

**Érica de Melo Azevedo**  
(Organizadora)

# ENSINO DE QUÍMICA:

aprendizagem significativa  
teórica e prática 2

**Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Érica de Melo Azevedo**  
(Organizadora)

# ENSINO DE QUÍMICA:

aprendizagem significativa  
teórica e prática 2

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



## Ensino de química: aprendizagem significativa teórica e prática 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadora:** Érica de Melo Azevedo

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E59 Ensino de química: aprendizagem significativa teórica e prática 2 / Organizadora Érica de Melo Azevedo. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-258-0745-4  
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.454220411>

1. Química - Estudo e ensino. I. Azevedo, Érica de Melo (Organizadora). II. Título.

CDD 540.7

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br



## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

Sejam bem-vindos a obra *Ensino de Química aprendizagem significativa teórica e prática 2*. Como o título sugere, essa é a continuação da série a qual começou a ser publicada em 2022 e esperamos que outros volumes sejam lançados nos próximos meses. Esse e-book foi pensado como alternativa para divulgar trabalhos acadêmicos sobre ensino de química com uma abordagem teórica e prática. No período 2020-2022 ocorreram muitos avanços no que diz respeito ao ensino de química durante a pandemia de Covid-19. E, apesar das perdas sociais, econômicas e na qualidade do ensino e da aprendizagem, esses avanços contribuíram para a necessidade de desenvolver e aprimorar metodologias mais eficientes para ensinar e aprender. A presente obra traz 7 capítulos que abordam temáticas como meio ambiente, tecnologia, as relações entre a química e aspectos étnico-raciais e armazenamento de produtos químicos. Convidamos todos a apreciar, consultar e divulgar a presente obra. Boa leitura!

Érica de Melo Azevedo



## SUMÁRIO


### **CAPÍTULO 1..... 1**

O ENSINO-APRENDIZAGEM DE QUÍMICA: POR QUE EM MAIS DE 30 ANOS AINDA ENFRENTAMOS OS MESMOS PROBLEMAS NA AMAZÔNIA ORIENTAL?

Claudio Emidio-Silva

Layane Evellin Pinto Lima

Adrielle Barbosa Miranda


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4542204111>

### **CAPÍTULO 2..... 9**

A IMPORTÂNCIA DA ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO NA CARACTERIZAÇÃO DO ENCAPSULAMENTO DE ÓLEOS ESSENCIAIS: UMA BREVE REVISÃO

Maria de Lourdes Ferreira Meneses dos Santos

Gilmar Ferreira Dias


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4542204112>

### **CAPÍTULO 3..... 20**

UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÕES INTERATIVAS PHET NO ENSINO DE QUÍMICA EM NÍVEL SUPERIOR

Karina Akie Onoue Amaral

Mírian da Silva Costa Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4542204113>

### **CAPÍTULO 4..... 32**

IGI OPÈ – A QUÍMICA ADVINDA DA ÁFRICA: O ENSINO DA ETNOQUÍMICA PARA A DESCONSTRUÇÃO DO RACISMO EPISTÊMICO


Jakelini de Jesus Marques

Jorge Henrique Vieira Lemes

Gabriel Fernando Fuzzo

Nilva Fernanda dos Santos Magalhães

Maria Fernanda do Carmo Gurgel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4542204114>

### **CAPÍTULO 5..... 42**

QUALIDADE DA ÁGUA E QUALIDADE DE VIDA: O ESTUDO DE MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS EM ITURAMA-MG COMO CAMINHO PARA O EMPODERAMENTO DA COMUNIDADE

James Rogado

Igor Rodrigues Lapa



Guilherme Henrique Silva Oliveira

Yasmin Sthefane Marques

Yuri Falcão Callegaris

Asprílio José da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4542204115>

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>54</b>
ALMACENAMIENTO DE SUBSTANCIAS QUÍMICAS POR INCOMPATIBILIDADES, CON INFORMACIÓN DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS Y DEL SISTEMA GLOBAL ARMONIZADO	
Mirna Rosa Estrada Yáñez	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4542204116">https://doi.org/10.22533/at.ed.4542204116</a>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>60</b>
DISEÑO DE UNA FUENTE PULSADA ELEVADORA DE VOLTAJE, APLICADA AL TRATAMIENTO DE POLÍMEROS EMPLEADOS EN LA REMOCIÓN DE COLORANTES EN SOLUCIONES ACUOSAS	
Balderas Gutiérrez Juan Nabor	
Ibañez Olvera Mario	
Jaramillo Sierra Bethsabet	
Villanueva Castañeda Miguel	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.4542204117">https://doi.org/10.22533/at.ed.4542204117</a>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>70</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>71</b>

# CAPÍTULO 2

## A IMPORTÂNCIA DA ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO NA CARACTERIZAÇÃO DO ENCAPSULAMENTO DE ÓLEOS ESSENCIAIS: UMA BREVE REVISÃO

