

# Ensino de Ciências e Educação Matemática

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves  
(Organizador)

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves  
(Organizador)

# Ensino de Ciências e Educação Matemática

Atena Editora  
2019



2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Karine de Lima

Revisão: Os autores

### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E59 Ensino de ciências e educação matemática [recurso eletrônico] /  
Organizador Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves. –  
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Ensino de ciências e  
educação matemática – v.1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-076-6

DOI 10.22533/at.ed.766192501

1. Educação. 2. Prática de ensino. 3. Professores – Formação.  
I. Gonçalves, Felipe Antonio Machado Fagundes.

CDD 370.1

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de  
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

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.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A obra “Ensino de Ciências e Educação Matemática”, em seu primeiro volume, contém vinte e quatro que abordam as Ciências sob uma ótica de Ensino nas mais diversas etapas da aprendizagem.

Os capítulos encontram-se divididos em seis seções: Ensino de Ciências e Biologia, Ensino de Física, Ensino de Química, Educação Matemática, Educação Ambiental e Ensino, Ciência e Tecnologia.

As seções dividem os trabalhos dentro da particularidade de cada área, incluindo pesquisas que tratam de estudos de caso, pesquisas bibliográficas e pesquisas experimentais que vêm contribuir para o estudo das Ciências, desenvolvendo propostas de ensino que podem corroborar com pesquisadores da área e servir como aporte para profissionais da educação.

No que diz respeito à Educação Matemática, este trabalho pode contribuir grandemente para os professores e estudantes de Matemática, por meio de propostas para o ensino e aprendizagem, que garantem o avanço das ciências exatas e também fomentando propostas para o Ensino Básico e Superior.

Indubitavelmente esta obra é de grande relevância, pois proporciona ao leitor um conjunto de trabalhos acadêmicos de diversas áreas de ensino, permeados de tecnologia e inovação.

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
UMA PROPOSTA DE MODELO DIDÁTICO NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES	
Silvania Pereira de Aquino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7661925011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>5</b>
A AULA DE CAMPO NUMA PERSPECTIVA INTERDISCIPLINAR NA EDUCAÇÃO BÁSICA DO ENSINO FUNDAMENTAL	
Elaine Patrícia Araújo	
Emanuele Isabel Araújo do Nascimento	
Edcleide Maria Araújo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7661925012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>14</b>
ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NA EDUCAÇÃO BÁSICA: UMA ANÁLISE DOS PROJETOS FINALISTAS DA FEBRACE 2016	
Alexandre Passos da Silva	
María Elena Infante-Malachias	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7661925013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>22</b>
A (RE)CONSTRUÇÃO DOS SABERES: ULTRAPASSANDO AS BARREIRAS DA LINHA ABISSAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS	
Marcela Eringe Mafort	
Aníbal da Silva Cantalice	
Marcelo Nocelle de Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7661925014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>32</b>
O SISTEMA RESPIRATÓRIO E AS SÉRIES INICIAIS: DESPERTANDO O PEQUENO CIENTISTA	
Marcelo Duarte Porto	
Everson Inácio de Melo	
Nayara Martins de Mattos	
Mariana de Moraes Germano	
Paloma Oliveira de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7661925015</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>37</b>
PERCEPÇÃO DOS ALUNOS DO 3ª ANO DO CENTRO DE ENSINO MÉDIO DE TEMPO INTEGRAL FRANKLIN DORIA SOBRE FORMIGAS URBANAS	
Sandra Ribeiro da Silva	
Carolina Vieira Santos	
Gisele do Lago Santana	
Luciana Carvalho Santos	
Marcelo Bruno Araújo Queiroz	
Luciana Barboza Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.7661925016</b>	

**CAPÍTULO 7 ..... 53**

COMO A UTILIZAÇÃO DE UM EXPERIMENTO DIDÁTICO PODE MELHORAR AS NOTAS DE ALUNOS EM FÍSICA: CONSTRUINDO UM COLETOR SOLAR COMO FERRAMENTA EDUCATIVA

Nieldy Miguel da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.7661925017**

**CAPÍTULO 8 ..... 66**

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE DE MONITORAMENTO EM TEMPO REAL DE PROPRIEDADES TERMODINÂMICAS EM SISTEMAS DE ESCOAMENTO

Arthur Vinicius Ribeiro de Freitas Azevedo

Rodrigo Ernesto Andrade Silva

Allan Giuseppe de Araújo Caldas

Júlio César Coelho Barbosa Torquato

Allysson Macário de Araújo Caldas

Cristiano Miranda Correia Lima.

