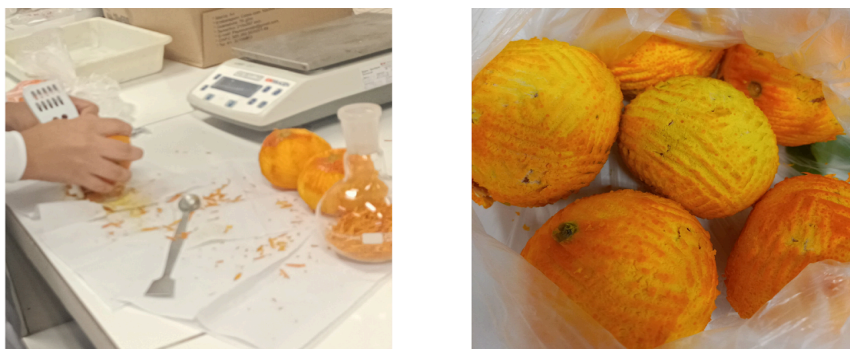
### 4.3 ETAPAS DA PESQUISA

#### 4.3.1 Etapa 1: obtenção e caracterização dos óleos essenciais de limão (*Citrus x latifolia*) e tangerina (*Citrus reticulata*)

- Coleta e preparação do material vegetal

As matrizes vegetais (limão tahiti e tangerina) foram adquiridas no comércio local de Maceió-AL, no mês de setembro a outubro de 2025. A escolha do material consistiu na espessura das cascas dos frutos, firmeza da casca, cor vívida e brilhante, indicativo da preservação dos óleos essenciais no vegetal. O processo de extração ocorreu com as matrizes *in natura*, no qual realizou-se a fragmentação das cascas do limão e da tangerina manualmente com o auxílio de um ralador de metal de verduras caseiro, com o devido cuidado para retirar apenas o epicarpo (camada externa da casca) do fruto, evitando o mesocarpo (parte branca da casca). A Figura 8 ilustra o procedimento de fragmentação manual e o aspecto do material vegetal após a remoção do epicarpo, representado aqui pela tangerina, como exemplos do processo realizado.

**Figura 8** - Etapa de raspagem manual e material vegetal após a remoção do epicarpo



Fonte: Autora, 2025.

- Extração por hidrodestilação com aparelho do tipo Clevenger

A extração dos óleos essenciais foi realizada por hidrodestilação, utilizando-se um aparelho do tipo Clevenger, conforme metodologia descrita por Simas *et al.* (2015), com adaptações. O sistema experimental consistiu em um balão de fundo redondo de 250 mL acoplado a um condensador de tubo reto esmerilhado, sendo o aquecimento promovido por manta elétrica.

Para a obtenção do óleo essencial de tangerina, foram utilizados, em média, 54,19 g de material vegetal *in natura* para cada 60 mL de água destilada. Já para a extração do óleo essencial de limão, empregaram-se, em média, 67,17 g de material vegetal *in natura* para 70 mL de água destilada. Cada processo de extração foi conduzido por um período total de 1 hora, contado a partir do início da ebulição da mistura. O sistema de hidrodestilação empregado neste estudo encontra-se representado na Figura 9.

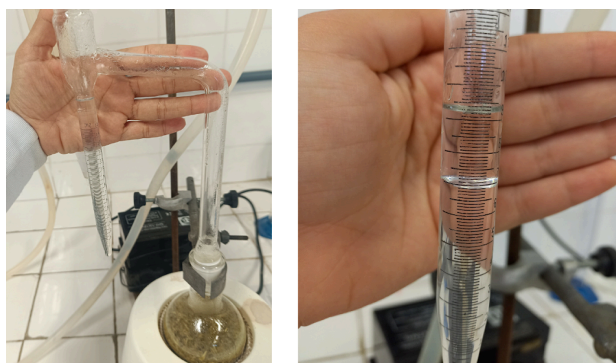
**Figura 9** - Hidrodestilação com aparelho de Clevenger utilizado na extração dos OEs de tangerina (à esquerda) e limão (à direita)



Fonte: Autora, 2025.

Os óleos essenciais foram separados da fase aquosa utilizando uma pipeta pasteur. A Figura 10 mostra a formação das duas fases resultantes do processo de hidrodestilação, evidenciando a separação entre o óleo essencial e o hidrolato devido às diferentes densidades e polaridade das misturas.

**Figura 10** - Separação das fases após hidrodestilação. À esquerda, OE de limão (*Citrus x latifolia*) e, à direita, OE de tangerina (*Citrus reticulata*)



Fonte: Autora, 2025.

Após a remoção do sobrenadante com o auxílio de pipeta pasteur, os óleos essenciais foram tratados com sulfato de sódio anidro ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) em microescala sendo adicionado em porções pequenas até a observação de floculação do sal (sinal de absorção da água). Em seguida, retirou-se o sobrenadante utilizando pipeta pasteur com o intuito de minimizar perdas voláteis. Após o procedimento de secagem armazenou-se o OE em frasco âmbar, previamente pesado e rotulado, sob refrigeração para posterior análise química. O cálculo do rendimento foi realizado pela relação entre a massa de óleo obtida (g) e a massa de material vegetal inicial (g), expresso em percentual (m/m).

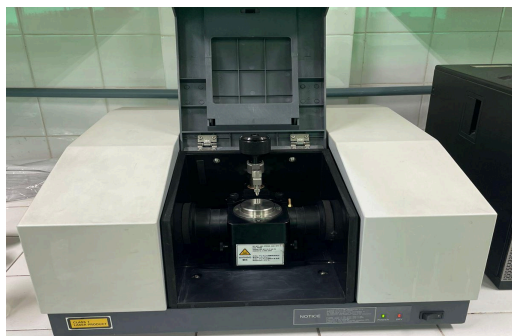
- Análise por CG – MS

As análises foram conduzidas em um equipamento Shimadzu GCMS-QP2010 Ultra, conforme metodologia adaptada de Mohammed *et al* (2024). A coluna capilar utilizada foi a DB-1 (30 m x 0,25 mm x 0,25  $\mu\text{m}$ ), adequada para análise de compostos voláteis de natureza terpênica. As amostras foram injetadas em modo split 20:1, com temperatura do injetor de 200 °C. Utilizou-se hélio (He) como gás de arraste, com fluxo na coluna de 1,0 mL/min. O programa de aquecimento iniciou-se a 40 °C, seguido de rampas até 160 °C (4 °C/min, com patamar de 4 min) e posteriormente até 190 °C (6 °C/min, 6 min), totalizando 45 min de corrida. O espectrômetro de massas operou em modo EI (70 eV), com fonte e interface a 220 °C, em aquisição scan (35–500 m/z). A identificação dos compostos foi realizada por comparação dos espectros obtidos com a biblioteca NIST, considerando similaridade espectral e tempo de retenção relativo.

- Análise por FTIR - ATR

A análise por FTIR, foi conduzida no equipamento Shimadzu IRAffinity - 1 no modo de reflectância total atenuada (ATR), utilizando cristal/prisma de alta sensibilidade (padrão do equipamento) como meio óptico, o que permitiu a aquisição direta dos espectros sem preparo prévio da amostra. Os espectros foram obtidos na faixa de 4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$ , visando identificar as bandas características dos grupos funcionais majoritários presentes nas amostras. O equipamento utilizado nas análises FTIR, operado em modo ATR, pode ser observado na Figura 11.

**Figura 11** - Equipamento utilizado nas análises de FTIR-ATR, com cristal/prisma de alta sensibilidade



Fonte: Autora, 2025.

#### **4.3.2 Etapa 2: desenvolvimento do produto educacional (eixo pedagógico)**

Com base nos resultados experimentais obtidos na Etapa 1 e em uma revisão bibliográfica aprofundada, foi desenvolvido o produto educacional (PE) intitulado “A essência da Química: Descobrendo funções orgânicas no mundo dos aromas”. O manual/guia didático foi concebido com o objetivo de promover a contextualização do ensino de funções orgânicas a partir da temática dos óleos essenciais, buscando democratizar o acesso a conteúdos científicos fundamentados, especialmente em contextos escolares que não dispõem de laboratórios e equipamentos de análise química. Nesse sentido, o uso de dados reais provenientes de técnicas analíticas modernas construiu o eixo central do material, garantindo rigor científico à proposta pedagógica.

O produto educacional foi elaborado em formato digital, utilizando a ferramenta Canva, com a intencionalidade de favorecer uma aprendizagem imersiva por meio da exploração de recursos visuais, gráficos e multimídia, alinhando-se às práticas contemporâneas de ensino mediadas por tecnologias digitais. A organização do manual fundamentou-se nos pressupostos da contextualização defendida por Wartha, Silva e Bejarano (2013), da aprendizagem significativa de Ausubel e da abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), compreendendo o conhecimento químico como socialmente situado e historicamente construído.

O manual/guia foi estruturado em quatro partes principais, organizadas de forma progressiva intencional. A primeira parte apresenta o contexto histórico, social e científico dos óleos essenciais, introduzindo conceitos básicos sobre sua definição, origem vegetal e

funções biológicas, além de exemplos de aplicações práticas no cotidiano. Nessa etapa, são discutidas as técnicas de extração e sua evolução ao longo do tempo, desde métodos tradicionais até processos industriais, com a inserção de links para videoaulas e materiais audiovisuais que ilustram os diferentes tipos de extração. Também é abordada a produção de cítricos no Brasil, destacando sua relevância econômica, social e ambiental, possibilitando ao estudante estabelecer relações entre os processos químicos envolvidos, a história e a sociedade.

Na segunda parte, as funções orgânicas são apresentadas de forma integrada ao contexto dos óleos essenciais de limão e tangerina. Essa apresentação ocorre por meio de representações gráficas das moléculas, uso estratégico de cores e imagens e linguagem acessível, sem prejuízos ao rigor conceitual. Os grupos funcionais são associados às propriedades sensoriais dos óleos, especialmente ao aroma, evidenciando que compostos como o limoneno, embora presentes em ambos os óleos, conferem fragrâncias distintas em função de suas concentrações e da presença de outras substâncias químicas. Essa organização visa favorecer a aprendizagem significativa ao relacionar estrutura molecular, função organizar e propriedades perceptíveis.

A terceira parte do manual explora a utilização de tecnologias analíticas na caracterização, padronização e controle de qualidade dos óleos essenciais. Os dados reais obtidos por meio das técnicas de espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) e cromatografia gasosa acoplada à espectroscopia de massas (CG-MS) foram incorporados ao material didático com a finalidade de demonstrar como a pesquisa científica e a indústria utilizam análises químicas para compreender o comportamento molecular e direcionar a aplicação desses insumos. Foram incluídos cromatogramas e espectros reais, bem como links para vídeo aulas explicativas e para simulações interativas disponíveis na plataforma PhET, que auxiliam na compreensão da interação da matéria com a luz, separação de misturas, concentração e interpretação de dados experimentais.