Data de aceite: 01/11/2022

### Maria de Lourdes Ferreira Meneses dos Santos

Universidade Federal do Piauí – UFPI,  
Departamento de Química  
Teresina – Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/9571936575434819>

### Gilmar Ferreira Dias

Universidade Federal do Piauí – UFPI,  
Departamento de Química  
Teresina – Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/9562494803288013>

**RESUMO:** Os óleos essenciais (OEs) são compostos aromáticos, voláteis e hidrofóbicos que podem ser extraídos de várias partes de uma planta. São amplamente utilizados nas áreas de perfumaria, alimentos, agrícola e farmacêutica. Embora os OEs tenham muitas aplicações e propriedades úteis, seu uso é limitado devido à sua insolubilidade em água, alta volatilidade, oxidação rápida e degradação por fatores externos. Com o intuito de minimizar esses problemas, novas pesquisas foram orientadas para a busca de técnicas que pudessem proteger as propriedades físico-químicas dos OEs. O encapsulamento com polímeros naturais surgiu como uma das técnicas mais promissoras, devido a sua biocompatibilidade, baixa toxicidade e biodegradabilidade. Para investigar a composição química, formação das nanopartículas e as interações dos principais grupos funcionais envolvidos no processo de encapsulamento,

a espectroscopia no infravermelho é uma das técnicas mais consolidadas. Diante disto, o trabalho tem como finalidade mostrar a importância da técnica de espectroscopia no infravermelho como uma maneira de caracterizar a formação das nanocápsulas. Foram utilizados os bancos de dados PUBMED, Web of Science e Science Direct. Os resultados mostraram que 67,31% dos artigos analisados foram encontrados no Science Direct, sendo que a China, Irã, Brasil e Índia são responsáveis pelo maior número de publicações sobre a temática. Nos últimos 3 anos houve um aumento no número de publicações, principalmente pela preocupação em substituir os produtos sintéticos por naturais, menos tóxicos e com baixos efeitos colaterais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Óleo essencial; encapsulamento; nanopartículas; espectroscopia no infravermelho.

### THE IMPORTANCE OF INFRARED SPECTROSCOPY IN THE CHARACTERIZATION OF ESSENTIAL OILS ENCAPSULATION: A BRIEF REVIEW

**ABSTRACT:** Essential oils (OEs) are aromatic, volatile and hydrophobic compounds that can be extracted from various parts of a plant. They are widely used in the areas of perfumery, food, agriculture and pharmaceuticals. Although OEs have many useful applications and properties, their use is limited due to their insolubility in water, high volatility, rapid oxidation and degradation by external factors. With the intention of minimizing these problems, new research was oriented towards the search for techniques that could protect the physical and chemical properties

of OEs. Encapsulation with natural polymers has emerged as one of the most promising techniques, due to its biocompatibility, low toxicity and biodegradability. To investigate the chemical composition, formation of nanoparticles and the interactions of the main functional groups involved in the encapsulation process, infrared spectroscopy is one of the most consolidated techniques. Given this, the work aims to show the importance of the infrared spectroscopy technique as a way to characterize the formation of nanocapsules. PUBMED, Web of Science and Science Direct databases were used. The results showed that 67.31% of the analyzed articles were found in Science Direct, with China, Iran, Brazil and India being responsible for the largest number of publications on the subject. In the last 3 years there has been an increase in the number of publications, mainly due to the concern to replace synthetic products with natural ones, less toxic and with low side effects.

**KEYWORDS:** Essential oil; encapsulation; nanoparticles; infrared spectroscopy.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os óleos essenciais (OEs) são compostos aromáticos, voláteis e hidrofóbicos que podem ser extraídos de várias partes de uma planta. São constituídos por moléculas como monoterpenos, sesquiterpenos e fenilpropenos, apresentando uma rica e complexa composição química (MATOS; LUCCA; KOESTER, 2019; PANDI *et al.*, 2016). São amplamente utilizados nas áreas de perfumaria, alimentos, agrícola e farmacêutica. Embora os OEs tenham muitas aplicações e propriedades úteis, seu uso é limitado devido à sua insolubilidade em água, alta volatilidade, oxidação rápida e degradação por exposição direta ao calor, umidade e luz (LIMA *et al.*, 2017).

Com o intuito de minimizar esses problemas, novas pesquisas foram orientadas para a busca de técnicas que pudessem fornecer a estabilidade física e a solubilidade em água aos OEs sem perder suas propriedades físico-químicas. Várias técnicas exploradas incluem emulsificação, spray de aerossol e o encapsulamento. Entre essas técnicas, o encapsulamento surgiu como um dos sistemas carreadores mais promissores (VISHWAKARMA *et al.*, 2016), sendo desenvolvido pela primeira vez há cerca de 60 anos atrás com o objetivo de recobrir sólidos, líquidos e compostos gasosos (SAIFULLAH *et al.*, 2019).

