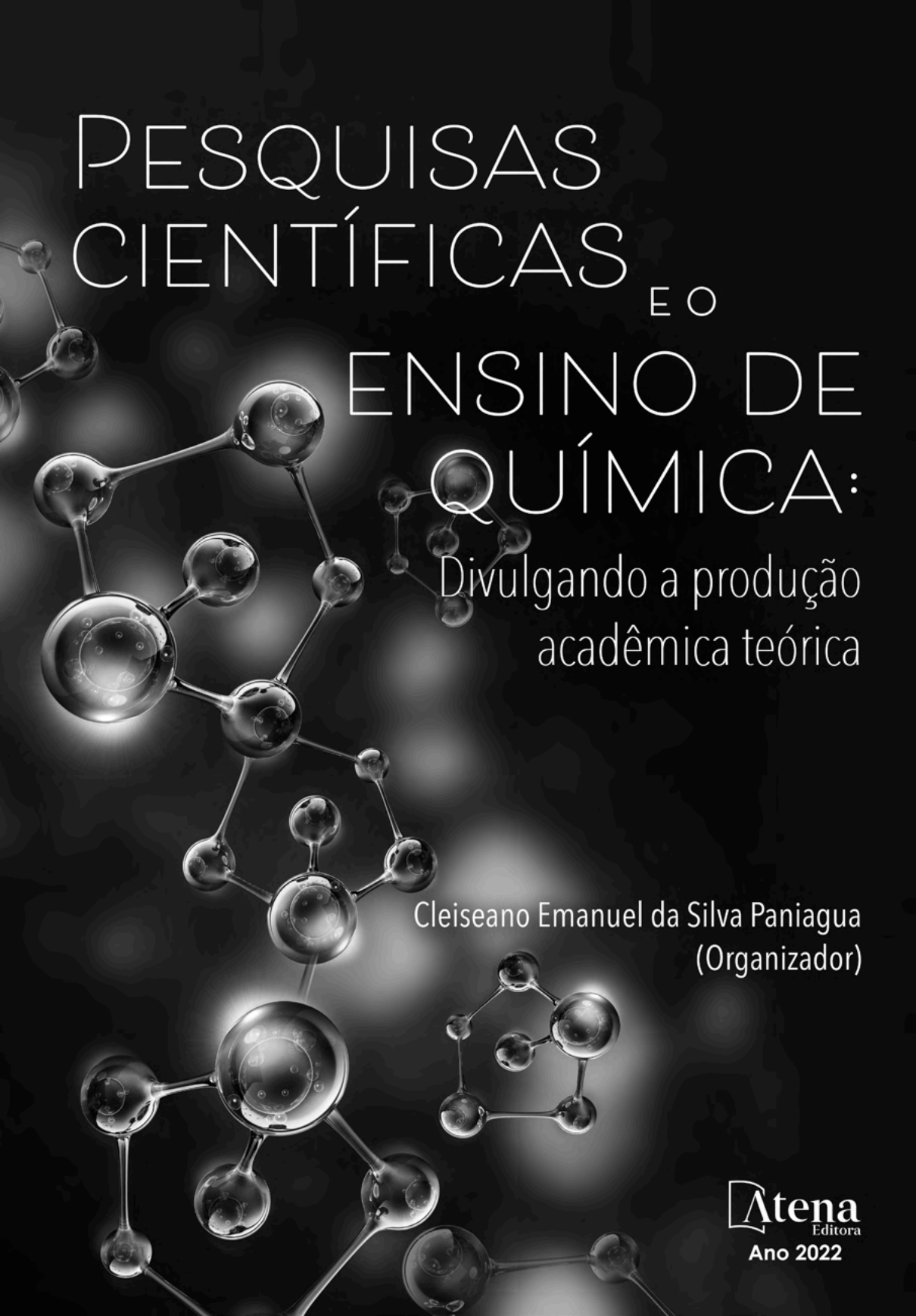


PESQUISAS  
CIENTÍFICAS E O  
ENSINO DE  
QUÍMICA:  
Divulgando a produção  
acadêmica teórica

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022



PESQUISAS  
CIENTÍFICAS E O  
ENSINO DE  
QUÍMICA:  
Divulgando a produção  
acadêmica teórica

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

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-NãoDerivativos 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



# Pesquisas científicas e o ensino de química: divulgando a produção acadêmica teórica

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Bruno Oliveira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P474 Pesquisas científicas e o ensino de química: divulgando a produção acadêmica teórica / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-882-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.820220102>

1. Química - Estudo e ensino. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). 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](mailto:contato@atenaeditora.com.br)



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## 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

O e-book: “Pesquisas científicas e o ensino de química: Divulgando a produção acadêmica teórica” é constituído por nove capítulos que foram organizados e divididos em três temáticas, a saber: *i)* ensino-aprendizagem e formação continuada de professores de química; *ii)* química orgânica e de produtos naturais; e *iii)* avaliação das propriedades do grafeno e sua potencialidade no desenvolvimento de novos materiais.