Por fim, a quarta parte do manual aborda a cadeia produtiva dos óleos essenciais cítricos, enfatizando as dimensões sociais, econômicas, tecnológicas e ambientais envolvidas. São discutidas as aplicações desses insumos em produtos do cotidiano, a importância ambiental das plantações de cítricos e sua contribuição para a preservação da fauna e flora em determinadas regiões. Essa seção reforça a perspectiva CTSA ao evidenciar que o processo científico está intrinsecamente relacionado às dimensões históricas, sociais, culturais e

ambientais da sociedade, destacando a relevância dos conhecimentos sobre funções orgânicas para o desenvolvimento de produtos sustentáveis e seguros. Para ampliar a contextualização, foram inseridos links para notícias e vídeos que abordam a citricultura brasileira e seus impactos socioambientais.

Dessa forma, o produto educacional foi estruturado de modo a integrar ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, utilizando dados reais e recursos digitais diversificados como estratégia para promover uma aprendizagem significativa, crítica e contextualizada no ensino das funções orgânicas. O material didático encontra-se apresentado no apêndice C.

### 4.3.3 Etapa 3: aplicação e coleta de dados (eixo intervenção)

A intervenção pedagógica ocorreu no IFAL – Campus Maceió, na turma do ensino médio integrado em química. Para sua execução, a turma foi dividida em dois grupos: O primeiro participou do processo de extração dos óleos essenciais e a caracterização, enquanto o segundo grupo teve acesso apenas ao material didático com o objetivo de avaliar o potencial pedagógico do Produto Educacional (PE) e verificar sua aplicabilidade fora de um ambiente experimental.

A aplicação do PE ocorreu entre os dias 6 a 13 de novembro de 2025 e seguiu o seguinte roteiro:

1. **Disponibilização do material:** O manual didático (PE) foi disponibilizado digitalmente em PDF para 27 alunos participantes. Foi concedido um tempo de 7 dias corridos para leitura, análise e estudo do material.
2. **Coleta de Dados:** Foi aplicado um questionário de percepção por meio da plataforma *Google Form*, que gerou os gráficos utilizados na análise. O instrumento foi anônimo e estruturado em duas partes:
  - **Perguntas objetivas:** 6 questões fechadas utilizando escala Likert de 5 pontos. O método foi destinado a quantificar a percepção discente sobre a clareza, relevância e eficácia do manual no auxílio à compreensão das funções orgânicas.
  - **Pergunta Aberta:** Uma questão dissertativa ao final, solicitando que os alunos expressassem livremente suas opiniões, críticas e sugestões sobre o material e a abordagem CTSA utilizada.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE LIMÃO E TANGERINA (ETAPA 1)

A hidrodestilação das cascas de limão (*Citrus × latifolia*) e tangerina (*Citrus reticulata*) foram realizadas em triplicata, no qual os valores de rendimento para óleo essencial foi calculado pela razão entre a massa de OE obtido e a biomassa utilizada como apresentados na Tabela 1 e na Tabela 2.

**Tabela 1** - Rendimento (%) dos óleo essencial de limão obtido por hidrodestilação

Amostra	Biomassa (g)	Massa do óleo (g)	Rendimento (%)
Limão - extração 1	66,92	1,06	1,58
Limão - extração 2	62,00	0,82	1,32
Limão - extração 3	72,58	0,75	1,03
Média - limão	67,16	0,87	1,32

Fonte: Autora, 2025.

**Tabela 2** - Rendimento (%) dos óleo essencial de tangerina obtido por hidrodestilação

Amostra	Biomassa (g)	Massa do óleo (g)	Rendimento (%)
Tangerina - extração 1	54,7	1,13	2,06
Tangerina - extração 2	53,94	1,05	1,97
Tangerina - extração 3	54,00	1,06	1,96
Média - tangerina	54,21	1,08	2,00

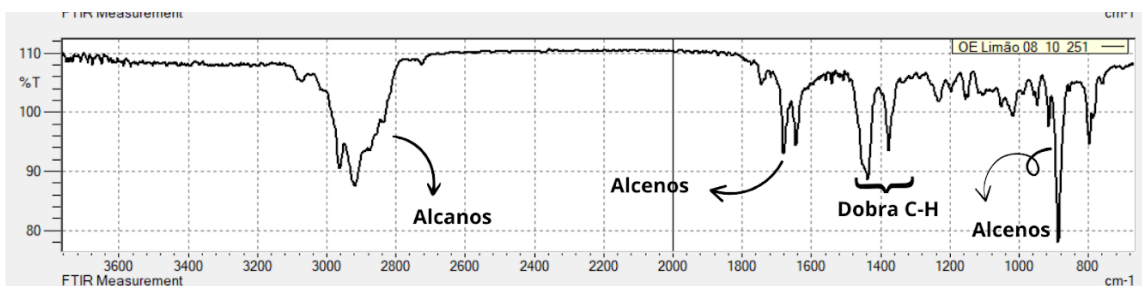
Fonte: Autora, 2025.

Os rendimentos obtidos nesta pesquisa mostraram-se coerentes com os valores descritos na literatura, que variam entre 0,28 % e 2,87 %. Como discutido por Teixeira, Marques e Figueiredo (2013), essa amplitude é esperada em óleos essenciais cítricos, cuja composição e rendimento são influenciados por fatores sazonais, geográficos, condições de colheita, espessura da casca e preservação do material vegetal - aspectos que também são destacados por Borges e Amorim (2020). Os resultados demonstram reprodutibilidade satisfatória, confirmando que as condições experimentais adotadas foram adequadas para gerar dados representativos para posterior caracterização química.

Além da dimensão técnica, o experimento revela importante potencial pedagógico. Pois, a extração de óleos essenciais permite que o estudante perceba sensorialmente, por meio dos aromas liberados, que diversos produtos presentes do cotidiano utilizam as propriedades das funções orgânicas presentes nesses compostos.

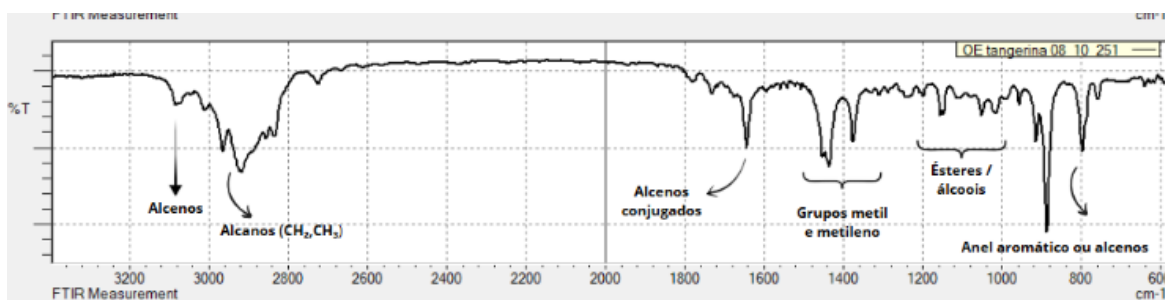
Nesse contexto, a análise por FTIR permitiu, de forma qualitativa, identificar os grupos funcionais presentes nas amostras. Os espectros dos óleos essenciais de limão e tangerina apresentaram bandas características de compostos terpênicos grupos funcionais majoritários presentes em óleos cítricos. Os espectros obtidos podem ser observados na Figura 13 e na Figura 14.

**Figura 12** - Espectro obtido no FTIR do OE de limão



Fonte: Autora, 2025.

**Figura 13:** Espectro obtido no FTIR do OE de tangerina



Fonte: Autora, 2025.

A confirmação da presença de alcenos, alcanos, álcoois e estruturas aromáticas por meio das bandas observadas nos espectros reforça o potencial dos óleos essenciais como recurso didático para o ensino de Funções Orgânicas. Esses dados favorecem a inserção do estudante em um contexto tecnológico aplicado às análises químicas, possibilitando a compreensão dos princípios de interpretação espectral e sua relação com a avaliação da qualidade e da pureza desses produtos.

Além disso, a utilização do modo ATR facilitou a análise direta das amostras, tornando o procedimento simples, rápido e reprodutível, que pode proporcionar ao estudante uma experiência prática mais acessível e didaticamente estruturada. A técnica dispensa preparo prévio da amostra e não requer o uso de reagentes tóxicos para sua execução,

configurando-se como uma metodologia segura e adequada para atividades experimentais no ensino médio.

Os resultados obtidos por CG-MS confirmaram a presença dos grupos funcionais previamente identificados nos espectros de FTIR e foram fundamentais para a elaboração do material didático. Esses dados possibilitaram a identificação dos constituintes químicos majoritários e minoritários, além de fornecer subsídios para compreender como tais compostos influenciam o aroma, a bioatividade e as propriedades físico-químicas dos óleos essenciais.

Para evidenciar essa relação, as Tabela 3 e 4 apresentam os constituintes identificados nos OEs de limão e tangerina, respectivamente, acompanhados dos tempos de retenção (TR), abundâncias relativas (%) e classes químicas. Esses resultados permitem correlacionar os compostos identificados com suas funções orgânicas predominantes. Os cromatogramas completos encontram-se apresentados no Apêndice A.

**Tabela 3** - Constituintes químicos identificados no OE de limão por CG-MS

<b>Nome representativo</b>	<b>TR (min)</b>	<b>Abundância relativa (%)</b>	<b>Classificação</b>
Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 2-methyl-5-(1-	8.640	0,54	Monoterpeno hidrocarboneto Cíclico
$\alpha$ - Pinene	8.850	1,95	Monoterpeno hidrocarboneto Cíclico
Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-m	10.202	10,50	Monoterpeno hidrocarboneto bicíclico
Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-m	10.202	10,50	Monoterpeno hidrocarboneto bicíclico
$\beta$ - Mircene	10.750	1,54	Monoterpeno hidrocarboneto

4-Carene	11.634	0,36	Monoterpeno hidrocarboneto cíclico
p-Cimene	11.736	2,54	Monoterpeno aromático
Limonene	12.135	35,78	Monoterpeno hidrocarboneto cíclico
$\beta$ - Ocimene	12.785	0,11	Monoterpeno hidrocarboneto
$\gamma$ - Terpinene	13.147	14,97	Monoterpeno hidrocarboneto cíclico
Cyclohexene, 3-methyl-6-(1-methyle thyl	14.231	1,00	Monoterpeno hidrocarboneto cíclico
Linalool	14.511	0,74	Álcool monoterpênico
(R)-3,7-dimetil-6-octe nal	16.269	0,16	Aldeído monoterpênico
Terpinen-4-ol	17.287	0,79	Álcool monoterpênico cíclico
$\alpha$ - Terpineol	17.630	1,63	álcool monoterpênico cíclico
Decanal	18.258	0,19	aldeído monoterpênico
(Z)-3,7-dimetil-2,6-oct adien-1-ol	19.172	1,67	Álcool monoterpênico
(Z)-3,7-dimetil-2,6-oct adienal	19.298	4,24	Aldeído monoterpênico

Geraniol	20.082	1,33	Álcool monoterpênico
(E)-3,7-dimetil-2,6-oct adienal	20.325	5,59	Aldeído monoterpênico
Acetato- 3,7 - dimetil - 6-octen-1-ol	23.602	0,41	Acetato monoterpênico
Acetato - 3,7-dimetil-2,6 octadien-1-ol	23.870	2,32	Acetato monoterpênico
Acetato de geranila	24.482	0,89	Acetato monoterpênico
Trans- $\alpha$ -Bergamotene	26.050	0,11	Sesquiterpeno hidrocarboneto bicíclico
Cariofileno	26.177	0,75	Sesquiterpeno hidrocarboneto bicíclico
Trans- $\alpha$ -Bergamotene	26.758	1,96	Sesquiterpeno hidrocarboneto bicíclico
(E)- $\beta$ -Fameseno	27.297	0,15	Sesquiterpeno hidrocarboneto
Germacrene	28.061	0,19	Sesquiterpeno hidrocarboneto cíclico
Bicyclo[7.2.0]undec-4 -ene, 4,11,11-trime	28.219	0,13	Sesquiterpeno hidrocarboneto bicíclico
$\alpha$ -Guaieno	28.547	0,11	sesquiterpeno hidrocarboneto bicíclico

Cyclohexene, 4-(1,5-dimethyl-1,4-he xadi	28.721	0,26	sesquiterpeno hidrocarboneto cíclico
$\alpha$ - Farneseno	28.851	0,43	Sesquiterpeno hidrocarboneto
$\beta$ - Bisaboleno	28.956	3,08	Sesquiterpeno hidrocarboneto cíclico
Guaia-1(10), 11-diene	30.378	0,57	Sesquiterpeno hidrocarboneto bicíclico
Ftalato de dietila	30.478	1,08	Éster aromático/ contaminante

Fonte: Autora, 2025.