Atualmente, o encapsulamento, é utilizado para preservar as propriedades funcionais dos EOs, e protege-lo das interações com o meio externo impedindo a degradação, diminuindo a volatilidade e toxicidade, além de proporcionar uma liberação controlada em um determinado meio. Os sistemas nanométricos também apresentam a vantagem de aumentar a bioeficácia dos OEs devido a sua capacidade de absorção pelas células e permeação em membranas e barreiras biológicas (MATOS; LUCCA; KOESTER, 2019; PANDI *et al.*, 2016).

Existem uma grande variedade de materiais que são usados para o encapsulamento de EOs, tais como polímeros, lipídios ou complexos de inclusão molecular (GUPTA; VARIYAR,

2016). Entre os materiais citados, os polímeros com destaque para os polissacarídeos como alginato e quitosana apresentam uma extensa aplicação como materiais de revestimento para os componentes aromáticos devido a sua biocompatibilidade, baixa toxicidade e biodegradabilidade (HOSSEINI *et al.*, 2013). Além disso são abundantemente encontrados na natureza e tem baixo custo de processamento.

A caracterização das nanocápsulas carregadas ocorrem em relação a morfologia, tamanho, carga superficial, eficiência de encapsulamento, cinética de liberação e a composição química. Todas as informações obtidas são uteis para conduzir a proposição de modelos que descrevam a organização molecular do nanomaterial sintetizado, que será dependente da composição qualitativa e quantitativa das formulações elaboradas (SHAFFAZICK; GUTERRES, 2003).

A espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) é uma das técnicas consolidadas para investigar a composição química, formação das nanopartículas e as interações dos principais grupos funcionais envolvidos no processo de encapsulamento (NATRAJAN *et al.*, 2015), também pode ser considerada uma forma alternativa para quantificação de EOs, uma vez que a intensidade do sinal será proporcional a concentração do material (RODRIGUEZ *et al.*, 2018).

O princípio da técnica ocorre com a incidência da radiação eletromagnética sobre a amostra. Uma parte será absorvida e outra passa pela amostra até chegar aos detectores onde surgem os espectros de absorção e transmissão das moléculas. Esses espectros são característicos das moléculas da amostra e definem os picos de absorção/transmissão do material. Os picos correspondem às frequências vibracionais das ligações entre os átomos e a intensidade dos picos fornece informações sobre a quantidade do material, bem como os comprimentos de onda nos quais os picos aparecem no espectro que define as ligações entre os átomos. Por essa razão, a espectroscopia FTIR é um método significativo para caracterizar os materiais nanoparticulados (KATMUSI *et al.*, 2018).

Nesse contexto, o trabalho teve como finalidade mostrar a importância da técnica de espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) como uma maneira de evidenciar a formação das nanopartículas bem como as interações dos principais grupos funcionais envolvidos no processo de encapsulação dos óleos essenciais.

## 2 | METODOLOGIA

Ao realizar pesquisas nos bancos de dados é comum ter uma devolutiva com centenas ou milhares de respostas, sendo que alguns resultados podem apresentar contradição. Neste sentido, faz-se necessário que se tenha uma forma adequada para contornar o problema, esclarecer as controvérsias científicas e apoiar-se apenas nas pesquisas de melhor qualidade sobre a temática de interesse. Partindo desse princípio, a revisão sistemática de literatura é uma ótima alternativa, pois é um tipo de investigação

com ênfase em questão bem definida, que visa identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidências relevantes disponíveis (GALVÃO; PEREIRA, 2014).

Essa breve revisão foi baseada em artigos científicos que abordaram temáticas sobre: i – o encapsulamento de óleos essenciais com polímeros naturais; ii – suas caracterizações utilizando infravermelho com transformada de Fourier – FTIR. A busca na literatura científica foi realizada em língua inglesa utilizando as palavras-chave: *essential oil and encapsulation and nanoparticles and FTIR*. As bases de dados usadas foram PUBMED, Web of Science e Science Direct. Além disso, os artigos foram selecionados de acordo com os seguintes critérios de inclusão do estudo: artigos com títulos, resumos e textos completos que retratavam as palavras chaves utilizadas na busca e com sentido para os fins do estudo. O espaço de tempo delimitado para o estudo foram os artigos publicados no ano de 2010 até 2020. O período de coleta dos dados se deu no mês de fevereiro de 2021 e os resultados foram tratados utilizando o programa *Origin* (versão 8.5).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Garcia (2014), a utilização de métodos adequados em uma revisão sistemática, facilitam a organização de dados e informações mais confiáveis que podem ser usados para informar a tomada de decisão. Esta linha de raciocínio também é confirmada por Barroso e colaboradores (2003), pois sugerem que essa modalidade de revisão é rigorosa na identificação de textos, apreciação crítica e síntese de estudos relevantes.

#### 3.1 Análise dos índices de publicação por bando de dados, ano e país

Essa pesquisa com todos os critérios de seleção nas bases de dados e com os termos *essential oil and encapsulation and nanoparticles and FTIR*, possibilitou a seleção de 52 artigos distribuídos em três bancos de dados, sendo 10 publicações no PUBMED, 7 no Web of Science e 35 no Science Direct, conforme ilustrado na Gráfico 1.