O primeiro tema é composto por três capítulos que procuraram avaliar: *i)* a importância da matemática no processo de ensino-aprendizagem de alunos ingressantes, veteranos, egressos e os próprios docentes do curso de licenciatura em química; *ii)* a prática docente e a formação continuada de professores a partir da implementação das diretrizes presentes BNCC e na Reforma do Ensino Médio e; *iii)* o relato de experiência de um professor em relação a importância do processo de formação continuada e a implementação do uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) na proposição de metodologias ativas.

O segundo tema é constituído por cinco capítulos de livros que investigaram: a influência da altitude na qualidade do Café Conilon produzido no estado do Espírito Santo; avaliação físico-química do Eucalipto como potencial fonte de obtenção de energia renovável; estudo de prospecção científica da espécie *Annona muricata*; avaliação dos constituintes químicos das sementes de *Senna acuruensis Benth* e aplicação de benzofenonas e xantonas nitrificadas como antifúngico para *Candida spp.*

Por fim, a terceira temática é constituída de um único capítulo de livro que trata do processo de passivação aplicado a nanoporos de grafeno para o desenvolvimento de novos compostos ou materiais.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando com o intuito de estimular e incentivar os pesquisadores brasileiros e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros e capítulos de livros que são disponibilizados de forma gratuita no site da Editora e em outras plataformas digitais.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua




## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

O ENSINO BASEADO NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A PRÁTICA DOCENTE NO ENSINO DAS CIÊNCIAS NO CONTEXTO DA BNCC E DA REFORMA DO ENSINO MÉDIO

Andréia Severina da Silva

Roberto Araújo Sá


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8202201021>

### **CAPÍTULO 2..... 11**

A IMPORTÂNCIA DA MATEMÁTICA PARA APRENDIZAGEM EM QUÍMICA

Eder Alonso Castro


Ítalo Eduardo Fernandes Armond

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8202201022>

### **CAPÍTULO 3..... 33**

RELATO DE EXPERIÊNCIA DO PROCESSO DE FORMAÇÃO INICIAL E CONTINUADA DE UM PROFESSOR DE QUÍMICA: APRESENTAÇÃO, HISTÓRICO, DESAFIOS E PERSPECTIVAS NA CARREIRA DOCENTE

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8202201023>

### **CAPÍTULO 4..... 44**

ANÁLISE DE VOLÁTEIS DE CAFÉ CONILON CULTIVADOS EM DIFERENTES ALTITUDES


Gabriel Vitoriano Braga

Vanessa Moreira Osório

Alice Jadjischi Bernardino

Maria Isadora Pereira Lima

Karla Morera Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8202201024>

### **CAPÍTULO 5..... 52**

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA BIOMASSA TORRIFICADA DE *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden, SUBMETIDA A DUAS TAXAS VARIÁVEIS DE AQUECIMENTO


André Luiz Canan

Aline Bavaresco dos Santos

Maiara Aguiar

Alexandre Leseur dos Santos

Adriana Ferla de Oliveira


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8202201025>

### **CAPÍTULO 6..... 63**

PROSPECÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA ESPÉCIE *Annona muricata*

Márcia Denise Alves Veras


Joana Darc Rodrigues Moura  
Gerardo Magela Vieira Júnior  
Mariana Helena Chaves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8202201026>

**CAPÍTULO 7..... 72**

**CONSTITUINTES QUÍMICOS DAS SEMENTES DE *Senna acuruensis* Benth.  
IDENTIFICADOS POR CG-EM**


Rodrigo Ferreira Santiago  
Luanda Ferreira Floro da Silva  
Lucivania Rodrigues dos Santos  
Elcilene Alves de Sousa  
Gerardo Magela Vieira Júnior  
Mariana Helena Chaves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8202201027>

**CAPÍTULO 8..... 85**

**AUMENTO DA ATIVIDADE CONTRA *Candida* spp. POR NITRAÇÃO DE BENZOFENONAS  
E XANTONAS**


Júnio Gonçalves da Silva  
Bianca Lana de Sousa  
Liseth Suárez Osorio  
Dayana Alves Rodrigues  
Maria Cecília Fernandes Dias  
Gabriela Milane Furlani  
Naiara Chaves Silva  
Amanda Latércia Tranches Dias  
Marcelo Henrique dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8202201028>