**DOI 10.22533/at.ed.7661925018**

**CAPÍTULO 9 ..... 76**

DETERMINAÇÃO DA VISCOSIDADE CINEMÁTICA POR MÉTODO DE STOKES ATRAVÉS DE ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE VISCOSÍMETRO AUTOMATIZADO

Rodrigo Ernesto Andrade Silva

Arthur Vinicius Ribeiro de Freitas Azevedo

Allysson Macário de Araújo Caldas

Allan Giuseppe de Araújo Caldas

Júlio César Coelho Barbosa Torquato

**DOI 10.22533/at.ed.7661925019**

**CAPÍTULO 10 ..... 87**

O ENSINO DE QUÍMICA COM O USO DE TECNOLOGIAS FACILITADORAS DE APRENDIZAGEM

Marcela dos Santos Barbosa

João Batista Félix de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.76619250110**

**CAPÍTULO 11 ..... 101**

USO DE SOFTWARES EDUCACIONAIS COMO FERRAMENTA DE ENSINO-APRENDIZAGEM DE QUÍMICA NO ENSINO SUPERIOR

Tayanne Andrade Dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.76619250111**

**CAPÍTULO 12 ..... 112**

A “QUÍMICA NAS OLIMPÍADAS”: DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES CONTEXTUALIZADAS NO ENSINO DE QUÍMICA

Christina Vargas Miranda e Carvalho

Luciana Aparecida Siqueira Silva

Joceline Maria da Costa Soares

Scarlett Aldo de Souza Favorito

Letícia Gomes de Queiroz

Renan Bernard Gléria Caetano

**DOI 10.22533/at.ed.76619250112**

<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>121</b>
EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA COMO RECURSO AUXILIAR NO ESTUDO DE FUNÇÕES INORGÂNICAS	
Aryanny Irene Domingos de Oliveira Evelise Costa Mesquita Christina Vargas Miranda e Carvalho Luciana Aparecida Siqueira Silva Débora Astoni Moreira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.76619250113</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>134</b>
A MATEMÁTICA NOS ANOS FINAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL: UM ESTUDO SOBRE AS PRINCIPAIS DIFICULDADES DE ENSINO E APRENDIZAGEM EM CACHOEIRA DO SUL (RS)	
Ivonete Pereira Amador Ricardo Fajardo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.76619250114</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>146</b>
DISCUSSÃO SOBRE O USO DE RECURSOS CONCRETOS E TECNOLÓGICOS COMO OPÇÃO METODOLÓGICA PARA O ENSINO DE CURVAS CÔNICAS	
Italo Luan Lopes Nunes Bruno Fernandes de Oliveira Abigail Fregni Lins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.76619250115</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>155</b>
MATEMÁTICA NO COTIDIANO E HISTÓRIA DA MATEMÁTICA: UM ENTRELAÇAMENTO RICO PARA A APRENDIZAGEM	
Rosa Lúcia da Silva Santana	
<b>DOI 10.22533/at.ed.76619250116</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>160</b>
MAPEAMENTO DE PESQUISAS ENVOLVENDO A TEORIA DOS REGISTROS DE REPRESENTAÇÃO SEMIÓTICA E O CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL: DURANTE O PERÍODO DE 2007 A 2016	
Aécio Alves Andrade Cintia Aparecida Bento dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.76619250117</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>172</b>
A EJA NO IMAGINÁRIO DE LICENCIANDOS EM MATEMÁTICA	
Rayane de Jesus Santos Melo Maria Consuelo Alves Lima	
<b>DOI 10.22533/at.ed.76619250118</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>184</b>
AEROPORTO DE CARGAS DE ANÁPOLIS – ANÁLISE DO PLANO DIRETOR, EIA/RIMA E CONHECIMENTO POPULAR SOBRE O EMPREENDIMENTO: UM CASO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL	
Cibele Pimenta Tiradentes Leonora Aparecida dos Santos Valeska Gouvêa Novais	
<b>DOI 10.22533/at.ed.76619250119</b>	

**CAPÍTULO 20 ..... 193**

ENSINO DE ZOOLOGIA E SENSIBILIZAÇÃO JURÍDICO-AMBIENTAL MEDIADOS PELA OBSERVAÇÃO DA MALACOFUNA INTERTIDAL EM RECIFES DO RIO GRANDE DO NORTE

Roberto Lima Santos  
Clécio Danilo Dias da Silva  
Elineí Araújo de Almeida

**DOI 10.22533/at.ed.76619250120**

**CAPÍTULO 21 ..... 199**

INTERDISCIPLINARIDADE, O QUE PODE SER?

Núbia Rosa Baquini da Silva Martinelli  
Francieli Martins Chibiaque  
Jaqueline Ritter

**DOI 10.22533/at.ed.76619250121**

**CAPÍTULO 22 ..... 209**

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE ACESSIBILIDADE EM BIBLIOTECA UNIVERSITÁRIA DO CCTA – POMBAL/PB

José Valderisso Alfredo de Carvalho  
Lucas Pinheiro  
Renan Willer Pinto de Sousa  
Elisângela Pereira da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.76619250122**

**CAPÍTULO 23 ..... 227**

AVALIAÇÃO DO USO DO PHOTOMETRIX COMO FERRAMENTA DE DETECÇÃO EM MEDIDAS ESPECTROFOTOMÉTRICAS DE LÍTIO EM SOLUÇÃO AQUOSA

Karinne Grazielle Oliveira Silva  
Janiele de Lemos Silva  
Maria Alice Lira Nelo de Oliveira  
Allan Nilson de Sousa Dantas

**DOI 10.22533/at.ed.76619250123**

**CAPÍTULO 24 ..... 233**

CRESCENTIA CUJETE: ASPECTOS FITOQUÍMICOS E ATIVIDADES BIOLÓGICAS – UMA REVISÃO

Maciel da Costa Alves  
Cláudia Patrícia Fernandes dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.76619250124**

**CAPÍTULO 25 ..... 246**

ESTUDO COMPARATIVO DE MÉTODOS PARA REAÇÃO DE ACETILAÇÃO DO EUGENOL (ACETATO DE 4-ALIL-2-METOXIFENIL)