**Tabela 4-** Constituintes químicos identificados no OE da tangerina por CG-MS

<b>Nome representativo</b>	<b>TR (min)</b>	<b>Abundância relativa (%)</b>	<b>Classificação</b>
$\alpha$ - Pineno	8.850	1,17	Hidrocarboneto biciclo monoterpênico
Biciclo[3.1.0]hexano, 4-metileno-1-(1-mileti l)	10.080	3,22	Hidrocarboneto biciclo monoterpênico
Biciclo [3.1.1] heptano, 6,6 - dimetil-2-metileno	10.193	0,66	Hidrocarboneto biciclo monoterpênico
$\beta$ - mirceno	10.748	4,70	Hidrocarboneto monoterpênico
Limoneno	12.148	80,94	Hidrocarboneto cíclico monoterpênico

$\beta$ - Ocimeno	12.792	0,10	Hidrocarboneto cíclico monoterpênico
$\gamma$ - terpineno	13.135	0,63	Hidrocarboneto cíclico monoterpênico
Linalool	14.500	6,02	Álcool monoterpênico
6-Octenal,3,7-dimetil- (R)	16.283	0,19	Aldeído monoterpênico
3-Cicloexen-1-ol, 4-metil-1-(1-metiletil) -,(R)	17.307	0,15	Álcool monoterpênico cíclico
$\alpha$ -Terpineol	17.720	0,30	Álcool monoterpênico cíclico
Decanal	18.180	1,67	Hidrocarboneto cíclico monoterpênico
$\alpha$ -Copaeno	24.770	0,14	Hidrocarboneto tricíclico sesquiterpênico
$\delta$ - Cadineno	29.333	0,17	Hidrocarboneto biciclo sesquiterpênico

---

Fonte: Autora, 2025.

Como exposto na Tabela 3 e Tabela 4, os resultados obtidos por CG-MS permitiram identificar e quantificar 33 constituintes químicos no óleo essencial de limão, com a predominância de terpenos do tipo hidrocarbonetos, e 14 constituintes químicos no OE de tangerina, sendo a maior parte deles também terpenos do tipo hidrocarbonetos. Os dados corroboram com a afirmação de Bieski *et al* (2022), sobre a complexidade dos OEs estar relacionado com a variedade de substâncias químicas que compõem essas misturas.

Entre os compostos identificados, destacam-se o limoneno (35,78%) e o  $\gamma$ -terpineno (14,97%) como majoritários do OE de limão; e o Limoneno (80,94%) e Linalool (6,02%) como majoritários do OE de tangerina, perfil amplamente relatado para óleos essenciais cítricos e coerente com a literatura especializada, estando em consonância também com a afirmação de Dhifi *et al.*, (2016) de que os óleos etéreos apresentam constituintes majoritários que determinam sua identidade química.

A diferença na concentração do limoneno presente no OE de limão e tangerina evidencia que seu teor varia de acordo com as espécies de *citrus* como relatado por Simas *et al.* (2015). Além disso, a presença de outros grupos funcionais do tipo aldeído, acetato, anel aromático e álcool, ampliam o potencial pedagógico desses insumos para o ensino de funções orgânicas, uma vez que permitem ao estudante relacionar diretamente os conceitos abstratos das funções orgânicas a estruturas químicas reais.

Segundo Arouche *et al.* (2024), o óleo essencial de limão é um material de significativo interesse industrial, sobretudo no setor farmacêutico, devido à diversidade de terpenos bioativos presentes em sua composição. Esses compostos apresentam propriedades anti-inflamatórias, antioxidantes, anticancerígenas, antibacterianas, antifúngicas, além de potencial ação contra parasitas e vírus. O mesmo ocorre com o OE de tangerina que segundo Teixeira, Marques e Pio (2014), possui uso “ [...] comum na indústria alimentícia e de perfumaria, no preparo de loções, cremes e sabonetes”. A partir dessa perspectiva, o perfil químico obtido neste estudo possibilita discutir aplicações práticas desses produtos em cosméticos, alimentos, formulações terapêuticas e produtos aromáticos, demonstrando ao estudante a relevância da tecnologia de análises químicas na caracterização de substâncias naturais para o direcionamento de sua aplicação social e econômica.

Outro aspecto relevante refere-se à comparação entre os dados deste estudo e aqueles reportados por Arouche *et al.* (2024) e Teixeira, Marques e Pio (2014). Observa-se que, embora alguns constituintes sejam comuns, há diferenças na composição química geral dos óleos, o que reforça a afirmação de que os metabólitos secundários variam conforme fatores climáticos, geográficos, genéticos, sazonais e relacionados ao manejo da planta - conforme discutido por Diffi *et al.* (2016). Essa variabilidade natural é característica de misturas complexas como os óleos essenciais e demonstra a importância de abordagens

contextualizadas no ensino, permitindo ao aluno compreender que a química da natureza não é estática, mas dinâmica e influenciada por múltiplos fatores ambientais.

## 5.2 PRODUTO EDUCACIONAL “A ESSÊNCIA DA QUÍMICA: DESCOBRINDO FUNÇÕES ORGÂNICAS NO MUNDO DOS AROMAS”

Considerando as limitações das escolas públicas que não disponibilizam de equipamentos para análises químicas especializadas e laboratórios de ensino, o manual didático foi elaborado como um recurso de baixo custo, acessível em diferentes contextos educativos. A proposta pedagógica buscou fomentar a contextualização e a aprendizagem significativa como alternativa ao ensino tradicional, permitindo que conceitos complexos relacionados às funções orgânicas fossem explorados por meio de exemplos reais e próximos da realidade dos estudantes.

Dessa forma, o material didático foi fundamentado na teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, ao propor a construção de novos conhecimentos a partir de subsunções já presentes no repertório do aluno, tais como aromas cítricos, perfumes e cosméticos. Conforme discutem Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025), a aprendizagem se consolida quando novos conteúdos são ancorados em experiências reais capazes de atribuir sentido ao que é estudado.

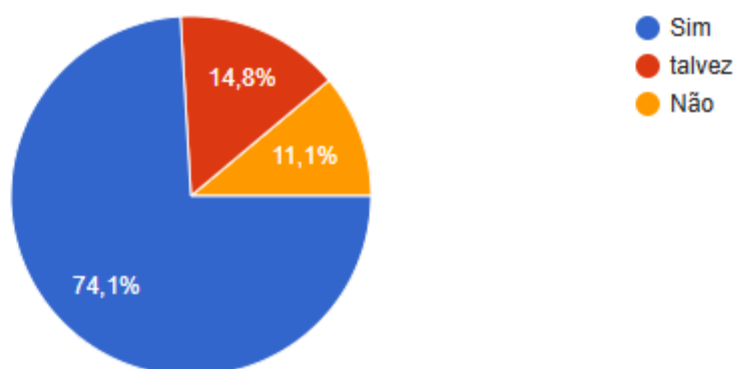
Nesse contexto, conclui-se que a abordagem CTSA empregando os óleos essenciais de limão e tangerina como tema gerador potencializa o ensino de funções orgânicas ao conectar, os conceitos químicos (Ciência), as etapas de extração e caracterização analítica (Tecnologia), e suas implicações sociais, econômicas e ambientais na cadeia citrícola brasileira (Sociedade e Ambiente). Tal articulação contribui para a contextualização do conteúdo e reafirma a indissociabilidade entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, princípio defendido por Delizoicov, Angotti e Pernambucano (2002) como essencial para a formação de cidadãos críticos e conscientes.

Assim, os óleos essenciais revelam-se como recursos educativos significativos, capazes de facilitar o ensino-aprendizagem de funções orgânicas por meio de uma abordagem que relaciona não apenas conceitos químicos abstratos, mas também a importância desses conhecimentos para o bem-estar individual e coletivo, a partir de um olhar multifacetado.

### 5.3 PERCEPÇÃO DOS ALUNOS SOBRE O PRODUTO DIDÁTICO

Partindo da teoria de aprendizagem significativa de Ausubel, que, segundo Silveira, Vasconcelos e Nunes (2025), defendem uma abordagem metodológica de ensino que considere os conceitos preexistentes no subsunçor dos discentes - os óleos essenciais, utilizados como tema gerador, mostraram-se adequados a essa perspectiva. Isso pode ser observado no Gráfico 1, em que 74,1% dos estudantes já possuíam alguma ideia sobre a origem dos óleos essenciais. Apenas 11,1% responderam que não sabiam, o que não invalida a abordagem escolhida; ao contrário, reforça que é possível proporcionar uma aprendizagem diversificada e acessível a diferentes níveis de conhecimento prévio.

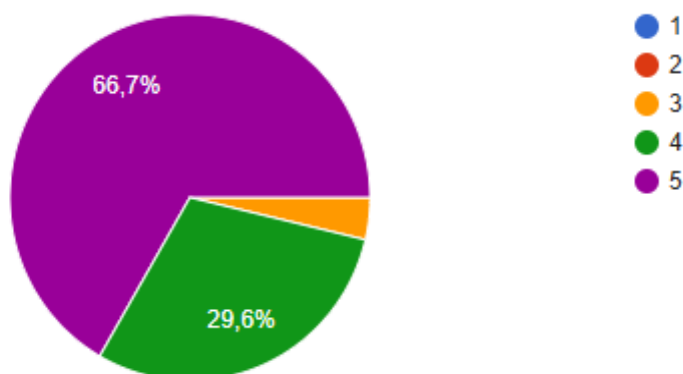
**Gráfico 1** - Você sabia que era possível extrair óleos essenciais a partir de cascas, folhas, flores e outros elementos de plantas?



Fonte: Autora, 2025.