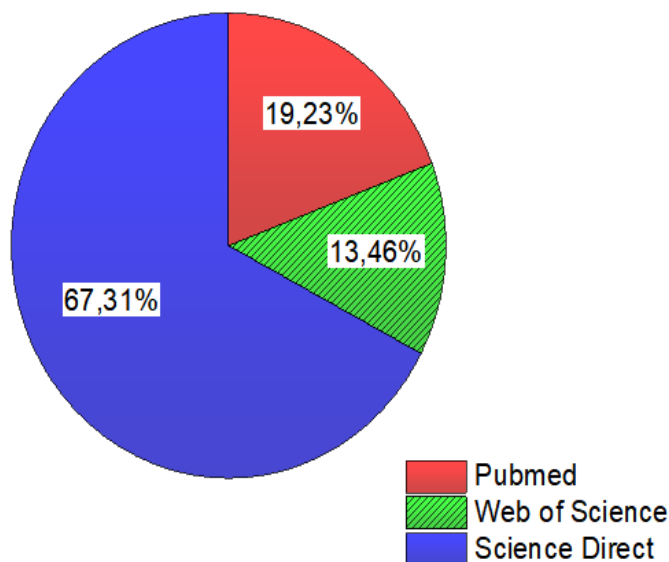


Gráfico 1: Quantidade de artigos científicos publicados nos bancos de dados PUBMED, Web of Science e Science Direct por palavras-chave.

Ao analisar a Gráfico 2 é possível monitorar a evolução anual dos artigos publicados no período de 2010 – 2020 antes e depois dos critérios de inclusão. Antes de analisar os resumos e resultados foi possível observar que a quantidade de artigos é expressiva, principalmente no intervalo de 2016 a 2020. Em anos anteriores, a maioria dos artigos utiliza a encapsulação como técnica, porém com outros materiais encapsulados de origem sintética. Isso evidencia uma tendência de substituição desses materiais por produtos naturais, entre eles, os óleos essenciais. (RIBEIRO *et al.*, 2014).

Após a análise minuciosa do título dos artigos, assim como o resumo e os resultados das publicações foi possível verificar que parte dos artigos não se aplicam ao tema, ou seja, até satisfaz alguns requisitos, mas quando as palavras-chave são relacionadas de maneira analítica, a quantidade absoluta diminui drasticamente. Observando a Gráfico 2 (linha azul) é notório que até o ano de 2014 não existia uma tendência em utilizar óleos essenciais encapsulados com polímeros naturais como quitosana, amido e alginato. Em contrapartida, Esmaeili e Asgari (2015), publicaram resultados sobre a encapsulação do óleo essencial de *Carum capticum* com quitosana utilizando o FTIR para caracterizar a estrutura química do material sintetizado. Neste trabalho, a adição do óleo essencial resultou em um aumento significativo na intensidade do pico de alongamento CH em 2866-2925  $\text{cm}^{-1}$ , refletindo a existência do óleo nas nanopartículas de quitosana, sem alterações estruturais e funcionais, sugerindo desta forma a conservação das propriedades antibacterianas e antioxidantes.

A linha azul da Gráfico 2, demonstra que a evolução de publicações ao longo de 11

anos pode ser subdividida em três intervalos de tempo. Na primeira faixa, entre os anos de 2010 a 2014, a quantidade máxima de publicações foram de 2 artigos, ao modo que na segunda faixa de observação, entre os anos de 2015 a 2017, o número variou entre 4 e 5. No último intervalo, de 2018 a 2020, ocorreu um crescimento expressivo, principalmente em 2020, com um total de 18 publicações.

O interesse em produtos naturais e menos tóxicos ao organismo pode justificar essa combinação de OEs e encapsulantes, pois é uma maneira eficiente de aumentar o potencial de aplicação de OE, permitindo sua miscibilidade na água e diminuição de efeitos colaterais em relação a fármacos (FEYZIOGLU; TORNUK, 2016; CHEN; ZHANG; ZHONG, 2015).