**CAPÍTULO 9..... 94**

**PASSIVAÇÃO DE BORDA EM NANOPOROS DE GRAFENO: UM ESTUDO DE CASO  
USANDO CÁLCULOS DE PRIMEIROS PRINCÍPIOS**

Letícia Finger Basso  
Vagner Alexandre Rigo  
Fernando José Antônio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8202201029>

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 109**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 110**

## ANÁLISE DE VOLÁTEIS DE CAFÉ CONILON CULTIVADOS EM DIFERENTES ALTITUDES

Data de aceite: 10/01/2022

Data de submissão: 02/12/2021

### Gabriel Vitoriano Braga

Universidade Federal do Espírito Santo  
Alegre – ES – Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1555689721890439>

### Vanessa Moreira Osório

Universidade Federal do Espírito Santo  
Alegre – ES – Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/3282723304057244>

### Alice Jadjischi Bernardino

Universidade Federal do Espírito Santo  
Alegre – ES – Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/5486719207417382>

### Maria Isadora Pereira Lima

Universidade Federal do Espírito Santo  
Alegre – ES – Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1210660860037862>

### Karla Morera Vieira

Universidade Federal de Ouro Preto  
João Monlevade – MG – Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/9606841574330794>

**RESUMO:** O Brasil tem o Estado do Espírito Santo como líder na produção de café conilon. Esta espécie é normalmente cultivada em altitudes inferiores a 500 metros, e existem poucos estudos que tratam do seu cultivo em altitudes mais elevadas. Desse modo, o presente trabalho consistiu em caracterizar o perfil dos constituintes voláteis de café cultivados em diferentes altitudes

utilizando a técnica HS-SPME/CG-EM a fim de averiguar a influência da altitude na composição química. Os resultados revelaram a identificação de quatorze compostos nas amostras analisadas, de modo as amostras cultivadas em altitudes mais elevadas apresentarem um maior teor de compostos da classe de furanos, como furfural e 5-metilfurfural, tratando-se de compostos que apresentaram ganhos significativos para o sabor da bebida, possibilitando assim, ser uma condição favorável para obtenção de atributos desejáveis para a bebida.

**PALAVRAS-CHAVE:** Café conilon, cromatografia gasosa, microextração em fase sólida, altitude, qualidade.

### ANALYSIS OF CONILON COFFE VOLATILES CULTIVATED AT DIFERENT ALTITUDES

**ABSTRACT:** Brazil has the State of Espírito Santo as the leader in the production of conilon coffe. This species is normally cultivated at apresentaltitudes below 500 meters, and there are few studies dealing with its cultivation at higher altitudes. Thus, the present work consists in characterizing the profile of volatile coffe constituents grown at different altitudes using an HS-SPME/CG-EM technique in order to investigate the influence of altitude on chemical composition. The results revealed the identification of fourteen compounds in the analyzed samples, so that the samples cultivated at higher altitudes presented a higher content of compounds of the furan class, such as furfural and 5-methylfufural, being these compounds that showed significant gains for the beverage flavor,

thus enabling it to be a favorable condition for obtaining desirable attributes for a drink.

**KEYWORDS:** Conilon coffe, gas chromatography, solid phase microextraction, altitude, quality.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor cafeeiro no mundo, tendo o Estado do Espírito Santo como líder na produção da espécie *Coffea Canephora* (canfé conilon) (CONAB,2021). Desse modo, considerando o desenvolvimento das indústrias e das técnicas de cultivo, a procura por um produto de qualidade tornou-se crescente. Esta qualidade está associada ao aroma e ao sabor da bebida, que são alguns dos atributos sensoriais presente nela, e sendo influenciada por fatores pré e pós-colheita (CARVALHO; CHAGAS; SOUZA, 1997; AMSTALDEN; LEITE; MENEZES, 2011).

Para averiguar os atributos sensoriais da bebida de café realiza-se o “teste de xícara”, que consiste numa análise realizada por profissionais treinados avaliando aspectos como aroma, sabor, doçura, corpo de bebida, acidez e adstringência. Nesse sentido, estudos vêm sendo realizados com o intuito de relacionar a qualidade da bebida com a sua constituição química (TOLEDO et al., 2017).

Segundo Pinheiro (2018), alguns dos fatores que influenciam esta qualidade são o cultivo, a colheita, o local de plantio, a secagem e o armazenamento, fatores genéticos, por via úmida ou por via seca, a espécie, o tipo de torra e sua composição química. Particularmente, a altitude é um fator determinante para a qualidade final do café. A cada 100 metros que a altitude aumenta, a temperatura costuma diminuir em torno de 0,7 °C, o que permite o café de regiões mais frias apresentar uma maturação mais lenta dos frutos, contribuindo, assim, para um maior acúmulo de precursores do sabor e do aroma (VAAST et al, 2006; GEROMEL et al, 2008; STURM, 2012).