Conforme Wartha, Silva e Bejarano (2013), a contextualização deve superar exemplos meramente ilustrativos, conduzindo o estudante a ressignificar os conceitos científicos a partir de situações reais. Nessa direção, o PE foi estruturado de modo a apresentar as funções orgânicas a partir do conceito de óleos essenciais, favorecendo uma construção gradual do conhecimento ancorado na interpretação de fenômenos concretos. Os dados apresentados no Gráfico 2 corroboram essa premissa, na qual 66,7% dos estudantes atribuíram nota 5 aos exemplos contextualizados e 29,6% atribuíram nota 4, indicando que a estratégia adotada mostrou-se eficaz ao estabelecer conexões entre teoria e prática. Esses resultados evidenciam que as ilustrações presentes no PE atendendo a contextualização proposta por Wartha, Silva e Bejarano (2013) situando as funções orgânicas dentro de um contexto significativo.

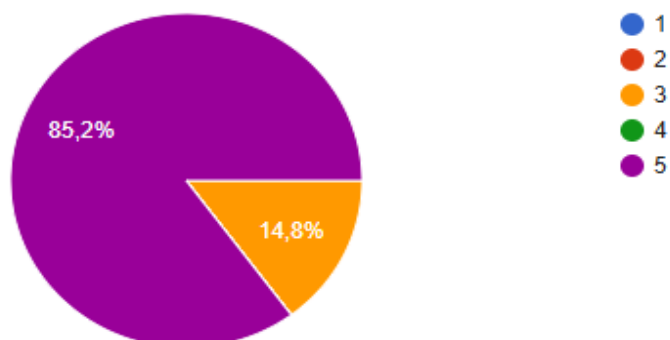
**Gráfico 2** - Os exemplos com óleos essenciais facilitaram a compreensão sobre as funções orgânicas?



Fonte: Autora, 2025.

Considerando que a contextualização, conforme orientam a LDB (1996), a BNCC (2018) e as DCNEM (2024), deve aproximar o conhecimento científico da realidade dos estudantes, promovendo aprendizagens socialmente significativas baseadas em dimensões histórico-sociais. A perspectiva CTSA apresentada por Delizoicov; Angotti e Pernambucano (2002), está alinhada a essas diretrizes, pois a proposta pedagógica buscou favorecer a interpretação dos conceitos a partir de experiências reais através da conexão entre situações cotidianas e as funções orgânicas. Os dados obtidos confirmam a efetividade dessa estratégia uma vez que 85,2% dos estudantes atribuíram nota 5 à capacidade do material didático de relacionar o conteúdo às situações cotidianas, enquanto 14,8% atribuíram nota 4, indicando que a contextualização proposta foi amplamente reconhecida como significativa, esse percentual de aceitação pode ser observado no Gráfico 3.

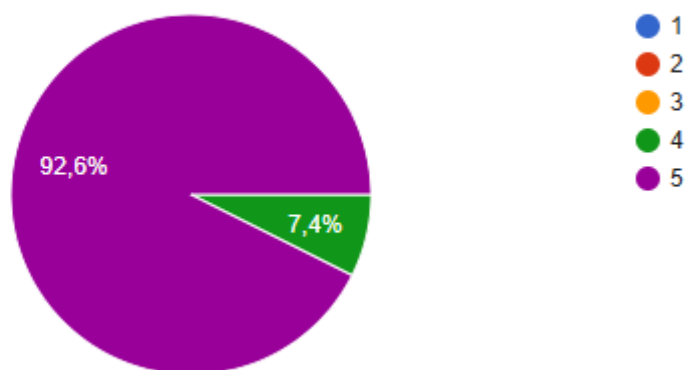
**Gráfico 3** - Você conseguiu relacionar o conteúdo estudado com situações do cotidiano (cosméticos, perfumes, alimentos etc.)?



Fonte: Autora, 2025.

Ao considerar a aplicação prática dos conhecimentos químicos articulando-os aos aspectos ambientais e econômicos, a proposta buscou relacionar os conteúdos específicos às discussões sobre sustentabilidade e geração de renda. Essa abordagem está em consonância com a perspectiva de Fernandes, Pires e Iglesias (2018), para quem a alfabetização científica deve formar cidadãos críticos, participativos e conscientes do papel da ciência no mundo contemporâneo capazes de compreender como a ciência apresenta-se na construção de soluções responsáveis. Assim, os dados do Gráfico 4 demonstraram que essa estratégia contribuiu para ampliar a percepção dos estudantes sobre o potencial da química na promoção de práticas sustentáveis ao inserir-se em contextos de sustentabilidade e valorização econômica. Evidenciado no reaproveitamento de resíduos naturais que são transformados em produtos com potencial econômico. Assim, esses resultados atenderam aos objetivos.

**Gráfico 4** - Você percebeu como a química pode contribuir para práticas sustentáveis e geração de renda?

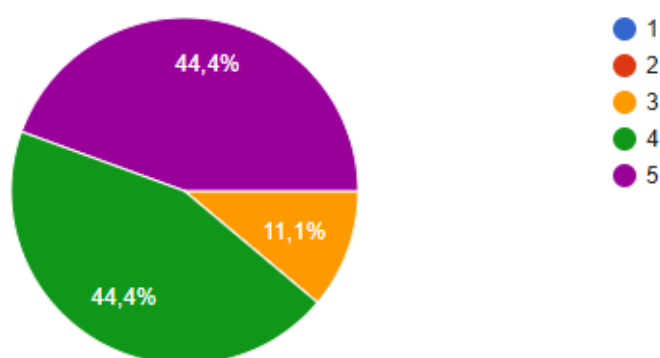


Fonte: Autora, 2025.

Os resultados apresentados no Gráfico 5 indicam que a contextualização dos equipamentos analíticos, a partir do estudo dos óleos essenciais, contribuiu significativamente para a compreensão de como essas tecnologias são empregadas na indústria e de que modo seus dados são interpretados. Essa abordagem atende a necessidade apontada por Gomes e Costa (2022), que destacam a carência de infraestrutura laboratorial na maioria das escolas que distanciam os estudantes de experiências científicas reais. Ao apresentar as técnicas de CG-MS e FTIR de forma aplicada o PE funcionou como um recurso mediador capaz de aproximar os alunos dos equipamentos ampliando a percepção dos conhecimentos químicos

aplicados a tecnologias. Assim os dados obtidos no Gráfico 5 corroboram com essa análise demonstrando que, entre os 27 participantes, 44,4% atribuíram nota 5, evidenciando a compreensão plena do uso dessas técnicas; outros 44,4% atribuíram nota 4, indicando entendimento consistente; e 11,1% atribuíram nota 3, revelando compreensão parcial, sem registros de notas inferiores. Esses resultados confirmam que o objetivo de tornar as técnicas analíticas pedagogicamente compreensíveis e aplicáveis foi alcançado.

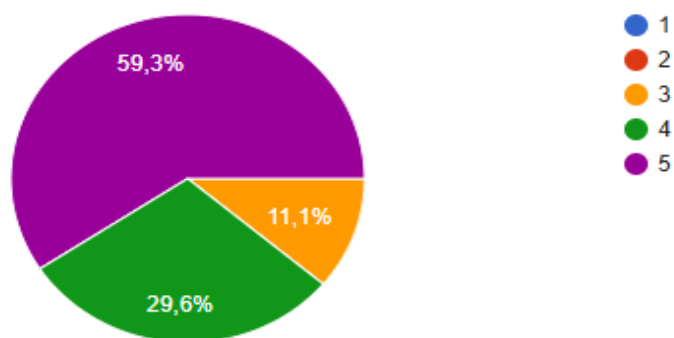
**Gráfico 5** - Você compreendeu como as técnicas CG-MS e FTIR são usadas para identificar e analisar os compostos dos óleos essenciais, revelando sua composição e pureza?



Fonte: Autora, 2025.

Os resultados apresentados no Gráfico 6 evidenciam que os participantes foram capazes de reconhecer as funções orgânicas em diferentes contextos sociais, o que confirma a efetividade da abordagem adotada. No qual, 59,3% atribuíram nota 5 e 29,6% atribuíram nota 4, indicando uma compreensão sólida sobre as implicações sociais dos conceitos químicos. Apenas 11,1% marcaram a opção 3, demonstrando percepção intermediária, porém ainda positiva. Esses dados reforçam que a perspectiva CTSA foi amplamente valorizada pelos estudantes e promoveu uma aprendizagem diversificada, contextualizada e significativa, ao articular aspectos sociais, científicos, tecnológicos e ambientais ao conteúdo de funções orgânicas. Assim, confirma-se que o PE contribuiu diretamente para promover uma educação alinhada ao letramento científico por meio da abordagem CTSA, como defendem Souza, Müller e Gomes (2022), oferecendo um ensino integral da ciência em suas múltiplas dimensões.

**Gráfico 6** - Você acha que a contextualização CTSA através dos óleos essenciais ajudou a enxergar as funções orgânicas no cotidiano?



Fonte: Autora, 2025.

A análise qualitativa da questão aberta permitiu compreender de forma aprofundada como os estudantes perceberam o PE e de que modo o manual didático os auxiliou na articulação entre os conceitos abstratos como, funções orgânicas, espectros, técnicas analíticas, e aplicações práticas relacionadas a aromas, perfumes, medicamentos, práticas sustentáveis e análise química.

As respostas evidenciam que os alunos reconheceram a correlação direta entre grupos funcionais e características sensoriais dos óleos essenciais, como exemplificado na fala: “A parte mais interessante é a ideia de que os aromas dos óleos essenciais surgem porque cada molécula tem um tipo de grupo funcional, e esses grupos são os que definem o tipo de cheiro que sentimos.”. Tal afirmação demonstra apropriação conceitual e capacidade de transferir o conhecimento para situações concretas, confirmando o potencial pedagógico da proposta didática.

Outro aspecto recorrente nas falas foi a valorização das práticas sustentáveis, especialmente quando perceberam que resíduos usualmente descartados podem gerar produtos de alto valor agregado, esse entendimento reforça o potencial formativo da abordagem CTSA, ao integrar dimensões científicas, tecnológicas, econômicas e ambientais ao ensino de química.

Além disso, o reconhecimento da relevância das técnicas CG-MS e FTIR aparece de forma espontânea nas respostas, como demonstra o relato: “Achei interessante ver como a cromatografia gasosa com espectrometria de massas separa e analisa cada composto, revelando o que está escondido em algo aparentemente simples, como um óleo essencial.” Esse tipo de comentário mostra como os estudantes não apenas compreenderam o conteúdo,

mas percebem-se como participantes ativos do próprio processo de aprendizagem, identificando sentido, aplicabilidade e relevância social nos conhecimentos trabalhados.

## 6 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver e avaliar um material didático, a partir da caracterização química de óleos essenciais de limão (*Citrus × latifolia*) e tangerina (*Citrus reticulata*), para promover um ensino humanizado, contextualizado e significativo das funções orgânicas. Durante a extração, foram obtidos rendimentos 1,32% para o óleo essencial de limão (*Citrus × latifolia*) e 2,00% para o óleo essencial de tangerina (*Citrus reticulata*), valores compatíveis com os descritos na literatura, o que evidenciou a boa condução do procedimento experimental e permitiu discutir com os estudantes aspectos de sustentabilidade, valorização de resíduos e processos tecnológicos de extração importantes para as indústrias que possuem interesse nesses insumos.