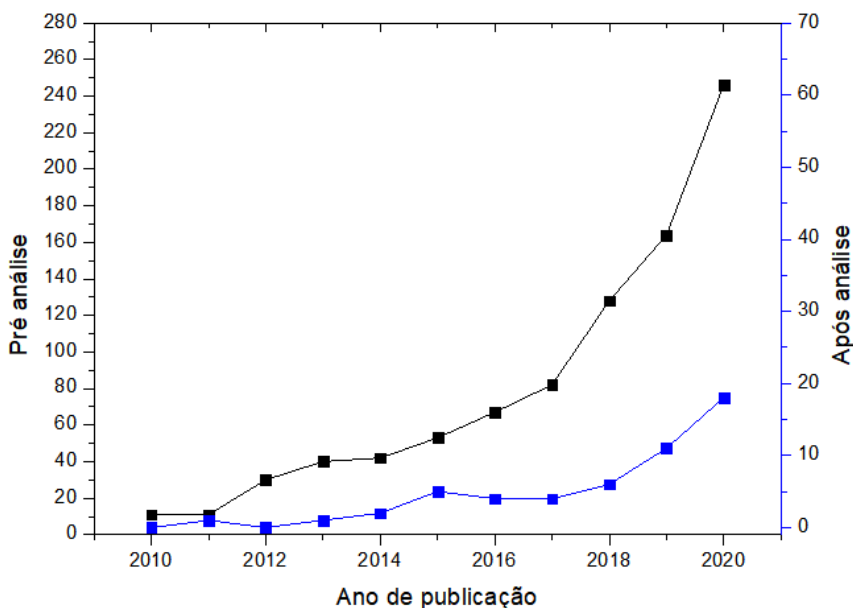


Gráfico 2: Evolução anual da publicação de artigos antes e depois dos critérios de inclusão.

Pela análise do Gráfico 3 é possível verificar que os países com o maior número de publicações, nos últimos 11 anos, em relação aos termos pesquisados foram Irã e China. Na segunda posição estão Índia e Brasil com 8 publicações. É importante salientar que o Brasil, mesmo com baixo investimento para o desenvolvimento da ciência e tecnologia, é reconhecido mundialmente por sua enorme biodiversidade, além de abrigar mais de 20% de todas as espécies vegetais do mundo, muitas com propriedades bioativas e de possível aplicação nas áreas de alimentos funcionais e farmacêutica (BATISTA *et al.*, 2016).

Os índices crescentes da China podem estar relacionados ao investimento em pesquisa, tecnologia e a busca pelo melhoramento das atividades dos OEs. Isso é



demonstrado por Liu e colaboradores (2020), ao realizar o encapsulamento de cinamaldeído para potencializar a atividade antimicrobiana com o intuito de comprovar o valor da aplicação das nanopartículas em alimentos. Essa tendência pelo melhoramento e aplicação dos óleos essenciais também são relatadas por Fang *et al.* (2020), que realizaram estudos com amido modificado para encapsular óleo de cravo, avaliar a eficiência de encapsulamento e seu efeito antimicrobiano.

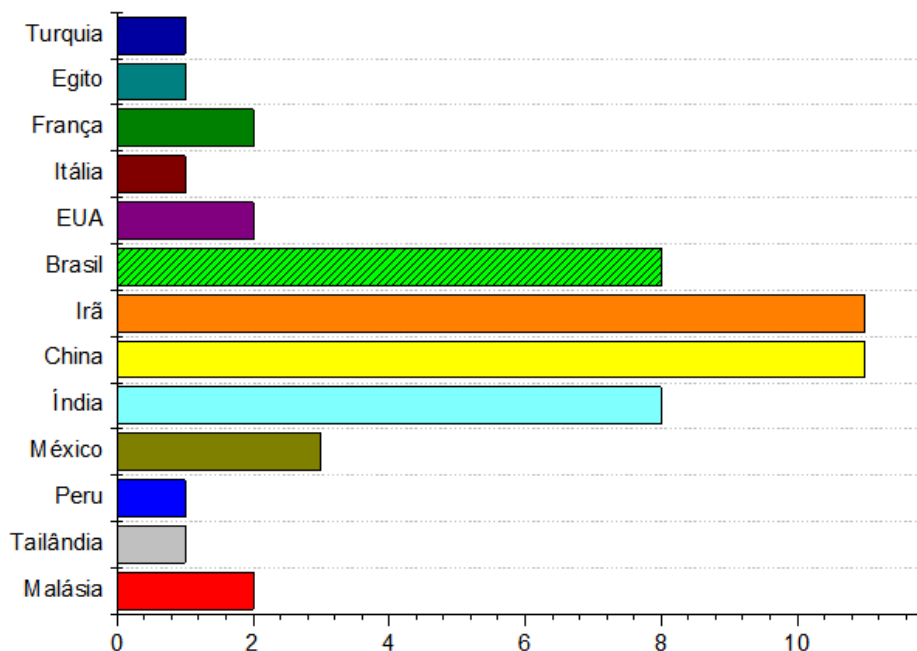


Gráfico 3: Publicação de artigos científicos em relação aos países.

### 3.2 FTIR como técnica qualitativa e quantitativa de informações

Durante o estudo dos artigos, foi constatado que o FTIR é uma técnica amplamente utilizada para demonstrar a formação das nanocápsulas seja por interações físicas ou químicas. Além do mais, pode ser aplicada para quantificar OE aprisionado na matriz polimérica e monitorar a taxa de liberação. No Quadro 1 estão organizados os principais resultados e evidências do FTIR nas publicações revisadas.