Normalmente, o café conilon é cultivado em áreas com altitudes inferiores a 5 00 metros (MATIELLO, 1991), No entanto, sabendo que altitudes superiores é uma condição favorável para a obtenção de um maior acúmulo de açúcares nos grãos (ZAIDAN et al., 2017), o que pode contribuir para o sabor da bebida, há poucos estudos que tratam do seu cultivo em altitudes mais elevadas.

A composição química do café é em grande parte influenciada pelo processo de torrefação. Trata-se de uma operação bastante complexa, envolvendo várias reações químicas de modo a converter o grão verde em torrado, tornando-o apto para a moagem e extração da bebida (SCHENKER; ROTHGEB, 2017; DEBONA et al., 2020). A reação de Mallaird, por exemplo, transforma os grãos verdes em tons marrons e de caramelização (SANTOS et al., 2020), gerando compostos voláteis que contribuem tanto para as características físico-químicas quando sensoriais do produto final (ELIAS, 2019).

Desse modo, o objetivo principal deste artigo foi caracterizar o perfil dos constituintes

voláteis de café cultivados em diferentes altitudes utilizando a técnica HS-SPME/CG-EM (microextração em fase sólida pelo modo *headspace* combinada com cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas) a fim de averiguar a influência da altitude na composição química.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Obtenção das Amostras

As amostras de café conilon foram cultivadas em diferentes altitudes (na faixa de 150 a 850 metros) na região do Caparaó. Foram selecionadas 10 (dez) amostras de café conilon denominadas de C1- C10: C1 (167 m), C2 (200 m), C3 (249 m), C4 (377 m), C5 (403 m), C6 (427 m), C7 (477 m), C8 (572 m), C9 (720 m), C10 (795 m) respectivamente, sendo devidamente torradas, moídas e submetidas à extração por HS-SPME combinada com CG-EM.

### 2.2 Extração dos constituintes voláteis

Para o processo de extração por meio da técnica HS-SPME, foram utilizados 3 g dessas amostras sendo colocadas em vial apropriado para *headspace* (frasco de vidro de 20 mL), com tampa magnética de rosca e septo de silicone, que foi submetido a aquecimento a 70 °C por 30 (trinta) minutos. Os voláteis foram coletados por HS-SPME pela fibra DVD/CAR/PDMS (Divinilbenzeno/Carboxeno/Poldimetilsiloxano, espessura do filme de 50 µm) e injetados no cromatógrafo a gás (PINHEIRO, 2018).

### 2.3 Análise por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas

No cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrômetro de massa (aparelho *Shimadzu* QP-PLUS-2010), foi utilizada uma coluna capilar de sílica fundida Rtx-5MS (30 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno), o hélio sendo usado como gás de arraste, com fluxo de 1,67 mL/min. A temperatura do do injetor foi de 250 °C e do detector de 300 °C. A temperatura inicial da coluna foi de 40 °C, sendo programada para ter acréscimos de 3 °C a cada minuto, até atingir a temperatura máxima de 125 °C na qual permaneceu por um minuto, depois a temperatura foi aumentada a 10 °C por minuto até atingir a temperatura de 245 °C, sendo mantida por 3 minutos (PINHEIRO, 2018).

Para a determinação dos constituintes químicos, comparou-se os espectros de massas obtidos com os da biblioteca do aparelho (NIST05, NIST05s, NIST12, NIST62 e WILEY7) com dados de outros trabalhos e com os índices de retenção.

Para realizar o cálculo dos índices de retenção linear (IRL), foi injetada no cromatógrafo uma mistura de alcanos lineares (C<sub>8</sub> a C<sub>23</sub>) nas mesmas condições usadas na análise dos referidos voláteis de café (FRANCA et al., 2009; PINHEIRO, 2018).

Os índices de retenção foram calculados usando a equação 1 (VAN DEN DOOL;

$$IRL = 100[n + (t_c - t_n)/(t_{n+1} - t_n)] \quad (\text{Equação 1})$$

onde:  $t_c$  - tempo de retenção do composto de interesse;  $t_{n+1}$  - tempo de retenção do hidrocarboneto posterior;  $n$  -  $n^\circ$  de carbonos do hidrocarboneto anterior.

### 3 I RESULTADOS

Por meio da análise cromatográfica foi possível obter o perfil de constituintes voláteis presentes nas dez amostras de café cultivadas em diferentes altitudes, que está apresentado na Tabela 1, juntamente o tempo de retenção médio para os compostos encontrados, os índices de retenção linear (IRL) calculados e tabelados e a porcentagem em área (área relativa) para cada uma delas referentes aos compostos encontrados.

Desse modo, por meio da análise da composição química foram encontrados quatorze constituintes voláteis, dentre os quais o 4-etenil-2-metoxi-fenol mostrou-se como componente majoritário para nove das dez amostras analisadas, cuja área relativa variou de 9,96% a 16,94% entre elas.