A análise por CG-MS permitiu identificar 33 constituintes no OE de limão e 14 no OE de tangerina, com a predominância de terpenos do tipo hidrocarbonetos, com o limoneno como composto majoritário em ambos os óleos. As diferenças observadas nas propriedades sensoriais e bioativas foram discutidas a partir dos grupos funcionais presentes como álcool, aldeídos, acetatos e anel aromático, o que reforçou o potencial pedagógico dessas análises, uma vez que possibilitaram relacionar diretamente estrutura, propriedades e aplicações. Esses resultados foram fundamentais para a elaboração do material didático, permitindo a construção de exemplos reais que favoreceram a ancoragem de novos conhecimentos, em consonância com os princípios de aprendizagem significativa de Ausubel.

O FTIR mostrou-se uma técnica adequada ao contexto do ensino médio, devido à sua rapidez, baixo custo operacional e ausência de preparo prévio do analito, características fundamentais quando se considera o contexto do ensino médio, em que muitos estudantes não possuem familiaridade com procedimentos de análise instrumental e o tempo de aulas é limitado. Nos espectros obtidos, foi observado bandas típicas de grupos funcionais terpênicos, como a largura da banda de estiramento C–H na região de 2.800-3.000  $\text{cm}^{-1}$ , bem como sinais condizentes com ligações C–O (álcool) de baixa intensidade entre 1.000–1.200  $\text{cm}^{-1}$ . Esses achados reforçam a presença de componentes majoritários (terpenos) e minoritários (álcool), corroborando com os resultados obtidos no CG-MS. Permitindo a exploração direta de como esses espectros são obtidos quando a radiação infravermelha interage com a molécula gerando sua “impressão digital” única e exclusiva.

Quanto ao objetivo específico de Investigar as percepções dos estudantes sobre clareza, relevância, potencial significativo e reconhecimento das dimensões CTSA do material elaborado, os resultados demonstraram que a maioria dos estudantes afirmaram terem compreendido melhor os grupos funcionais e suas propriedades ao relacioná-los aos óleos essenciais, evidenciando que a proposta CTSA realmente contribuiu para tornar o conteúdo mais significativo. Além disso, os dados revelaram aumento do interesse pela disciplina, especialmente devido ao caráter prático e próximo da realidade, confirmando que a experimentação desempenhou papel determinante nesse engajamento.

A pergunta aberta trouxe respostas carregadas de sinceridade e sensibilidade, mostrando que os estudantes não apenas aprenderam, mas sentiram o processo. Muitos destacaram que a atividade ajudou a “ver a química de um jeito mais vivo”, “entender para que os conteúdos servem” e “se envolver porque parecia algo feito com intenção e cuidado”. Essas percepções reafirmaram que o material elaborado, construído com rigor científico, pedagógico e interativo, cumpriu sua função pedagógica e humana: aproximar a ciência da experiência cotidiana e despertar nos estudantes o desejo de aprender.

Dessa forma, conclui-se que a proposta didática desenvolvida se mostra relevante, acessível e pedagogicamente eficaz, promovendo aprendizagens mais significativas e fortalecendo a alfabetização científica dos estudantes. Além disso, demonstra potencial para ser adotada e adaptada por outros docentes, contribuindo para práticas de ensino mais contextualizadas, próximas da realidade dos alunos e alinhadas às demandas contemporâneas da educação em Ciências.

## REFERÊNCIAS

ALBANO, W. M.; DELOU, C. M. Principais dificuldades descritas na aprendizagem de Química para o Ensino Médio: revisão sistemática. **Debates em Educação**, Maceió, v. 16, n. 38, 2024. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/debateseducacao/article/view/16890>. Acesso em: 8 nov. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE QUÍMICA. **Cromatografia gasosa e suas aplicações**. Porte Alegre: ABQ-RS, [2025?]. Disponível em: <https://abqrs.com.br/a-cromatografia-gasosa-e-suas-aplicacoes/>. Acesso em: 19 nov. 2025.

AROUCHE, J. S. *et al.* Caracterização do óleo essencial do Limão Tahiti (*Citrus Latifolia tanaka*) e a importância de suas propriedades para a saúde humana. **Observatório de La economía Latinoamericana**, Curitiba, v. 22, n. 6, 5144. ed., p. 1-13, 2024. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/5144>. Acesso em: 23 nov. 2025.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Presidência da República, [1996]. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19394.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm). Acesso em: 16 set 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: 16 set 2025.

BRASIL. **Resolução CNE/CEB nº 2, de 13 de novembro de 2024**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio, e dá outras providências. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2024. Disponível em: <https://portal.mec.gov.br/docman/novembro-2024/265041-rceb002-24/file>. Acesso em: 16 set. 2025.

BALAGUEZ, R. A. **A importância dos conteúdos de Química orgânica no Ensino Médio**. 2018. 144 f. Trabalho Conclusão de Curso (Licenciatura em Química). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/licenciaturaquimica/files/2018/08/TCC-RENATA-BALAGUEZ.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2025.

BRUNO, C. M. A.; ALMEIDA, M. R. Óleos essenciais e vegetais: matérias-primas para fabricação de bioprodutos nas aulas de química orgânica experimental. **Educação (Sociedade Brasileira de Química)**, v. 44, n. 7, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/9ZSszjxbBwms4K8D3k7KJdRg/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 10 nov. 2025.

BORGES, L. P.; AMORIM, V. A. Metabólitos secundários de plantas. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v. 11, n. 1, p. 54–67, 2020. Disponível em: [https://www.revista.ueg.br/index.php/agrotecnologia/pt\\_BR/article/view/9705](https://www.revista.ueg.br/index.php/agrotecnologia/pt_BR/article/view/9705). Acesso em: 10 nov. 2025.

BIZZO, H. R.; REZENDE, C. M. O mercado de óleos essenciais no Brasil e no mundo. **Revista Química Nova**, v. 45, n. 8, p. 949-958, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/6kPQ6NvhMW65Z4JNrtgYGph/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 10 nov 2025.

BIESKI, I. G. C. *et al.* Potencial econômico e terapêutico dos óleos essenciais mais utilizados no Brasil. **Revista fitos**, v. 15, n. 1, p. 125–137, 2022. Disponível em: <https://api.arca.fiocruz.br/api/core/bitstreams/d7d6e0b3-478f-4046-921a-a9f487d38378/content>. Acesso em: 16 nov 2025.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Tradução de Luís Antero e Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2011.

CHENG, R. *et al.* Advances in the biosynthesis of plant terpenoids: Models, mechanisms, and applications. **Plants**, v. 14, n. 10, p. 1428, 2025. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12114759/?utm>. Acesso em: 16 nov 2025.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

CRUZ, I. L. S. *et al.* Da história às práticas modernas: a função dos óleos essenciais na sustentabilidade e no controle de insetos. **Revista Mosaico**, Vassouras, v. 15, n. 2, p. 86-96, mai/ago. 2024. Disponível em: <https://share.google/2h4pyOWGzE6s5nNVs>. Acesso em: 19 nov. 2025.

CIENFUEGOS, F.; VAITSMAN, D. **Análise instrumental**. Rio de Janeiro: Interciência, 2000.

CARMO, J. *et al.* Uvaol improves the functioning of fibroblasts and endothelial cells and accelerates the healing of cutaneous wounds in mice. **Molecules**, Basel, v. 25, n. 21, p. 4982, 2020. DOI: 10.3390/molecules25214982. Disponível em: [https://mdpi-res.com/bookfiles/book/4443/Terpenes\\_and\\_Terpene\\_Derivatives.pdf?utm](https://mdpi-res.com/bookfiles/book/4443/Terpenes_and_Terpene_Derivatives.pdf?utm). Acesso em: 29 nov. 2025.

DHIFI, W. *et al.* Essential oils' chemical characterization and investigation of some biological activities: a critical review. **Medicines (Basel)**, Basel, v. 3, n. 4, p. 25, 2016. DOI: 10.3390/medicines3040025. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5456241/pdf/medicines-03-00025.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2025.

DEWICK, P. M. **Medicinal Natural Products: A Biosynthetic Approach**. Chichester: John Wiley & Sons, 1997.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

ELSHARIF, S. A.; BUETTNER, A. Structure-odor relationship study on geraniol, nerol, and their synthesized oxygenated derivatives. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, n. 10, p. 2324–2333, 2018. DOI: 10.1021/acs.jafc.6b04534. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27794602/>. Acesso em: 29 nov. 2025.

ELSHARIF, S. A.; BANERJEE, A.; BUETTNER, A. Structure-odor relationships of linalool, linalyl acetate and their corresponding oxygenated derivatives. **Frontiers in Chemistry**, v. 3, art. 57, 2015. DOI: 10.3389/fchem.2015.00057. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4594031/?utm>. Acesso em: 29 nov. 2025.

FERNANDES, I. M. B.; PIRES, D. M.; IGLESIAS, M. A. Perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente (CTSA) nos manuais escolares portugueses de Ciências Naturais do 6º ano de escolaridade. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 24, n. 4, p. 987–1004, out./dez. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-731320180040005>. Acesso em: 8 nov. 2025.

GOMES, P. H. S.; COSTA, F. E. M. **Dificuldades no ensino-aprendizagem de Química**: estudo de caso no 2º ano do Ensino Médio. *Conexões: Ciência e Tecnologia*, Fortaleza, v. 16, 022012. ed., 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.21439/conexoes.v16i0.2163>. Acesso em: 8 nov. 2025.

GOMES, G. F. **Óleos essenciais utilizados como conservantes em cosméticos**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Farmácia) – Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Itacoatiara, 2024. Disponível em: [https://riu.ufam.edu.br/bitstream/prefix/8030/5/TCC\\_GabrielaGomes.pdf](https://riu.ufam.edu.br/bitstream/prefix/8030/5/TCC_GabrielaGomes.pdf). Acesso em: 10 nov. 2025.

GONÇALVES, A. C. S. *et al.* Perfil Químico dos Óleos Essenciais das Folhas de Caules de *Siparuna brasiliensis* (Spreng.) A. DC. **Revista Virtual de Química**, v. 15, n. 4, p. 1-7, 29 ago. 2023. Disponível em: <https://share.google/cuijsR200ecVr164f>. Acesso em: 19 nov. 2025.

GALIAZZI, M.C. *et al.* Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/xJ9FZcgBpg8NKq3KyZNs3Hk/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 29 nov. 2025.

GEITHE, C. *et al.* Structural determinants of a conserved enantiomer-dependent odor response. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 13, art. 7788, 2023. DOI: 10.1038/s41598-023-34903-5. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11107518/?utm>. Acessado em: 25 nov. 2025.

HARRIS, D. C.; LUCY, C. A. **Análise química quantitativa**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

MASINI, E. F. S.; MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**: condições para a ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos. 1. ed. São Paulo: Vetor Editora Psico-Pedagógica, 2008.

MAULER, M. **Espectro eletromagnético**. Galáxias do conhecimento: 2024. Disponível em: [https://galaxiasdoconhecimento.com.br/\\_htastro/astrologia-07-espectro-eletromagnetico.htm](https://galaxiasdoconhecimento.com.br/_htastro/astrologia-07-espectro-eletromagnetico.htm). Acesso em: 20 nov. 2025.