Josefa Aqueline da Cunha Lima  
Jadson de Farias Silva  
Romário Jonas de Oliveira  
Cosme Silva Santos  
Ladjane Pereira da Silva Rufino de Freitas  
Juliano Carlo Rufino de Freitas

**DOI 10.22533/at.ed.76619250125**



**CAPÍTULO 26 ..... 255**

EVIDÊNCIAS DA RELEVÂNCIA FITOQUÍMICA E BIOLÓGICA DA FAMÍLIA MYRTACEAE E DO GÊNERO SYZYGIUM

Yanna Carolina Ferreira Teles

Wallison dos Santos Dias

Ewerton Matias de Lima

Edilene Dantas Teles Moreira

Camila Macaubas da Silva

Milen Maria Magalhães de Souza Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.76619250126**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 266**

## ESTUDO COMPARATIVO DE MÉTODOS PARA REAÇÃO DE ACETILAÇÃO DO EUGENOL (ACETATO DE 4-ALIL-2-METOXIFENIL)

### **Josefa Aqueline da Cunha Lima**

Departamento de Química, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife-PE

### **Jadson de Farias Silva**

Departamento de Química, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife-PE

### **Romário Jonas de Oliveira**

Departamento de Química, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife-PE

### **Cosme Silva Santos**

Departamento de Química, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife-PE

### **Ladjane Pereira da Silva Rufino de Freitas**

Centro de Educação e Saúde, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Cuité-PB

### **Juliano Carlo Rufino de Freitas**

Centro de Educação e Saúde, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Cuité-PB

**RESUMO:** O acetato de eugenila é produto natural pertencente à classe dos fenilpropanóides. Este composto apresenta várias atividades biológicas, a citar: anticancerígena, acaricida, antioxidante, entre outras. No setor alimentício ele é utilizado como aromatizante. Diante do potencial econômico do acetato de eugenila, o objetivo deste trabalho foi comparar dois métodos de síntese desse composto. No primeiro método a reação foi realizada sob agitação (Método A), enquanto

que o segundo método a reação foi realizada sob irradiação de ultrassom (Método B), visando determinar a rota sintética mais eficiente para a síntese do acetato de eugenila. Como doador do grupamento acila foi utilizado o anidrido acético em meio básico. Como resultado, o acetato de eugenila foi obtido em menor tempo reacional empregando o método B, e em ambos os métodos os rendimentos foram praticamente iguais. O acetato de eugenila foi caracterizado pelas técnicas espectroscópicas de ressonância magnética nuclear de hidrogênio e carbono, e os dados obtidos estão condizentes aos descritos na literatura. Deste modo, é evidente que o acetato de eugenila apresenta propriedades biológicas relevantes, e que o estudo comparativo dos métodos para a sua síntese, servirá como subsídios para sua produção em escala industrial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Produto Natural, Óleos essenciais, Eugenol, Reação de acetilação.

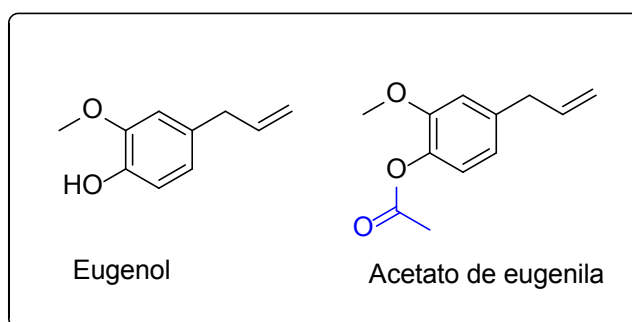
**ABSTRACT:** Eugenyl acetate is a natural product belonging to the class of phenylpropanoids. This compound presents several biological activities, to mention: anticancer, acaricide, antioxidant, among others. In the food sector it is used as a flavoring. Considering the economic potential of eugenyl acetate, the objective of this work was to compare two methods of synthesis of this

compound. In the first method the reaction was carried out under agitation (Method A), while the second method the reaction was performed under ultrasound irradiation (Method B), in order to determine the most efficient synthetic route for the synthesis of eugenyl acetate. As donor of the acyl group acetic anhydride was used in basic medium. As a result, eugenyl acetate was obtained in less reaction time using method B, and in both methods the yields were practically the same. The eugenyl acetate was characterized by the spectroscopic techniques of nuclear magnetic resonance of hydrogen and carbon, and the data obtained are consistent with those described in the literature. Thus, it is evident that eugenil acetate exhibits relevant biological properties and that the comparative study of the methods for its synthesis will serve as subsidies for its industrial scale production.

**KEYWORDS:** Natural Product, Essential Oils, Eugenol, Acetylation Reaction.

## 1 | INTRODUÇÃO

Os óleos essenciais são fontes de matéria-prima sustentável para o preparo de produtos com maior valor agregado, além do mais, os mesmos apresentam uma variedade de atividades biológicas. O óleo essencial extraído dos botões da *Eugenia caryophyllata* apresentam em sua composição três constituintes majoritários sendo: eugenol (83,6%), acetato de eugenila (11,6%) e cariofileno (4,2%) (COSTA et al., 2011). O acetato de eugenila (Figura 1) é produto natural pertencente a classe dos fenilpropanóides (AFFONSO et al., 2014) que ocorre naturalmente em quantidades pequenas em alguns óleos essências de louro (*Laurus nobilis*), cravo-da índia (*Eugenia caryophyllata*), cássia (*Cassia fistula*) e canela (*Cinnamomum zeylanicum*) (BURDOCK, 2010).