T.R. [min.]	Composto	IRL cal	IRL tab	Área (%)									
				C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
5,731	2-Metilpirazina	824	826	5,95	6,19	2,78	5,99	6,45	5,86	5,54	5,23	4,67	5,24
6,205	Furfural	834	830	2,50	3,57	3,53	3,61	3,52	6,93	4,99	7,14	5,20	5,71
7,627	Álcool Furfurílico	864	858	10,46	12,27	10,44	11,49	11,42	12,64	12,39	11,75	13,39	10,76
7,945	Acetato de acetol	875	862	3,33	3,07	1,90	3,04	2,93	2,95	3,42	3,98	3,99	2,95
9,650	2,5-Dimetilpirazina	913	911	2,90	2,36	1,21	2,82	3,13	4,56	2,56	1,97	2,10	2,39
9,721	2,6-Dimetilpirazina	916	912	4,15	2,21	0,20	4,00	4,41	4,57	3,98	1,57	3,09	3,49
10,001	2,3-Dimetilpirazina	922	915	1,01	0,69	0,21	0,78	0,67	0,69	0,63	0,26	0,47	0,6
12,494	5-Metilfurfural	969	962	3,41	4,60	2,91	4,77	4,59	6,60	5,57	7,42	5,78	6,22
12,883	Acetato de 2-Oxobutil	974	985	0,54	0,57	0,33	0,67	0,49	0,80	0,80	0,85	0,82	0,78
14,255	2-Etil-6-metilpirazina	1002	1003	2,61	1,15	0,53	2,34	2,38	2,55	2,06	1,31	1,16	1,81
14,463	2,3,5-Trimetilpirazina	1005	1000	1,33	0,93	0,43	1,15	1,16	1,21	0,83	0,31	0,76	0,83
24,000	1-Furfurilpirrol	1187	1166	1,63	0,96	0,79	1,75	1,46	1,42	1,41	1,58	1,23	1,27
30,468	4-etenil-2-metoxifenol	1321	1309	13,46	12,88	9,96	15,36	14,06	14,83	13,77	16,94	14,22	13,52
43,463	Cafeína	1876	1848	5,81	6,07	6,30	1,99	1,58	5,33	3,05	5,64	4,30	2,57

\*TR = Tempo de retenção (min.), IRL = Índice de retenção linear, cal= calculado, tab= tabelado, (ADAMS, 2007; e site: PUBCHEM), % em Área obtida nas análises por CG-EM, usando a coluna Rtx-5MS.

Tabela 1 - Constituintes voláteis encontrados em amostras de café conilon cultivados em diferentes altitudes: C1 (167 m), C2 (200 m), C3 (249 m), C4 (377 m) e C5 (403 m), C6 (427 m), C7 (477 m), C8 (572 m), C9 (720 m) e C10 (795 m).

Fonte: Autores (2021).

## 4 | DISCUSSÃO

O percurso metodológico realizado possibilitou a identificação de quatorze compostos voláteis para as amostras analisadas. Grande parcela dos compostos identificados adentra-se em classes comumente encontradas em amostras de café torrado, como os furanos e as pirazinas. Uma vez que é na etapa da torra que tais voláteis são gerados, podendo ser encontrados nas seguintes classes: furanos (38-45%), pirazinas (25-30%), piridinas (3-7%) e pirróis (2-3%), além de outras (ácidos carboxílicos, aldeídos, cetonas, fenóis e outros) (NIJSSEN et al., 1996; HO; ZHENG; LI, 2015).

As amostras C7 e C10 apresentaram um perfil bastante similar para maioria dos compostos caracterizados. Os constituintes majoritários encontrados nessas amostras foram: 2-metilpirazina (sabor de nozes, chocolate e torrado), furfural (amêndoa, pão, doce), álcool furfúrico (sabor amargo e gosto de queimado), 5-metilfurfural (sabor de caramelo, castanho, doce) e 4-etenil-2-metoxifenol (sabor enfumaçado, gosto picante).

Dos quatorze compostos identificados, cerca de seis compostos pertencem à classe das pirazinas representando cerca de 42,86% do total, tendo destaque para o 2-metilpirazina; 2,5-dimetilpirazina e 2,6-dimetilpirazina. Esta classe possui como precursores os açúcares redutores e os aminoácidos, por meio de reações de autocondensação e oxidação das  $\alpha$ -aminocetonas (oriundas da degradação de Strecker) (NURSTEN, 2005). De forma geral, esses compostos possuem atributos sensoriais que contribuem significativamente para o aroma da bebida de café (MARIA; MOREIRA; TRUGO, 1999). Além disso, o composto 2,6-dimetilpirazina apresentou um teor alto para as amostras C1, C4, C5 e C6, as quais encontram-se na faixa de 350 a 450 metros, porém, em altitudes superiores como é o caso da amostra C8, tende-se uma redução na sua área percentual.