MASYITA, A. *et al.* Terpenes and terpenoids as main bioactive compounds of essential oils, their roles in human health and potential application as natural food preservatives. **Food Chem. X**, v. 13, art. 100217, 2022. DOI: 10.1016/j.fochx.2022.100217. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35498985/>. Acesso em: 29 nov. 2025.

MOHAMMED, I. O. *et al.* GC-MS Analysis and Study of the Antimicrobial Activity of *Citrus paradisi*, *Citrus aurantifolia*, and *Citrus sinensis* Peel Essential Oils as Hand Sanitizer. **International Journal of Microbiology**, v. 2024, p. 4957712, 2 Jan. 2024. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10776194/>. Acesso em: 10 fev. 2026.

NAYAK, S. *et al.* Desvendando o potencial dos óleos essenciais em plantas aromáticas: um guia para recuperação, inovações modernas, regulamentação e integração da IA. **Planta**, v. 262, n. 6, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00425-025-04724-y>. Acesso em: 6 nov. 2025.

OHLWEILER, O. A. **Química Analítica Quantitativa**. 3. ed. v.1. Rio de Janeiro: LTC, 1982. ISBN 85-216-0229-4.

PERVEEN, S. *et al.* Antibacterial and antifungal sesquiterpenoids from aerial parts of *Anvillea garcinii*. **Molecules**, Basel, v. 25, n. 7, p. 1730, 2020. DOI: 10.3390/molecules25071730. Disponível em: [https://mdpi-res.com/bookfiles/book/4443/Terpenes\\_and\\_Terpene\\_Derivatives.pdf?utm](https://mdpi-res.com/bookfiles/book/4443/Terpenes_and_Terpene_Derivatives.pdf?utm). Acesso em: 25 nov. 2025.

QUADROS, A. L. *et al.* Ensinar e aprender Química: a percepção dos professores do Ensino Médio. **Educação & Realidade**, Porto Alegre, v. 36, n. 2, p. 395-414, jun. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-40602011000200011>. Acesso em: 8 nov. 2025.

RODRIGUES, A. B. L.; ALMEIDA, S. S. M. S. Identificação do  $\beta$ -mirceno em óleos essenciais por espectroscopia de massas: uma revisão sistemática, v. 18, n. 1. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**: [s.l.], 2018.

SILVEIRA, F. A.; VASCONCELOS, A. K. P.; NUNES, A. O. Uma sequência didática na perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica sob a investigação de ácidos e bases: análise dessa vertente epistemológica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 31, 25005. ed., 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-731320250005>. Acesso em: 10 nov 2025

SKOOG, D. A.; *et al.* **Fundamentos de química analítica**. 9. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2021.

SOUZA, T. P.; MÜLLER, M. G.; GOMES, C. M. M. A abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade no ensino de Química: uma análise exploratória dos livros didáticos brasileiros e manuais escolares portugueses. **Revista Insignare Scientia**, v. 5, n. 1, p. 1–20, jan./abr. 2022. Disponível em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/insignare/article/view/5313>. Acesso em: 8 nov. 2025.

SOUSA, D. P. *et al.* Essential oils: Chemistry and pharmacological activities. **Biomolecules**, v. 13, n. 7, p. 1144, 2023. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10377445/?utm>. Acesso em: 16 nov 2025.

SANTOS, E. V.; MENEGHETTI, A. M. **Metabólitos Secundários nas Plantas: Revisão sobre Terpenóides**. UTFPR: Paraná, 2021. Disponível em: <https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2021/paper/viewFile/7901/3623>. Acesso em: 16 nov 2025.

SOUZA, S. A. M. *et al.* Óleos essenciais: aspectos econômicos e sustentáveis. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 10, p. 1-15, 2010. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2010b/oleos.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2025.

SILVA, V. A. S. *et al.* Dinâmica do mercado de óleos essenciais para uso individual no Brasil: um olhar sob a perspectiva dos atores da cadeia produtiva. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 41, 27354. ed., 2024. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1169512/1/Dinamica-mercado-oleos-2024.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2025.

SERAFIM, A. S. N. **Propriedades estruturais, vibracionais e eletrônicas da P-aminodifenilamina por método DFT**. 2020. 38 f. Monografia (Bacharel em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal do Rural do Semi-árido, Mossoró - RN, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/ba058eb0-41ce-476b-ba04-77c8b07e426c/content>. Acesso em: 20 nov. 2025.

SIMAS, D. L. R. *et al.* Caracterização dos óleos essenciais de frutas cítricas. **Citrus Research & Technology**, Cordeirópolis, v. 36, n. 1, p.15-26, 2015. Disponível em: <https://www.citrusrt.cesm.br/article/doi/10.5935/2236-3122.20150003#:~:text=O%20maior%20rendimento%20de%20extra%C3%A7%C3%A3o,96%2C50%25%20de%20C..> Acesso em: 23 nov. 2025

SOUSA, D. P. *et al.* Essential Oils: Chemistry and Pharmacological Activities. **Biomolecules**, Basel, v. 13, n. 7, p. 1144, 2023. DOI: 10.3390/biom13071144. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2218-273X/13/7/1144?utm>. Acesso em: 2025.

TEIXEIRA, J. P.F.; MARQUES, M.O.M.; PIO, R. M. Caracterização dos óleos essenciais em frutos de nove genótipos de tangerina. **Citrus Research & Technology**, Cordeirópolis, v.35, n.1, p.1-10, 2014. Disponível em: <https://www.citrusrt.cesm.br/article/10.5935/2236-3122.20140001/pdf/citrusrt-35-1-1.pdf> . Acesso em: 23 nov. 2025.

WARTHA, E. J.; SILVA, E. L.; BEJARANO, N. R. R. **Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química**. Química Nova na Escola, [s.l.], v. 35, n. 2, p. 84-91, maio 2013. Disponível em: [https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35\\_2/04-CCD-151-12.pdf](https://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/04-CCD-151-12.pdf) . Acesso em: 28 set. 2025.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. As representações no ensino de Química na perspectiva da semiótica peirceana. Rede Latino-Americana de Pesquisa em Educação Química – **ReLAPEQ**, Foz do Iguaçu, v. 1, n. 1, 2017. ISSN 2527-0915. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/eqpv/article/view/886/740>. Acesso em: 8 nov. 2025.

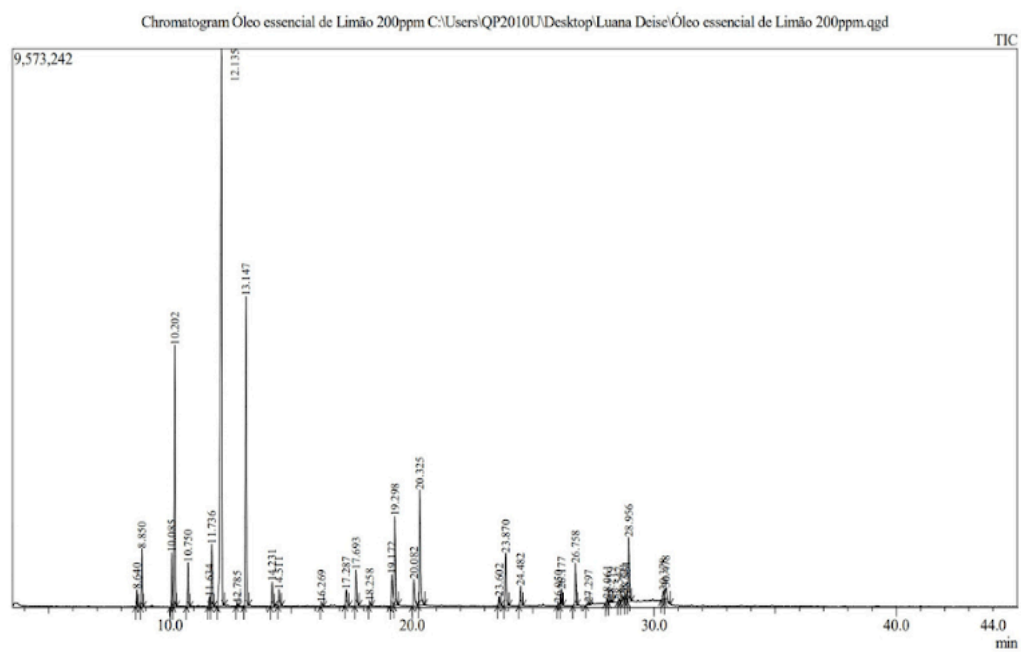
WOJTUNIK-KULESZA, K. A. Approach to optimization of FRAP methodology for studies based on selected monoterpenes. **Molecules**, Basel, v. 25, n. 22, p. 5267, 2020. DOI: 10.3390/molecules25225267. Disponível em: [https://mdpi-res.com/bookfiles/book/4443/Terpenes\\_and\\_Terpene\\_Derivatives.pdf?utm](https://mdpi-res.com/bookfiles/book/4443/Terpenes_and_Terpene_Derivatives.pdf?utm). Acesso em: 29 nov. 2025.

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

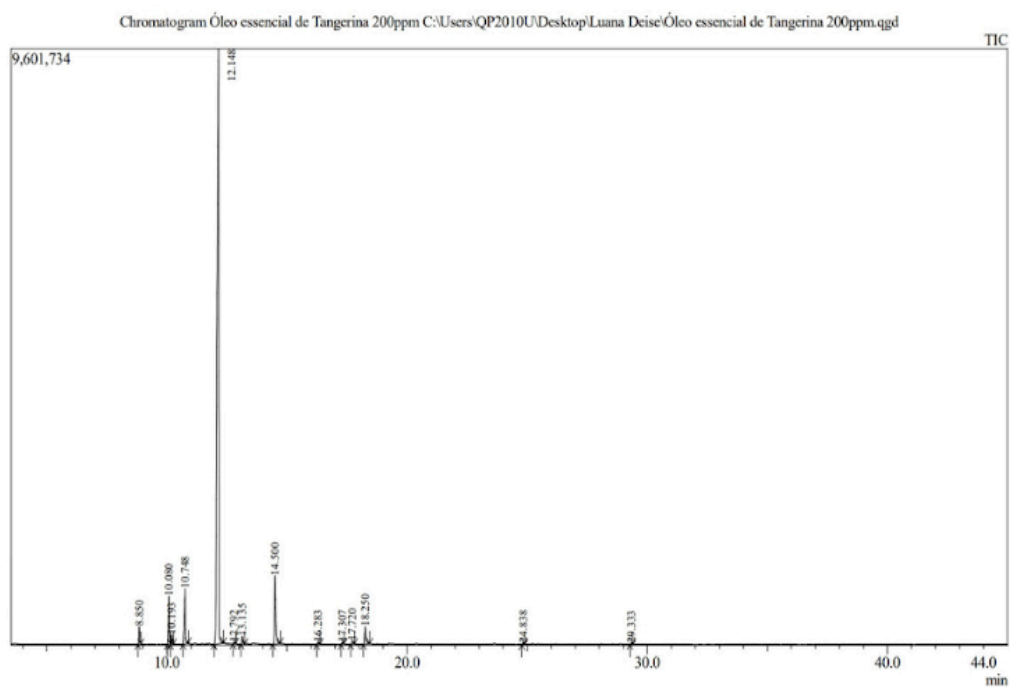
## APÊNDICES

## A. APÊNDICE A - Cromatogramas obtidos dos óleos essenciais de limão e laranja

## Cromatograma do OE de limão



## Cromatograma do OE de tangerina



## B. APÊNDICE B - Respostas à pergunta aberta

“ Qual foi a parte do manual/guia que você mais gostou e por quê?”