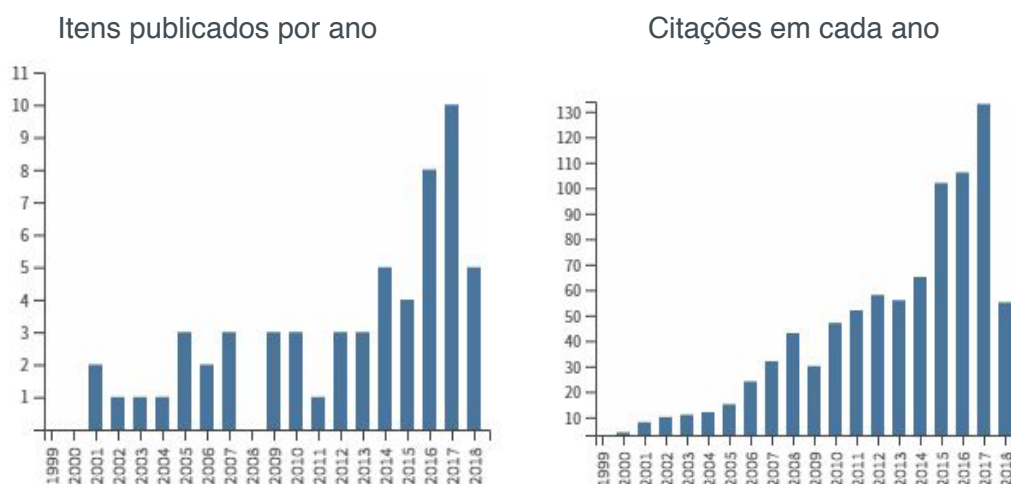


**Figura 1:** Estrutura química do eugenol e do acetato de eugenila.

**Fonte:** Próprio Autor

A literatura relata diversas atividades biológicas do acetato de eugenila a citar: anticancerígena contra células da próstata e câncer escamoso oral (CARRASCO et al., 2008); acaricida contra os ácaros da sarna humana (PASAY et al., 2010); antioxidante (VANIN et al.2014); apresenta também elevado potencial toxicológico (LC<sub>50</sub>= 0,1178

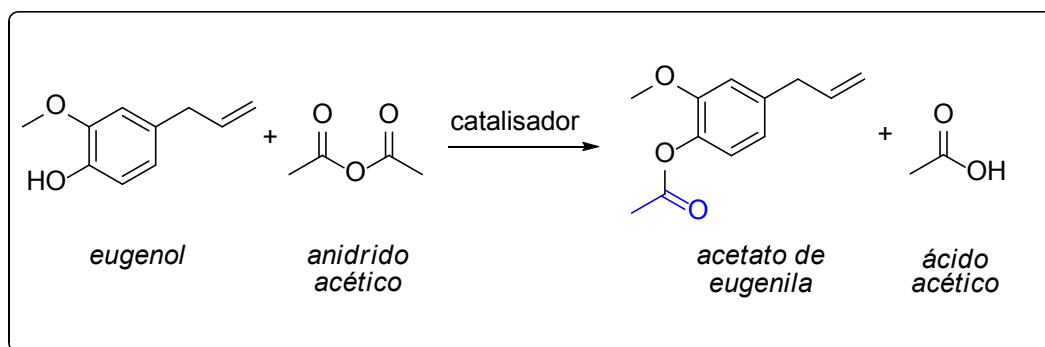
$\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ ) quando comparado com o seu precursor, o eugenol (CANSIAN et al., 2014). O acetato de eugenila também é aplicado no setor industrial alimentício atuando como aromatizante. (TOPAL et al., 2017) De acordo com o *Joint Expert Committee on Food Additives-JECFA* (Comité Misto de Peritos em Aditivos Alimentares) o acetato de eugenila é considerado seguro e teve seu uso autorizado em alimentos pela *European Food Safety Authority-EFSA* (Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos) e atualmente está listado na base de dados de aromatizantes das substâncias da União Europeia (LERIN et al., 2015). Na comunidade acadêmica/científica o acetato de eugenila vem sendo bastante citado, além do mais o mesmo apresenta um número considerável de publicações nos últimos anos como pode ser observado na Figura 2 que mostra os gráficos referentes aos itens publicados e o numero de citações publicadas por ano na plataforma de busca de periódicos “*Web of Science*” utilizando o palavra-chave “*Eugenyl acetate*” (WEB OF SCIENCE, 2018).



**Figure 2:** Gráficos referentes aos itens publicados por ano e o numero de citações publicadas por ano, obtidos na plataforma de busca de periódicos “*Web of Science*” utilizando a palavra-chave “*Eugenyl acetate*”.

Fonte: Web Of Science (2018).