Para as amostras C4 e C8, cultivadas, respectivamente, entre 350 a 450 metros e 700 e 750 metros houve uma redução da área relativa de grande parte dos compostos da classe pirazinas, como 2,6- dimetilpirazina; 2,3-dimetilpirazina; 2-etil-6-metilpirazina, e 2,3,5-trimetilpirazina. Embora tenha ocorrido de maneira similar para outros compostos como acetato de acetol, acetato de 2-oxobutil e 1-furfuril- pirrol para a amostra C4, tal comportamento não foi observado para a amostra C8. Possivelmente, isso pode estar associado a problemas quanto ao manejo de cultivo para tais amostras.

O composto 4-etenil-2-metoxifenol foi o único identificado, para o presente trabalho, como sendo pertencente à classe de fenóis, correspondendo a 7,41% do total, tratando-se do composto majoritário de nove amostras analisadas. Ele é formado pela degradação de compostos fenólicos durante o processo de torra, e diante do seu alto teor em todas as amostras, pode se tratar de um composto bastante característico da espécie *coffea canephora*. Desse modo, à medida que o grau de torra do café aumenta, tende-se a aumentar também o teor desse composto (CZERN; GROSH, 2000).

Os furanos representaram 17,65% do total de compostos identificados, contribuindo

para a qualidade superior do café, uma vez que seus compostos são responsáveis por um sabor doce, frutal, nozes ou de caramelo (FLAMENT, 2002). Particularmente, o composto furfural apresentou um teor relativamente alto de 6,93% para a amostra C6 (faixa de 400 a 450 metros). Em altitudes superiores, como é o caso da amostra C8 houve um aumento significativo no seu teor ao comparar com a amostra C7, obtendo um aumento de mais de 2%, correspondendo a 7,14%. Esse aumento no teor do furfural pode estar relacionado a mudanças no aroma dos alimentos (LO COCO et al., 1996), que procederam de algumas reações da torra, como da reação de Maillard ou de caramelização, determinando o aroma característico de cereal no café torrado.

O mesmo ocorre de forma similar para o composto 5-metilfurfural, cujo aumento em relação a amostra C7 foi de quase 2%. Isso mostra que a condição de altitudes superiores pode contribuir para a qualidade do café. No entanto, em faixa acima 700 metros, houve redução no seu teor percentual, demonstrando que altitudes mais altas que nesta faixa podem desfavorecer tais atributos para a bebida.

O álcool furfurílico mostrou-se com um teor consideravelmente alto para todas as amostras de café analisadas. Para a amostra C8, por exemplo, seu teor foi o maior de todos comparado às outras, sob condição de altitude alta, na faixa de 700 a 750 metros, embora sua área percentual tenha reduzido sob altitude acima da mesma. Ele apresenta alto impacto para o aroma de cafés submetidos a torrefação drástica, podendo estar associado ao amargor e ao odor de queimado (MARIA; MOREIRA; TRUGO, 1999). Portanto, em altitudes superiores como é o caso da amostra C8, percebeu-se uma maior presença dos compostos furfural e 5-metilfurfural em relação às outras amostras, de modo a ser uma condição favorável para a obtenção de cafés de qualidade.

## 5 | CONCLUSÃO

O presente estudo possibilitou a identificação de quatorze compostos, sendo as pirazinas e furanos as principais classes nas quais os compostos pertencem, representando 42,86% e 17,65%, respectivamente, percebendo a abundância das mesmas em café conilon.

O composto 4-etenil-2-metoxifenol foi majoritário para quase todas as amostras independente da altitude, cuja área variou de 9,96% a 16,94%, mostrando-se um composto bastante presente no café.

Além disso, as amostras C8(720 m) e C10 (795 m), cultivadas em altitudes mais elevadas, apresentaram uma maior presença de compostos da classe de furanos, como furfural e 5-metilfurfural, mostrando ganhos consideráveis para o sabor, e contribuindo, assim, com atributos considerados desejáveis à bebida.



## REFERÊNCIAS

ADAMS, R. P. **Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography/Mass Spectrometry**. 4ª ed. Allured Publishing Corporation, Carol Stream: Illinois, USA, 2007, 804 p.

AMSTALDEN, L. C.; LEITE, F.; MENEZES, H. C. Identificação e quantificação de voláteis de café através de cromatografia gasosa de alta resolução/espectrometria de massas empregando um amostrador automático de "headspace". **Food Science and Technology**, v. 21, p. 123-128, 2001.