**Aluno 1:** “"Descobrimo as funções orgânicas nos óleos essenciais", porque fala sobre as propriedades e aplicações. Ajuda a entender como os óleos interagem com o corpo humano e quais os seus efeitos terapêuticos”.

**Aluno 2:** “Gostei de aprender que a CG-MS identifica e separa os compostos dos óleos essenciais, e o FTIR analisa suas ligações químicas, mostrando sua composição e pureza. Foi a parte que mais gostei porque mostra como a ciência descobre o que tem em cada amostra”.

**Aluno 3:** “A parte que mais gostei foi “Descobrimo as Funções Orgânicas nos Óleos Essenciais”, porque mostra de forma simples como as funções químicas dão cheiro e características aos óleos, ligando a Química ao dia a dia”.

**Aluno 4:**” A maneira como é feita a extração do óleo essencial e seus usos no cotidiano, porquê não sabia como era realizado e entender sua importância e presença nos usos diários como no uso de um perfume, vela aromática, remédios que surgem de algo que geralmente apenas descartamos”.

**Aluno 5:** “Gostei da parte de óleos essenciais e práticas sustentáveis, achei interessante porque aproveita as cascas das frutas, que normalmente seriam descartadas, e as transforma em produtos de alto valor agregado”.

**Aluno 6:** “todas! são muito eficientes e objetivas”.

**Aluno 7:** “Reaproveitar as frutas”

**Aluno 8:** “a parte que explica a Espectroscopia no infravermelho, achei uma curiosidade, algo que eu nunca tinha pensado antes”.

**Aluno 9:** “A parte que tem um vídeo explicando o que é cromatografia. Porque eu achei muito interessante o fato de essa ser uma técnica muito precisa para separação de misturas”.

**Aluno 10:** “A parte que eu mais gostei foi a da Cromatografia Gasosa com Espectrometria de Massas. Achei legal porque conecta uma coisa que a gente vive no dia a dia que é sentir aroma com uma técnica científica real. Além disso, o material traz imagens e exemplos que deixam tudo visual e fácil de entender, sem ficar pesado”.

**Aluno 11:** “A esclarecimento da importância e do cuidado com o meio ambiente”.

**Aluno 12:** “A parte que achei interessante foi sobre os óleos essenciais e suas aplicações no nosso cotidiano, especialmente quando fala que, mesmo em menores concentrações, como aldeídos e ésteres eles se interagem e se combinam, modificando o perfume final e tendo um cheiro de cada cítrico. Também achei interessante a parte que deixou bem claro onde os óleos essenciais estão presentes, como em cosméticos (perfumes, sabonetes e cremes), na área farmacêutica (pela ação antimicrobiana e antibacteriana) e na aromaterapia (velas aromáticas e sais de banho). Essa parte deixou bem clara onde a química está presente no nosso dia a dia!!”

**Aluno 13:** “Eu gosto do design e da estética que a apresentação em slides possui. Interativa e colorida”.

**Aluno 14:** “A explicação mostrar exemplos práticos e simples da vida real, com exemplo dos cosméticos e indústria farmacêutica, facilitando o entendimento e o envolvimento na explicação”

**Aluno 15:** “A parte mais interessante é a ideia de que os aromas dos óleos essenciais surgem porque cada molécula tem um tipo de grupo funcional, e esses grupos são os que definem o tipo de cheiro que sentimos”.

**Aluno 16:** “DESCOBRINDO AS FUNÇÕES ORGÂNICAS NOS ÓLEOS ESSENCIAIS, pois eu já apresentei sobre o assunto e desenvolvi mais conhecimento”.

**Aluno 17:** “Eu gostei de tudo, achei muito interessante todas as informações citadas”.

**Aluno 18:** “a relação entre os óleos e as práticas sustentáveis!”

**Aluno 19:** “Gostei das partes das funções orgânicas”.

**Aluno 20:** “Achei interessante ver como a cromatografia gasosa com espectrometria de massas separa e analisa cada composto, revelando o que está escondido em algo aparentemente simples, como um óleo essencial”.

**Aluno 21:** “Tudo, porque foi muito bem feito e dá para compreender perfeitamente.

A parte de conseguir parar para analisar coisas simples da vida. Porque? Porque eu tenho dificuldade nisso”.

**Aluno 22:** “A parte de "Explorando as funções orgânicas nos OEs de limão e tangerina". Porque era algo que eu realmente não sabia. Já havia feito uma pesquisa sobre óleos essenciais e aromas, porém não conhecia essa parte das funções orgânicas”.

**Aluno 23:** “Na parte de funções orgânicas dos óleos essenciais e como a química contribui para práticas de sustentabilidade por nosso planeta”.

**Aluno 24:** “Gostei mais da parte do "espectroscopia no infravermelho", eu não sabia que as moléculas absorviam essa radiação”.

**Aluno 25:** “A forma que o material mostra como podemos aproveitar de várias formas resíduos”.



**INSTITUTO FEDERAL**  
Alagoas

# **A ESSÊNCIA DA QUÍMICA: DESCOBRINDO FUNÇÕES ORGÂNICAS NO MUNDO DOS AROMAS**

**AUTORA:** LUANA DEISE DA SILVA - LICENCIANDA EM QUÍMICA - IFAL

**ORIENTADOR(A):** DR<sup>º</sup> FRANCYELLE M. BERNARDO

**MACEIÓ - AL**  
**2025**

# A QUÍMICA DOS AROMAS NATURAIS

## EXTRAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS

# ÓLEOS ESSENCIAIS E A SOCIEDADE

### O que são óleos essenciais?

O óleo essencial (OE) é todo grupo de princípio ativo natural de fragrância variável proveniente de folhas, cascas, caule, sementes e, flores de plantas. Eles são constituídos por substâncias químicas como álcoois, aldeídos, ésteres, fenóis e hidrocarbonetos chamados de voláteis, etéreos e essenciais por evaporarem nas CNTP. Eles são importantes para a proteção vegetal contra estresses ambientais como insetos, bactérias, fungos e mudanças climáticas extremas.

### Aplicações práticas

O uso dos OEs de Limão e tangerina em difusores, banhos ou cosméticos têm como função aliviar estresse, proporcionar sensação de frescor e prevenir o envelhecimento precoce da pele.



O que são metabólitos secundários

### Como esses óleos são extraídos?

Historicamente, a descoberta dos OEs foi marcada pela era da destilação, desenvolvida por Avicena (980–1037), considerado o pai desse processo. Esse período foi decisivo para a vida moderna, impulsionando a produção de perfumes e produtos de higiene pessoal a partir dos OEs. Como consequência, as técnicas de extração evoluíram e se modernizaram em nível industrial.

Figura 1: Prensagem a frio



Fonte: Google

Figura 2: Extração por solvente

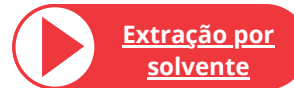


Fonte: Google

Figura 3: Hidrodestilação



Fonte: Google



### O Brasil e as frutas cítricas

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de suco de laranja do mundo, responsável por cerca de 80% das exportações globais. As cascas, antes descartadas, são reaproveitadas na extração de óleos essenciais (OEs), gerando lucro, reduzindo resíduos e impulsionando a produção de óleos de eucalipto, menta e capim-limão — exemplo de como a química integra ciência, tecnologia e sustentabilidade



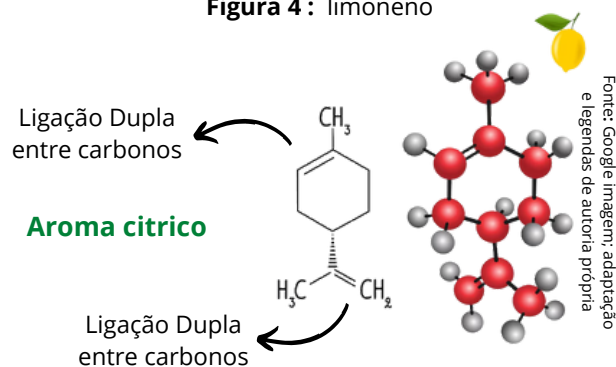
# EXPLORANDO AS FUNÇÕES ORGÂNICAS NOS OES DE LIMÃO E TANGERINA

As funções orgânicas presentes nos OEs são as responsáveis por conferir aroma, propriedades químicas e biológicas específicas a cada substância. Cada OE possui uma função predominante que define suas principais características. Nos OEs de limão e tangerina, o composto majoritário é o limoneno, um hidrocarboneto que proporciona o aroma cítrico típico, além de possuir ação antioxidante e anti-inflamatória. Mas, mesmo em menores concentrações, outros compostos – como aldeídos e ésteres – interagem e se combinam, modificando o perfume final e tornando único o cheiro de cada cítrico.