De origem natural o acetato de eugenila também pode ser obtido de forma sintética. Um dos métodos mais comum e mais utilizado na obtenção de ésteres seja em nível industrial ou laboratorial é através da esterificação de Fischer, a qual se refere ao aquecimento de um ácido carboxílico e um álcool na presença de catalisador ácido (McMURRY, 2011). Um dos reagentes mais utilizados para este fim é o anidrido acético, que devido a este reagente a reação recebe o nome de reação de acetilação, a qual se fundamenta na proteção da hidroxila fenólica por meio do anidrido acético na presença de catalisadores ácidos ou básicos (Figura 3) (BURDOCK, 2010). Além disso, a literatura também retrata a obtenção do acetato de eugenila por meio enzimático.



**Figura 3:** Reação de acetilação do eugenol.

Fonte: Próprio Autor

Considerando as diversas propriedades biológicas que o acetato de eugenila apresenta e que a reação de acetilação é uma das metodologias mais requisitadas para este fim, o presente trabalho se objetivou em realizar um estudo comparativo entre os métodos convencional (sob agitação) e utilizando o equipamento de ultrassom na reação de acetilação do eugenol.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 EQUIPAMENTOS E ANÁLISE DOS DADOS

As análises de ressonância magnética nuclear (RMN) foram realizadas em um espectrômetro VARIAN® modelo Unity Plus-300 utilizando como solvente o clorofórmio deuterado ( $\text{CDCl}_3$ ). Este espectrômetro foi calibrado usando tetrametilsilano (0,00 ppm) como referência interna para os núcleos de  $^1\text{H}$  e  $^{13}\text{C}$ . A chapa de agitação com aquecimento e a manta aquecedora foram da marca Visaton modelo 754A e 102E, respectivamente. O solvente foi removido utilizando um evaporador rotativo da Büchi Rotavapor modelo R-114 conectado a uma bomba de vácuo modelo KNF Neuberger, e o solvente remanescente foi removido utilizando uma bomba de alto vácuo da Edwards modelo RV3. O aparelho de irradiação de ultrassom utilizado, foi o Ultracleaner 1400A com frequência ultrassônica de 40 KHz e potência ultrassônica 135 W, seu temporizador marca de 0 a 30 minutos e aquecimento de até  $60^\circ\text{C}$ .

### 3 | MATERIAIS, SOLVENTES E REAGENTES

A reação foi monitorada através da cromatografia em camada delgada (CCD) utilizando placas de sílica-gel contendo indicador fluorescente F254 da Merck. Para visualização das placas, as mesmas foram colocadas em placa sob luz ultravioleta. A



purificação foi realizada através da cromatografia líquida em coluna utilizando sílica-gel 60 (Merck, 70-230 mesh) como fase estacionária e sistemas hexano: acetato de etila como fase móvel numa coluna de vidro em nas proporções 95:5 hexano/acetato de etila. Os solventes comerciais foram purificados de acordo com os protocolos descritos por Perrin e Amarego (1996). O hexano e o acetato de etila foram destilados com coluna de vigreux. Os reagentes, anidrido acético e acetato de sódio foram adquiridos da empresa Sigma Aldrich.

### **3.1 MÉTODO A: REAÇÃO DE ACETILAÇÃO SOB AGITAÇÃO**

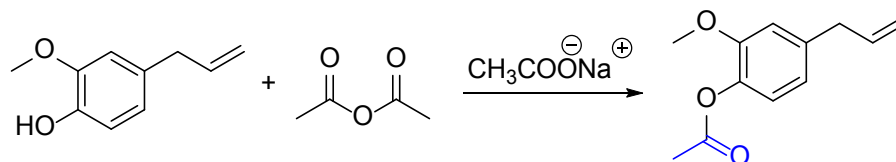
Em um balão de fundo redondo com capacidade de 100 ml, foram adicionados o eugenol (1,0 mmol; 0,164 g), acetato de sódio (0,33 mmol; 0,027 g) e anidrido acético (3,0 mmol; 0,306 g), a mistura reacional ficou sob agitação durante 3 horas sob temperatura ambiente. Após o fim da reação a mistura reacional foi vertida para um funil de separação e foram adicionados 100 ml de água e 200 mL de acetato de etila. A fase orgânica combinada foi lavada com H<sub>2</sub>O (2 x 50 mL) e salmoura (2 x 30 mL), seca com sulfato de magnésio e concentrada sob pressão reduzida. A purificação do composto foi realizada por cromatografia líquida.

### **3.2 MÉTODO B: REAÇÃO DE ACETILAÇÃO SOB IRRADIAÇÃO DE ULTRASSOM**

Em um balão de fundo redondo de 100 ml, foram adicionados o eugenol (1,0 mmol), acetato de sódio (0,33 mmol) e anidrido acético (3,0 mmol), a mistura reacional foi adicionado no banho de ultrassom durante 1,25 horas sob temperatura ambiente. Após o fim da reação a mistura reacional foi vertida para um funil de separação e foram adicionados 100 ml de água e 200 mL de acetato de etila. A fase orgânica combinada foi lavada com H<sub>2</sub>O (2 x 50 mL) e salmoura (2 x 30 mL), seca com sulfato de magnésio e concentrada sob pressão reduzida. A purificação do composto foi realizada por cromatografia líquida.