CARVALHO, V. D.; CHAGAS, S.J.R.; SOUZA, S.M.C. Fatores que afetam a qualidade do café **EPAMIG - Informe Agropecuário**. v. 18, n. 187, p. 5-20, 1997.

CZERNY, M.; GROSCHE, W. Potent Odorants of Raw Arabica Coffee. Their Changes during Roasting **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, n.3, p. 868-872, 2000.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Café, Brasília, DF, v. 8, safra 2021, n. 1, primeiro levantamento, jan. 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>. Acesso em: 11 jul. 2021.

DEBONA, D. G.; PINHEIRO, P. F.; PINHEIRO, C. A.; GOMES, W. S.; ABREU, R. O.; MORELI, A. P.; SIQUEIRA, E. A.; PEREIRA, L. L. Avaliação da composição química de café arábica submetido a diferentes perfis de torra. **Revista Ifes Ciência**. v. 6, n. 3, p. 124-133, 2020.

ELIAS, A. M. T. **Perfil físico-químico de Blends de variedades de café em diferentes condições do processo de torrefação**. Garanhuns, 2019. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal Rural de Pernambuco.

FLAMENT, I. **Coffee Flavor Chemistry**. New York: John Wiley and Sons, Ltd., 2002.

FRANCA, A. S. et al. A preliminary evaluation of the effect of processing temperature on coffee roasting degree assessment. **Journal of Food Engineering**, v. 92, n. 3, p.345-352, 2009.

GEROMEL, C.; FERREIRA, L. P.; DAVRIEUX, F.; GUYOT, B.; RIBEYRE, F.; SCHOLZ, M. B. S.; PEREIRA, L. F. P.; VAAST P.; POT, D.; LEROY, T.; FILHO, A. A.; VIEIRA, L. G. E.; MAZZAFERA, P.; MARRACCINI, P. Effects of shade on the development and sugar metabolism of coffee (*Coffea arabica* L.) fruits. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 46, n. 5-6, p. 569-579, 2008.

HO, C.-T.; ZHENG, X.; LI, S. Tea aroma formation. **Food Science and Human Wellnes**, v. 1, p. 9-27, 2015.

LO COCO, F.; VALENTINI, C.; NOVELLI, V.; CECCON, L. High-performance liquid chromatographic determination of 2-furaldehyde and 5-hydroxymethyl-2- furaldehyde in honey. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 749, n. 1-2, p. 95-102, 1996.

LO COCO, F.; VALENTINI, C.; NOVELLI, V.; CECCON, L. High-performance liquid chromatographic determination of 2-furaldehyde and 5-hydroxymethyl-2- furaldehyde in honey. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 749, n. 1-2, p. 95-102, 1996.

MARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C. Voláteis componentes in roasted coffee. Part I: heterocyclic compounds. **Química Nova**, 1999.

MATIELLO, J. B. **Clima e solos para o cafeeiro**. In: O café: do cultivo ao consumo. São Paulo: Globo, Cap.2, p. 26-39, 1991.

NIJSSEN, L. M., VISSCHER, C. A., MAARSE, H., WILLEMSSENS, L. C.; BOELEN, M. H. **Volatile Compounds in Food. Qualitative and Quantitative**. Data, 7th edn, pp. 72. 1-72.23. TNO Nutrition and Food Research Institute, Zeist, The Netherlands, 1996.

NURSTEN, H. E. The Maillard reaction [electronic resource]: chemistry, biochemistry, and implications. Cambridge, UK : **Royal Society of Chemistry**, 2005, 214 p.

PINHEIRO, C. A. **Análises Físico-químicas e Avaliação da Qualidade de *Coffea canephora* Pierre & Froener Cultivados no Espírito Santo**. Alegre, 2018. 108 f. Dissertação (Magister Scientiae em Agroquímica), Universidade Federal do Espírito Santo.

PUBCHEM. **Kovats**. Disponível em: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>. Acesso em: 13 jul. 2021.

SANTOS, W. W. V.; ELIAS, A. M. T.; DONATO, M. V. L. C.; MEDEIROS, A. L. T.; BARROS, D. N.; SILVA, M. E. D.; SILVA, S. P. Influência das condições de torra e do processo extrativo em blends de café. **Brasilian Journal Development**, Curitiba, v. 6, n. 5, p. 25079-25092, mai. 2020.

SCHENKER, S.; ROTHGEB, T. The Roast-Creating the Beans' Signature. In: **The craft and science of coffee**. Academic Press, 2017. p. 245-271.

STURM, G. M. **Qualidade física e sensorial de *Coffea canephora* L. relacionadas à altitude, estágio de maturação e preparo pós-colheita**. Alegre, 2012. 83 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal do Espírito Santo.