Autor (ano)	Óleo essencial	Nanopartículas	Principais resultados	Evidências do FTIR
Santos <i>et al.</i> , (2019)	Melaleuca (MEO) e Cravo (CEO)	Quitosana (CS)	A formulação de filmes de quitosana com EOs apresentaram boa transparência na luz visível, flexibilidade, resistência mecânica. Além disso, as propriedades de tração aumentaram com a incorporação de EOs e sua característica lubrificante. Assim, filmes produzidos podem apresentar enorme potencial para o tratamento de feridas.	Ao acrescentar 3% do CEO ao filme (CS/3CEO-F), novas bandas de absorção foram encontradas no espectro. As bandas observadas em 1512 cm <sup>-1</sup> , 1266 cm <sup>-1</sup> , 1232 cm <sup>-1</sup> e 744 cm <sup>-1</sup> , evidenciaram a incorporação do eugenol ao filme.
Rodriguez <i>et al.</i> , (2018)	Cravo (CEO) e Hortelã (HEO)	Amido (AM)	O método desenvolvido tem a possibilidade de mapear a liberação global de EO encapsulado sem perda valiosa de informações e monitorar mudanças no perfil de EOs. Outro resultado positivo é a vantagem de ser mais quimicamente sustentável, uma vez que não há necessidade de solventes orgânicos para extração.	O uso da técnica ATR-FTIR para determinar o conteúdo global de CEO e HEO aprisionados em uma matriz baseada em amido foi comparável ao método de referência, GC-FID. Deste modo, foi possível monitorar a liberação global de EO encapsulado sem perda valiosa de informações.
Bastos <i>et al.</i> , (2020)	Pimenta-do-reino (PEO)	Gelatina (GE) e Alginato de sódio (NaAlg)	As nanocápsulas carregadas com PEO apresentaram boa eficiência de encapsulação e suas propriedades foram preservadas. Portanto, GE e NaAlg demonstraram ter potencial sinérgico para uso como material de parede no processo de encapsulamento por técnica de coacervação complexa.	No espectro das nanocápsulas carregadas com PEO prevaleceram as bandas em 1536 cm <sup>-1</sup> , 1024 cm <sup>-1</sup> , 1446 cm <sup>-1</sup> e 886 cm <sup>-1</sup> . Este resultado sugere que o EO da pimenta-do-reino está encapsulado na nanocápsula GE / NaAlg por interações físicas.
Natrajan <i>et al.</i> , (2015)	Cúrcuma (CO) e capim-limão (CLO)	Alginato de sódio (NaAlg) e Quitosana (CS)	Nesta pesquisa, a eficiência de encapsulamento para CO e CLO foi de 71% e 86,9%, respectivamente. O perfil de liberação dos OEs mostrou uma liberação lenta e constante em pH neutro por 48 horas.	O pico em 1622 cm <sup>-1</sup> de nanocápsulas CS-NaAlg vazias indica a associação do grupo carboxilato de alginato com quitosana. Outra informação é o pico em 1722 cm <sup>-1</sup> , indicando a presença do citral, um composto terapêutico no óleo de capim-limão.
Tavares; Noreña, 2020	Gengibre (GO)	Isolado do soro do leite (WPI), Goma arábica (GA) e Quitosana (CS)	A combinação complexa entre GA/WPI e GA/CS permitiu conservar as propriedades e estabilidade do óleo essencial de gengibre. Pelas análises de TGA foi possível confirmar que o encapsulamento permite proteger os compostos sensíveis ao calor presentes no óleo essencial de gengibre.	os espectros de FTIR confirmam que nenhuma nova ligação química foi formada, indicando que compostos de GO podem ser encapsulados em coacervados por interações físicas.

Hadidi <i>et al.</i> , 2020	Cravo (CEO)	Quitosana (CS)	A atividade antioxidante das nanopartículas de quitosana carregadas com CEO foi maior do que a do CEO livre. Assim, essa combinação pode potencializar a eficiência do CEO em produtos alimentícios e um sistema de entrega para novas aplicações, como embalagens ativas.	A adição de CEO a CS-NPs levou a um aumento significativo na intensidade do pico de alongamento de CH em 2991 cm <sup>-1</sup> , demonstrando um aumento no conteúdo de grupos éster decorrentes de compostos do cravo.
-----------------------------	-------------	----------------	--	---

Quadro 1: Principais resultados e evidências do FTIR nas publicações analisadas.

De acordo com os resultados expostos é notável que existe um direcionamento crescente no número de publicações com as palavras-chave selecionadas, pois existe uma preocupação mundial pela substituição de materiais sintéticos por produtos naturais (SÁ; ANDRADE; SOUSA, 2013). A combinação sinérgica de nanopartículas de polímeros naturais com óleos essenciais vem abrindo caminho para novas aplicações na indústria alimentícia, farmacêutica e outros (BASTOS *et al.*, 2020; QIU *et al.*, 2017). Também é importante enfatizar a técnica FTIR como uma das maneiras de obter informações a respeito do material encapsulado, assim como os tipos de interações (JIANG *et al.*, 2020).