## **4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A reação de acetilação foi realizada por dois métodos diferentes, no método A a reação foi realizada sob agitação enquanto que no método B a reação foi realizada energia do ultrassom:

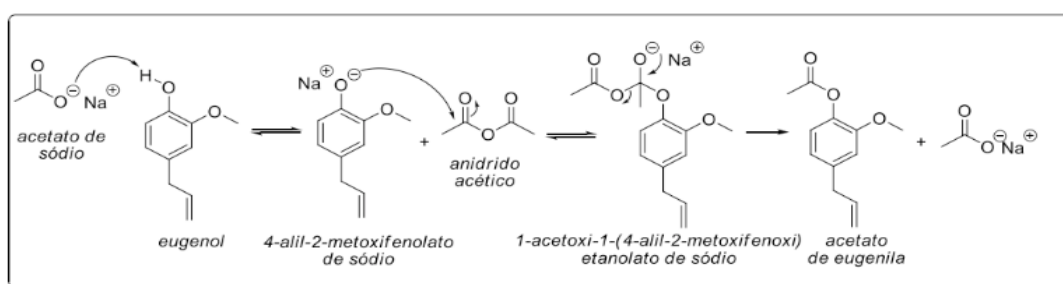


Método	Tempo	Rendimento
A	3h	88%
B	1,25h	90%

**Tabela 1:** Resultados de tempo e rendimento referente aos métodos A e B.

Fonte: Próprio Autor.

De acordo com Tabela 1 foi possível constatar que ambos os métodos levam ao produto desejado com bons rendimentos, no entanto no método B utilizando o equipamento de banho de ultrassom apresentou o menor tempo reacional quando comparado com o método A. Uma provável justificativa é devido a irradiação de ultrassom acelerar alguns processos químicos, uma vez que esta se baseia no processo de criar, aumentar e implodir cavidades de vapor e gases, denominados cavitação, em um líquido, onde a temperatura de cada implosão no interior da cavidade é cerca de 5500°C, enquanto que ao redor da cavidade é cerca de 2100°C com uma pressão é estimada em torno de 500 atm (MARTINES et al., 2000). Estes são condições extremas quando comparados a agitação convencional a qual possui apenas a energia cinética referente a movimentação das moléculas. Uma proposta mecanística é esboçada na Figura 4, onde detalhadamente há abstração do hidrogênio do eugenol pelo acetato de sódio, levando ao intermediário 4-alil-2-metoxifenolato de sódio. Este intermediário atocará o carbono eletrofílico do anidrido acético, levando 1-acetoxi-1-(4-alil-2-metoxifenoxi) etanolato de sódio, onde este sofre um rearranjo levando ao acetato de eugenila (Figura 4).

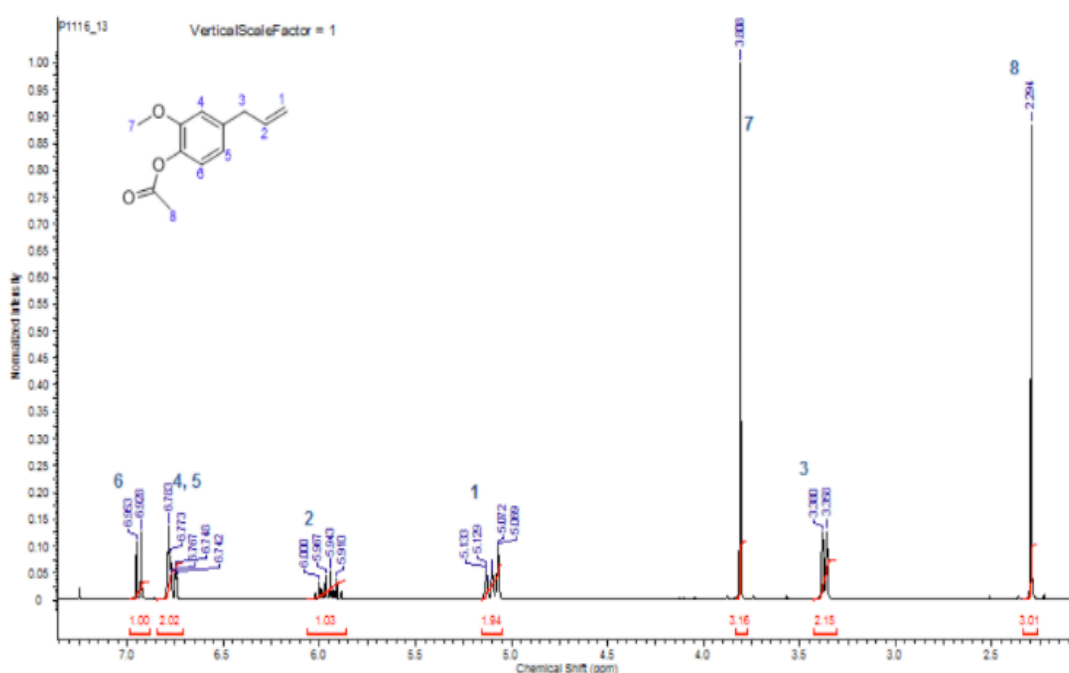


**Figura 4:** Mecanismo da reação de acetilação do eugenol em meio básico.

Fonte: Próprio Autor

Uma vez obtido o acetato de eugenila, com os respectivos aspectos físicos, líquido transparente, sua estrutura foi confirmada através das técnicas espectroscópicas de ressonância magnética nuclear (RMN) de hidrogênio ( $^1\text{H}$ ) e carbono ( $^{13}\text{C}$ ). De acordo com o espectro de RMN  $^1\text{H}$  o somatório das integrais sob cada sinal esta de acordo