TOLEDO, P. R. A. B. et al. Discriminant analysis for unveiling the origin of roasted coffee samples: A tool for quality control of coffee related products. **Food Control**, v. 73, p. 164-174, 2017.

VAAST, P.; BERTRANS, B.; PERRIOT, J. J.; GUYOT, B.; GENARD, M. Fuit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 2, n. 86, p. 197-24, 2006.

VAN DEN DOOL, H.; KRATZ, P. D. A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas—liquid partition chromatography. **Journal of Chromatography A**, v. 11, p. 463-471, 1963.

ZAIDAN, U.R.; CORRÊA, P.C.; FERREIRA, W.P.M.; CECON, P.R. Ambiente e variedades influenciam a qualidade de cafés das Matas de Minas. **Coffee Science**, v.12, n.2, p.93-100, 2017.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Alcalóides 73

Alfabetização científica 38

Angiospermas 73

*Annona muricata* 63, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 71

Antifúngica 86, 88, 89, 90, 91

Anti-inflamatória 63, 64, 66, 73

Antimicrobiana 63, 87, 91

Antioxidante 63, 64, 66, 67, 69, 71, 73

Antiulcerogênica 64, 73

Antraquinonas 64, 73

Aperfeiçoamento 3, 5, 91

Aprendizagem 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 16, 17, 19, 22, 24, 25, 27, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42

Atividades biológicas 63

### B

Base Nacional Comum Curricular (BNCC) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 13, 16, 17, 18, 32

Benzofenonas 85, 86, 87, 89, 90, 91

Biocompatíveis 95

Biomassa 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62

Biomateriais 95

### C

Caatinga 73

Café conilon 44, 45, 46, 47, 49

Carbono fixo 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60

Celulose 53, 54, 69

Cibercultura 39

Ciências da natureza 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 40

Citotóxica 63, 64, 66, 73

Combustão 53, 56, 57

Combustíveis fósseis 52

Compostos fenólicos 48, 64

Conhecimento científico 2, 6, 14, 36, 39  
Contexto 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 11, 16, 21, 32, 35, 37, 38, 39, 64, 66, 87, 91, 95, 102  
Cromatografia em Camada Delgada (CCD) 74, 87  
Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (CG-EM) 46, 72  
Cumarinas 64

## D

Densidade básica 52, 53, 55, 56, 59  
Desenvolvimento tecnológico 14, 36  
Discente 12, 16, 33, 35, 36  
Docente 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 16, 19, 20, 30, 33, 36, 43

## E

Ensino-aprendizagem 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42  
Ensino tradicional 7, 33  
Espécie endêmica 72, 73  
Ésteres 65, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 82  
Esteróides 73  
*Eucalyptus* 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 61, 62

## F

Ferramentas tecnológicas na educação 33  
Fitofármacos 64  
Flavonóides 73  
Formação continuada de professores 1, 2, 3, 4, 7, 9, 10  
Furanos 44, 48, 49  
Furfural 44, 47, 48, 49

## G

Gaseificação 53  
Grafeno 94, 95, 96, 97, 98, 101, 102, 103, 107, 108  
Grafite 94, 95, 96, 97, 99, 101, 103, 104, 105, 106

## H

Hemicelulose 53, 54  
Hepatoprotetora 73

## L

Lactonas 64, 65, 73

Leveduras 85, 86, 88, 90, 91

Lignina 53, 54

Lipofilicidade 87

## M

Matemática 5, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 35, 41, 109

Metodologias inovadoras 38, 39

Microextração em fase sólida pelo modo *headspace* (HS-SPME) 46

## N

Nanofiltração 94, 95, 98

Nanoporos 94, 95, 98, 101, 105, 106

Nitração 85, 86, 87, 89, 91

## O

Organização curricular 3

## P

Passivação 94, 95, 106

Pirólise 52, 53, 62

Potencial toxicológico 64

Prática pedagógica 4, 43

Projetos políticos pedagógicos 37

## Q

Química 1, 2, 3, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 52, 53, 54, 55, 60, 61, 64, 65, 68, 71, 82, 83, 84, 85, 89, 90, 95, 96, 97, 109

## R

Reação de Mallard 45

## S

*Senna acuruensis* Benth 72

## T

Tecnologias de Informação e Comunicação 38


Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) 43

## **V**

Voláteis 44, 45, 46, 47, 48, 50, 52, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 87, 88


## **X**


Xantona 85, 87, 89, 91




# PESQUISAS CIENTÍFICAS E O ENSINO DE QUÍMICA: Divulgando a produção acadêmica teórica


[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) 

  
Ano 2022



# PESQUISAS CIENTÍFICAS E O ENSINO DE QUÍMICA: Divulgando a produção acadêmica teórica

[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) 

  
Ano 2022