## 4 | CONCLUSÕES

A análise sistemática da literatura proporcionou um mapeamento geral do número de publicações envolvendo o encapsulamento de óleos essenciais e a utilização da técnica FTIR de maneira qualitativa e quantitativa no auxílio de interpretações de informações. Os dados refletem que o número de artigos publicados é crescente, principalmente nos 3 últimos anos, demonstrando que a pesquisa é relevante e de interesse da comunidade científica, uma vez que a sociedade contemporânea está mais exigente por produtos naturais, menos tóxicos e com baixos efeitos colaterais.

## REFERÊNCIAS

BARROSO, J.; GOLLOP, C. J.; SANDELOWSKI, M.; MEYNELL, PEARCE, P.F.; COLLINS, L. J. The challenges of searching for and retrieving qualitative studies. **Western Journal of Nursing Research**, v. 25, n. 2, p. 153-178, 2003.

BASTOS, L. P. H.; SANTOS, C. H. C.; CARVALHO, M. G.; GARCIA-ROJAS, E. E. Encapsulation of the black pepper (*Piper nigrum* L.) essential oil by lactoferrin-sodium alginate complex coacervates: Structural characterization and simulated gastrointestinal conditions. **Food Chemistry**, v. 316, 2020.

BASTOS, L. P. H.; VICENTE, J.; SANTOS, C. H. C.; CARVALHO, M. G.; GARCIA-ROJAS, E. E. Encapsulation of black pepper (*Piper nigrum* L.) essential oil with gelatin and sodium alginate by complex coacervation. **Food Hydrocolloids**, v. 102, 2020.

BATISTA, E. K. F.; TRINDADE, H. I.; LIRA, S. R. S.; MULLER, J. B.B.S.; SILVA, L. L. B; BATISTA, M. C. S. Atividades antinociceptiva e anti-inflamatória do extrato etanólico de *Luehea divaricata*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.18, n. 2, p. 433-441, 2016.

CHEN, H.; ZHANG, C.; ZHONG, Q. Physical and antimicrobial properties of spray-dried zein–casein nanocapsules with co-encapsulated eugenol and thymol. **Journal of Food Engineering**, v. 144, p. 93-102, 2015.

ESMAEILI, A.; ASGARI, A. In vitro release and biological activities of *Carum copticum* essential oil (CEO) loaded chitosan nanoparticles. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 81, p. 283-290, 2015.

FANG, Y.; FU, J.; LIU, P.; CU, B. Morphology and characteristics of 3D nanonetwork porous starch-based nanomaterial via a simple sacrifice template approach for clove essential oil encapsulation. **Industrial Crops and Products**, v. 143, 2020.

FEYZIOGLU, G. C.; TORNUK, F. Development of chitosan nanoparticles loaded with summer savory (*Satureja hortensis* L.) essential oil for antimicrobial and antioxidant delivery applications. **LWT- Food Science and Technology**, v. 70, p. 104-110, 2016.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 23, n. 1, p. 183-184, 2014.

GARCIA, L. P. Revisão sistemática da literatura e integridade na pesquisa. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 23, n. 1, p. 7-8, 2014.

GUPTA, S.; VARIYAR, P. S. Nanoencapsulation of essential oils for sustained release: application as therapeutics and antimicrobials. **Encapsulations**, v. 2, p. 641-672, 2016.

HADIDI, M.; POURAMIN, S.; ADINEPOUR, F.; HAGHANI, S.; JAFARI, S. M. Chitosan nanoparticles loaded with clove essential oil: Characterization, antioxidant and antibacterial activities. **Carbohydrate Polymers**, v. 236, 2020.

JIANG, Y.; LAN, W.; SAMEEN, D.; AHMED, S.; QIN, W.; ZHANG, Q.; CHEN, H.; DAI, J.; HE, L.; LIU, Y. Preparation and characterization of grass carp collagen-chitosan-lemon essential oil composite films for application as food packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 160, p. 340-351, 2020.

KATMUSI, A.; FIDE, S.; KARAISSMAILIOGLU, S.; DERMAN, S. Synthesis and characterization methods of polymeric nanoparticles. **Characterization and Application of Nanomaterials**, v. 1, 2018.

LIMA, D. S; LIMA, J. C; CALVACANTI, R. M. C. B.; SANTOS, B. H. C.; LIMA, I.O. Estudo da atividade antibacteriana dos monoterpênos timol e carvacrol contra cepas de *Escherichia coli* produtoras de  $\beta$ -lactamases de amplo espectro. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v.8, n. 1, p. 17-21, 2017.

LIU, Q.; CUI, H.; MUHOZA, B.; DUHORANIMANA, E.; XIA, D.; HAYAT, K.; HUSSAIN, S.; TAHIR, M. U.; ZHANG, X. Fabrication of low environment-sensitive nanoparticles for cinnamaldehyde encapsulation by heat-induced gelation method. **Food Hydrocolloids**, v.105, 2020.

MATOS, S. P.; LUCCA, L.G.; KOESTER, L. S. Essential oils in nanostructured systems: challenges in preparation and analytical methods. **Talanta**, v.195, p. 204-214, 2019.