com o número de hidrogênios presente na molécula: quatorze (14). O espectro de RMN  $^1\text{H}$  apresentou 8 sinais referente aos hidrogênios quimicamente diferente, tais sinais estão coerentes com os dados da literatura para a estrutura em questão (BARBOSA et al.,2012). É possível constatar a ausência do pico largo referente a hidroxila fenólica do eugenol ( $\delta$  4-12 ppm), outro pico característico que evidencia a acetilação do eugenol, esta presente no espectro em  $\delta$  2,29ppm, na forma de um simpleto referente a metila do grupo acetil. O sinal do H7 aparece também na forma de simpleto devido o mesmo pertencer ao grupo metoxi, a presença do oxigênio torna o sinal mais desblindado ( $\delta$  3,8 ppm) devido ao efeito eletronegativo que este heteroátomo exerce. Os hidrogênios mais desblindados (presentes na ligação dupla e no anel aromático) apresentam deslocamentos químicos mais altos na faixa de  $\delta$  5,0- 6,9 ppm consequência direta do efeito anisotrópico dos elétrons  $\pi$ .

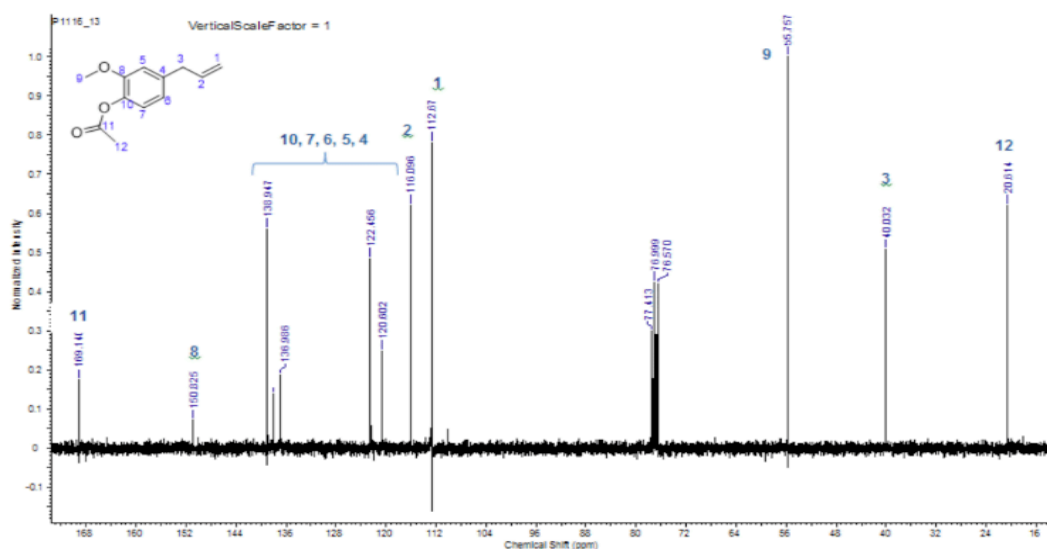


**Figura 5:** Espectro de RMN  $^1\text{H}$  (300 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ).

Fonte: Próprio Autor

O espectro de RMN  $^{13}\text{C}$  apresenta 12 sinais correspondentes aos carbonos quimicamente diferentes presente na estrutura em questão. Os carbonos  $sp^2$  presentes no anel aromáticos e os carbonos alílicos aparecem em regiões mais desblindados devido ao efeito anisotrópico dos elétrons  $\pi$  tanto na dupla ligação quanto no anel aromático. O carbono carbonílico (C11) oriundo do grupo acetil aparece em 169,1 ppm, considerado um pico chave neste espectro, uma vez que, confirma a conversão da hidroxila fenólica pela grupo acetil, o carbono da metila (C12) é o sinal mais blindado da molécula e aparece em 20,6 ppm, seguido do carbono metilênicos (C3)  $\delta$  40,0 ppm e do carbono (C9) que sofre desblindagem do oxigênio presente no grupo metoxi aparecendo em 55,7ppm. Em suma, todos os picos estão de acordo com os

dados expostos na literatura (BARBOSA et al., 2012).



**Figura 2:** Espectro de RMN  $^{13}\text{C}$  (75 MHz,  $\text{CDCl}_3$ )

Fonte: Próprio Autor

Desta forma, o acetato de eugenila foi sintetizado de maneira eficiente por dois métodos diferentes, os quais levaram a formação desse composto em rendimento praticamente semelhante em meio básico (Método A – 88%; e Método B – 90%), sendo este resultado é bastante interessante para o setor industrial, uma vez que este elevado rendimento estimula o *scale up* da reação. Adicionalmente, outra vantagem dessa reação foi o uso do acetato de sódio que atuou como catalisador homogêneo nesta reação de acetilação, onde este sal orgânico básico é pouco abrasivo.