## Algumas das funções orgânicas que conferem odor cítrico, floral e doce ao OE de tangerina

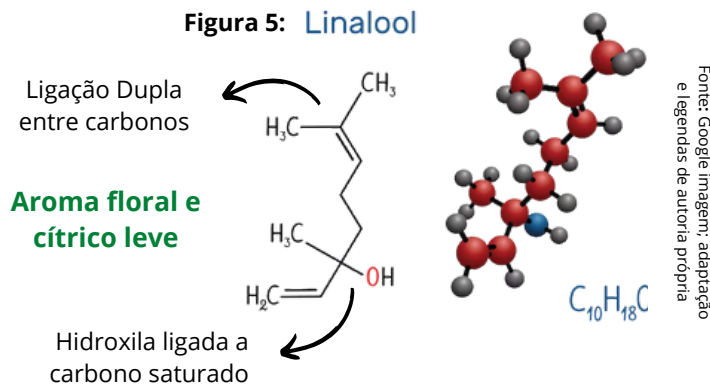
**Função Orgânica:** Alceno

**Figura 4:** limoneno



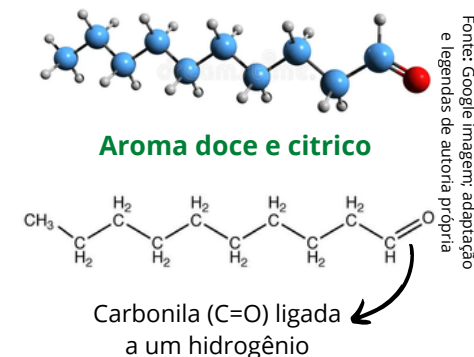
**Função Orgânica:** Alceno e álcool

**Figura 5:** Linalool



**Função Orgânica:** Aldeído

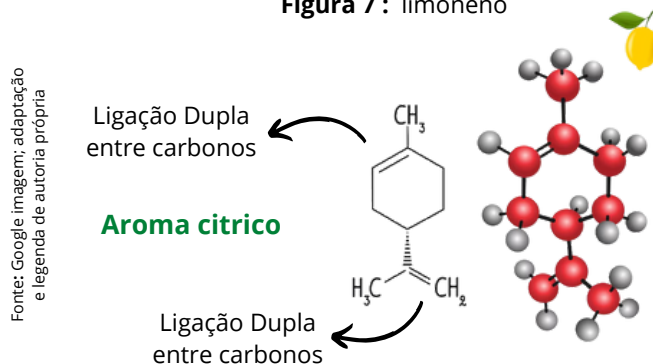
**Figura 6:** Decanal



## Algumas das funções orgânicas que conferem odor cítrico, amadeirado e intenso ao OE limão

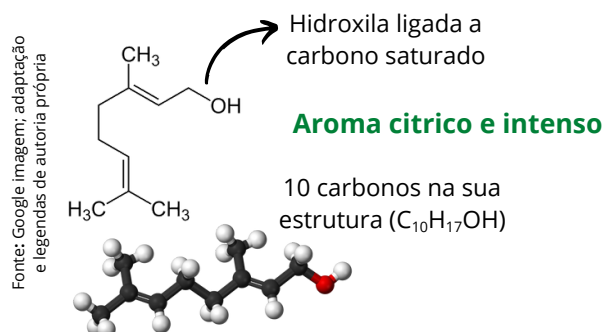
**Função Orgânica:** Alceno

**Figura 7:** limoneno



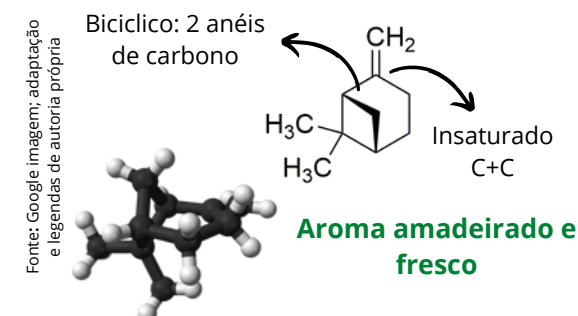
**Função Orgânica:** álcool monoterpênico

**Figura 8:** geranial



**Função Orgânica:** alceno

**Figura 9:** Beta-pineno



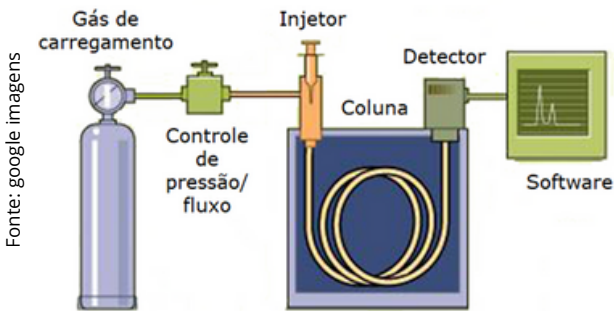
# DESCOBRINDO AS FUNÇÕES ORGÂNICAS NOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Cada gota de óleo essencial reúne dezenas de compostos orgânicos. Para descobrir esses compostos e determinar as aplicações dos óleos, utilizam-se técnicas modernas de análise química, que transformam fragrâncias em dados químicos, revelando a qualidade, pureza e autenticidade de cada amostra.

## Cromatografia Gasosa com Espectrometria de Massas (CG-MS)

Técnica moderna que separa os componentes de uma mistura por adsorção, onde cada pico no cromatograma indica uma substância distinta e sua proporção na amostra, enquanto o MS analisa a massa e estrutura molecular de cada composto

Figura 10: Esquema dos componentes básicos do CG



Fonte: google imagens

## VOCE SABIA?

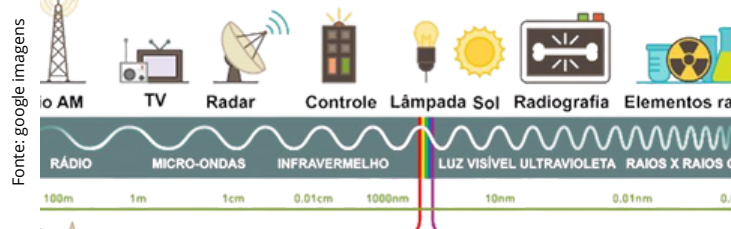
A CG-MS utiliza a base de dados NIST, que reúne milhares de espectros de referência. Comparando os resultados da análise com esse banco de dados, é possível identificar quais compostos estão presentes em cada OE, como o eucalipto (Éter cíclico) presente no OE de eucalipto.

[O que é cromatografia?](#)

## Espectroscopia no infravermelho (FTIR)

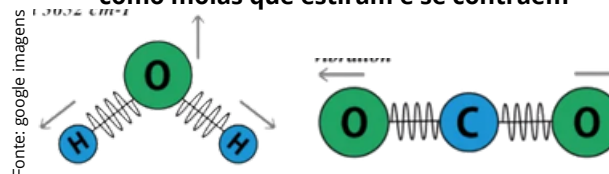
O FTIR identifica os grupos funcionais presentes nas moléculas ao medir como elas absorvem a radiação infravermelha em faixas específicas. Cada tipo de ligação química vibra de forma única diante da luz, gerando um espectro característico – a chamada “impressão digital molecular”, representada por picos que revelam a composição química da amostra.

Figura 11: Radiação de acordo com o comprimento de onda



Fonte: google imagens

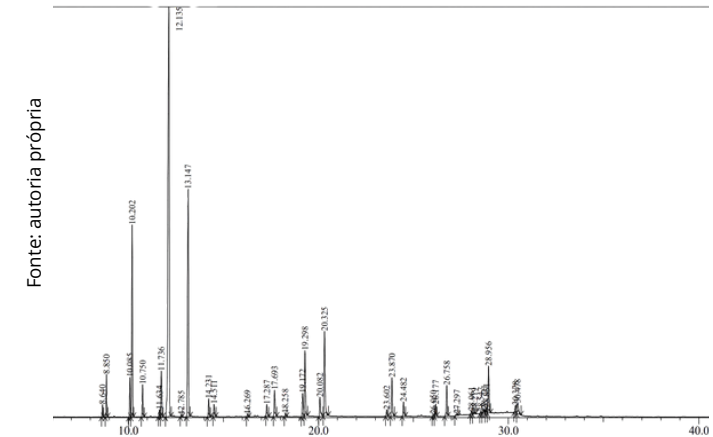
Ao absorver a radiação as ligações se comportam como molas que estiram e se contraem



Fonte: google imagens

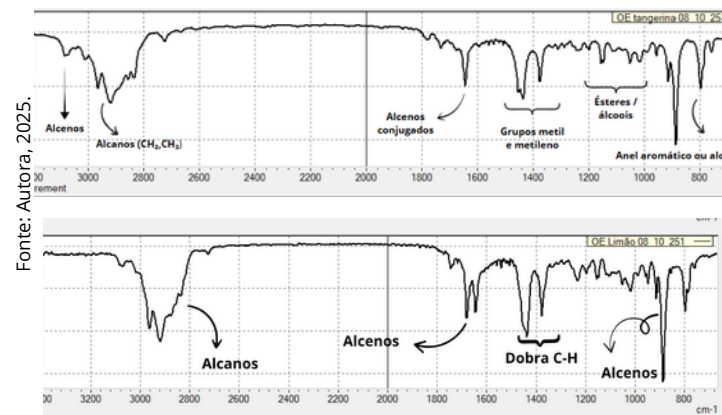
## Exemplos de dados reais de CG-MS e FTIR

Figura 12: Cromatograma do OE limão no CG-MS



Fonte: autoria própria

Figura 13: Espectros do OE de tangerina e limão respectivamente



Fonte: Autora, 2025.

**EXPLORE!**  
**Moléculas e Luz**

# DE OLHO NO MEIO AMBIENTE

## Óleos essenciais e práticas sustentáveis

A produção de óleos essenciais de limão e tangerina integra a citricultura brasileira, reconhecida pela sustentabilidade. O aproveitamento das cascas reduz o desperdício e transforma resíduos em produtos de alto valor agregado.



## Cadeia Produtiva dos Óleos Essenciais no Brasil

### 1. Produção primária



**Agricultor e povos tradicionais**  
~40–57 mil empregos

### 2. Indústria e purificação



- **Produção Refinamento, fracionamento e padronização.**
- **Lucros > US\$ 10 bilhões (2021).**

### 3. Comercialização e exportação



- **80% das exportações mundiais de suco de laranja**

### 4. Sustentabilidade e sociedade



- **armazena carbono**
- **preserva fauna/flora**
- **100% reaproveitamento de cascas**

## Onde estão os OEs?



**Cosméticos:**  
perfumes, sabonetes, cremes etc

**Farmacêutica:** ação antimicrobiana, antibacteriana etc



**Aromaterapia:** velas aromáticas, sais de banho etc.



## UOCÊ SABIA?

O cinturão citricola estoca cerca de 36 milhões de toneladas de carbono. Além disso, possui uma fauna silvestre diversa com espécies como lobo-guará, onça parda, jaguatirica entre outros ajudando na preservação e diminuindo os impactos climáticos.



**Cinturão citricola**



## REFERÊNCIAS

CITRUSBR. **Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos**. Relatório Anual 2023: O Setor da Citricultura Brasileira. São Paulo: CitrusBR, 2023. Disponível em: <https://www.citrusbr.com/>. Acesso em: 5 nov. 2025.

DATAGRO. **Relatório de Empregos Sazonais na Citricultura – Safra 2023/2024**. São Paulo: DATAGRO, 2024. Disponível em: <https://www.datagro.com/>. Acesso em: 5 nov. 2025.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sustentabilidade e Impactos Ambientais da Citricultura Brasileira**. Brasília: Embrapa Meio Ambiente, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 5 nov. 2025.

FUNDECITRUS. **Fundo de Defesa da Citricultura**. Relatório Anual 2023: Citricultura Sustentável e Competitiva. Araraquara: Fundecitrus, 2023. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/>. Acesso em: 5 nov. 2025.

FUNG, T. K. H.; LAU, B. W. M.; NGAI, S. P. C.; TSANG, H. W. H. **Therapeutic effect and mechanisms of essential oils in mood disorders: interaction between the nervous and respiratory systems**. International Journal of Molecular Sciences, Basel, v. 22, p. 4844, 2021. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8125361/>. Acesso em: 6 nov. 2025.

LODI, F. G. **Terapias integrativas e complementares: Óleos essenciais, vegetais e essências sintéticas**. Maringá: Unicesumar, [s. d.]. 31 p. Disponível em: <https://www.unicesumar.edu.br/wp-content/uploads/degustacao/ebook/ebook-material-didatico-terapias-integrativas-e-complementares.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2025.

STATISTA. **Global Essential Oils Market Value from 2018 to 2021**. Hamburg: Statista Research Department, 2021. Disponível em: <https://www.statista.com/>. Acesso em: 5 nov. 2025.

USDA. **United States Department of Agriculture**. Brazil Citrus Annual Report 2023. Washington, D.C.: USDA Foreign Agricultural Service, 2023. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/>. Acesso em: 5 nov. 2025.