NATRAJAN, D.; SRINIVASAN, S.; SUNDAR, K.; RAYINDRAN, A. Formulation of essential oil-loaded chitosan–alginate nanocapsules. **Journal of Food and Drug Analysis**, v.23, p. 560-568, 2015.

PANDIT, J.; AQIL, M.; SULTANA, Y. Nanoencapsulation technology to control release and enhance bioactivity of essential oils. **Encapsulations**, v. 2, p. 597-640, 2016.

QIU, C.; CHANG, R.; YANG, J.; GE, S.; XIONG, L.; ZHAO, M.; LI, M.; SUN, Q. Preparation and characterization of essential oil-loaded starch nanoparticles formed by short glucan chains. **Food Chemistry**, v. 221, p.1426-1433, 2017.

RIBEIRO, J. C.; RIBEIRO, W. L. C.; CAMURÇA-VASCONCELOS, A. L. F.; MACEDO, I. T. F.; SANTOS, J. M. L.; PAULA, H. C. B.; ARAUJO FILHO, J. V.; MAGALHAES, R. D.; BEVILAQUA, C. M. L. Efficacy of free and nanoencapsulated *Eucalyptus citriodora* essential oils on sheep gastrointestinal nematodes and toxicity for mice. **Veterinary Parasitology**, v.204, p. 243-248, 2014.

RODRIGUEZ, J. D. W.; PEYRON, S.; RIGOU, P.; CHALIER, P. Rapid quantification of clove (*Syzygium aromaticum*) and spearmint (*Mentha spicata*) essential oils encapsulated in a complex organic matrix using an ATR-FTIR spectroscopic method. **Journal Pone**, v.13, 2018.

SAIFULLAH, M.; SHISHIR, M.R.I.; FERDOWSI, R.; RAHMAN, M. R.T.; VUONG, Q.V. Micro and nano encapsulation, retention and controlled release of flavor and aroma compounds: A critical review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 86, p. 230-251, 2019.

SÁ, R. C. S.; ANDRADE, L. N.; SOUSA, D. P. A review on anti-inflammatory activity of monoterpenes. **Molecules**, v. 18, n. 1, p. 1227-1254, 2013.

SANTOS, E. P.; NICÁCIO, P. H. M.; BARBOSA, F. C.; SILVA, H. N.; ANDRADE, A. L. S.; FOOK, M. V. L.; SILVA, S. M. L.; LEITE, I. F. Chitosan/Essential oils formulations for potential use as wound dressing: physical and antimicrobial properties. **Materials**, v. 12, 2019.

SHAFFAZICK, S. R.; GUTERRES, S. S. Caracterização e estabilidade físico-química de sistemas poliméricos nanoparticulados para administração de fármacos. **Química Nova**, v. 26, p. 726-737, 2003.

TAVARES, L.; ZAPATA NOREÑA, C. P. Encapsulation of ginger essential oil using complex coacervation method: coacervate formation, rheological property, and physicochemical characterization. **Food and Bioprocess Technology**, v. 26, 2020.

VISHWAKARMA, G. S.; GAUTAM, N.; BABU, J. N.; MITTAL, S.; JAITAK, V. Polymeric encapsulates of essential oils and their constituents: a review of preparation techniques, characterization, and sustainable release mechanisms. **Polymer Reviews**, v. 56, p. 668-701, 2016.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Alfabetização científica 1, 2, 5, 6, 7, 8

Armazenamento de substâncias químicas 54

Amazônia Oriental 1, 3, 4, 5, 6, 7

Aprendizagem 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 39, 40

### B

Bacias hidrográficas 53

### D

Degradación de colorantes 60, 61

### E

Educação ambiental 42, 44, 45, 46, 49, 50, 51, 52, 53

Empoderamento 42, 51

Encapsulamento 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17

Ensino-aprendizagem de química 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

Ensino de Química 1, 6, 20, 25, 26, 30, 31, 32, 34, 40, 52

Espectroscopia no infravermelho 9, 11

Etnoquímica 32

### F

Fuente pulsada 60, 62

### G

Graduação em Química 1, 70

### I

Incompatibilidades químicas 54

### L

Lei 10.639/03 32, 33, 34, 40

### N

Nanopartículas 9, 11, 13, 15, 16, 17, 62

Normas Oficiales Mexicanas 54

### O

Óleo essencial 9, 13, 16

## **P**

Parâmetros físico-químicos 42, 44

PhET 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 29, 31

Professor reflexivo 1, 2, 7, 8

## **Q**

Qualidade de água 42, 43, 46

## **R**

Relações étnico-raciais 32, 34, 40, 41

## **S**

Simuladores virtuais 20, 21, 26, 27, 28, 29, 31

Sistema Global Armonizado 54, 58

## **T**

Tratamiento de polímeros 60, 64

**Atena**  
Editora

Ano 2022

- 🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
- ✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- 📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# ENSINO DE QUÍMICA:

aprendizagem significativa  
teórica e prática 2



🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
📷 @atenaeditora  
📘 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# ENSINO DE QUÍMICA:

aprendizagem significativa  
teórica e prática 2