## 5 | CONCLUSÕES

Em suma, conclui-se que o acetato de eugenila (Acetato de 4-aliil-2-metoxifenil) foi obtido por meio da reação de acetilação em meio básico a partir de dois métodos distintos. Os métodos consistiam em utilização do método convencional (apenas agitação) e sob-irradiação de ultrassom, onde este último levou a formação do acetato de eugenila em menor tempo reacional e com maior rendimento, evidenciando que a utilização de fontes de energia como no caso a irradiação de ultrassom torna a síntese mais efetiva. A caracterização do composto obtido foi possível através da técnica de ressonância magnética nuclear (RMN) de hidrogênio ( $^1\text{H}$ ) e carbono ( $^{13}\text{C}$ ), que de acordo com a mesma é possível observar alguns sinais/picos que confirmam a proteção da hidroxila fenólica presente no eugenol, quando se referimos ao RMN  $^1\text{H}$ , observamos o desaparecimento do pico largo da hidroxila e o surgimento de um simpleto (2,29 ppm), sinal bem mais blindado oriundo do grupo acetil, enquanto que no espectro de carbono (RMN  $^{13}\text{C}$ ) o carbono carbonílico do grupo acetil aparece como o sinal mais

desblindado do espectro em  $\delta 169,14\text{ppm}$  e os demais sinais estão de acordo com os dados presentes na literatura.

## REFERÊNCIAS

AFFONSO, R.S.; LESSA, B.; SLANA, G. B. C. A.; BARBOZA, L.L.; ALMEIDA, F. V.DE; LIMA, A. L. S.; SOUZA, F. R. DE; FRANÇA, T. C. C. **Quantificação e Caracterização dos Principais Componentes do Extrato Etanólico de Cravo-da-Índia *Syzygium aromaticum* [L] Merr. et Perry.** Revista Virtual de Química, Vol. 6, nº 5, p. 1316-1331, 2014.

BARBOSA, J.D.F.; SILVA, V. B.; ALVES, P. B.; GUMINA, G.; SANTOS, R. L.C.; SOUSA, D. P.; CAVALCANTI, S. C.H. **Structure–activity relationships of eugenol derivatives against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae.** Research Article, Vol. 68, nº 11, p. 1478-1483, 2012.

BURDOCK, G.A. FENAROLI'S HANDBOOK OF FLAVOR INGREDIENTS. 6ª ED.,USA: TAYLOR AND FRANCIS GROUP, P. 681, 2010. CARRASCO, H.A.; ESPINOZA, L.C.; CARDILE, V.; GALLARDO, C.; CARDONA, W.; LOMBARDO, L.; CATALÁN K.M.; CUELLAR, M.F.; RUSSOD, A. **Eugenol and its Synthetic Analogues Inhibit Cell Growth of Human Cancer Cells (Part I).** Journal of the Brazilian Chemical Society, Vol. 19, nº. 3, p. 543-548, 2008.

CANSIAN, R. L.; VANIN, A. B.; ORLANDO, T.; PIAZZA, S. P.; PUTON, B. M. S.; CARDOSO, R. I.; GONÇALVES, I. L.; HONAISSER, T. C.; PAROUL, N.; OLIVEIR, D. **Toxicity of clove essential oil and its ester eugenyl acetate against *Artemia salina*.** Brazilian Journal of Biology, Vol. 77, nº. 1, 2017.

COSTA, A.R.T.I; AMARAL, M.F.Z.J.I; MARTINS, P.M.II; PAULA, J.A.M.I; FIUZA, T.S.III; TRESVENZOL, L.M.F.I; PAULA, J.R.I; BARA, M.T.FI. **Ação do óleo essencial de *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M.Perry sobre as hifas de alguns fungos fitopatogênicos.** Revista Brasileira de Plantas Medicas, Botucatu, Vol.13, n.2, p.240-245, 2011.

LERIN, L. A.; CATANI, M.; OLIVEIRA, D.; MASSI, A.; BORTOLINI, O. ; CAVAZZINI, A.; GIOVANNINI, P. P. **Continuous ion-exchange resin catalysed esterification of eugenol for the optimized production of eugenyl acetate using a packed bed microreactor.** Royal Society of Chemistry, Vol. 5, p. 76898–76903, 2015.

MARTINES, M. A. U.; DAVOLOS, M. R.; JÚNIOR, M. J. **O efeito do ultra-som em reações químicas.** Química nova, Vol. 23, nº 2, p. 1-6, 2000.

MCMURRY, J. **Química Orgânica**, 7ª.ed., Cengage Learning: São Paulo, 2011.

PASAY, C.; MOUNSEY, K.; STEVENSON, G.; DAVIS, R.; ARLIAN, L.; MORGAN, M.; VYSZENSKI-MOHER, D.; ANDREWS, K.; MCCARTHY, J. **Acaricidal activity of eugenol based compounds against scabies mites.** Plos one, Vol. 5, nº. 8, 2010.

TOPAL F.; GULCINB I.; DASTANB A.; GUNEY, M. **Novel eugenol derivatives: Potent acetylcholinesterase and carbonic anhydrase inhibitors.** International Journal of Biological Macromolecules, Vol. 94, p. 845-851, 2017.

WEB OF SCIENCE, Disponível em: <https://clarivate.com/products/web-of-science/>. Acessado em maio 2018.



## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves** - Mestre em Ensino de Ciência e Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) em 2018. Licenciado em Matemática pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), em 2015 e especialista em Metodologia para o Ensino de Matemática pela Faculdade Educacional da Lapa (FAEL) em 2018. Atua como professor no Ensino Básico e Superior. Trabalha com temáticas relacionadas ao Ensino desenvolvendo pesquisas nas áreas da Matemática, Estatística e Interdisciplinaridade.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-076-6

