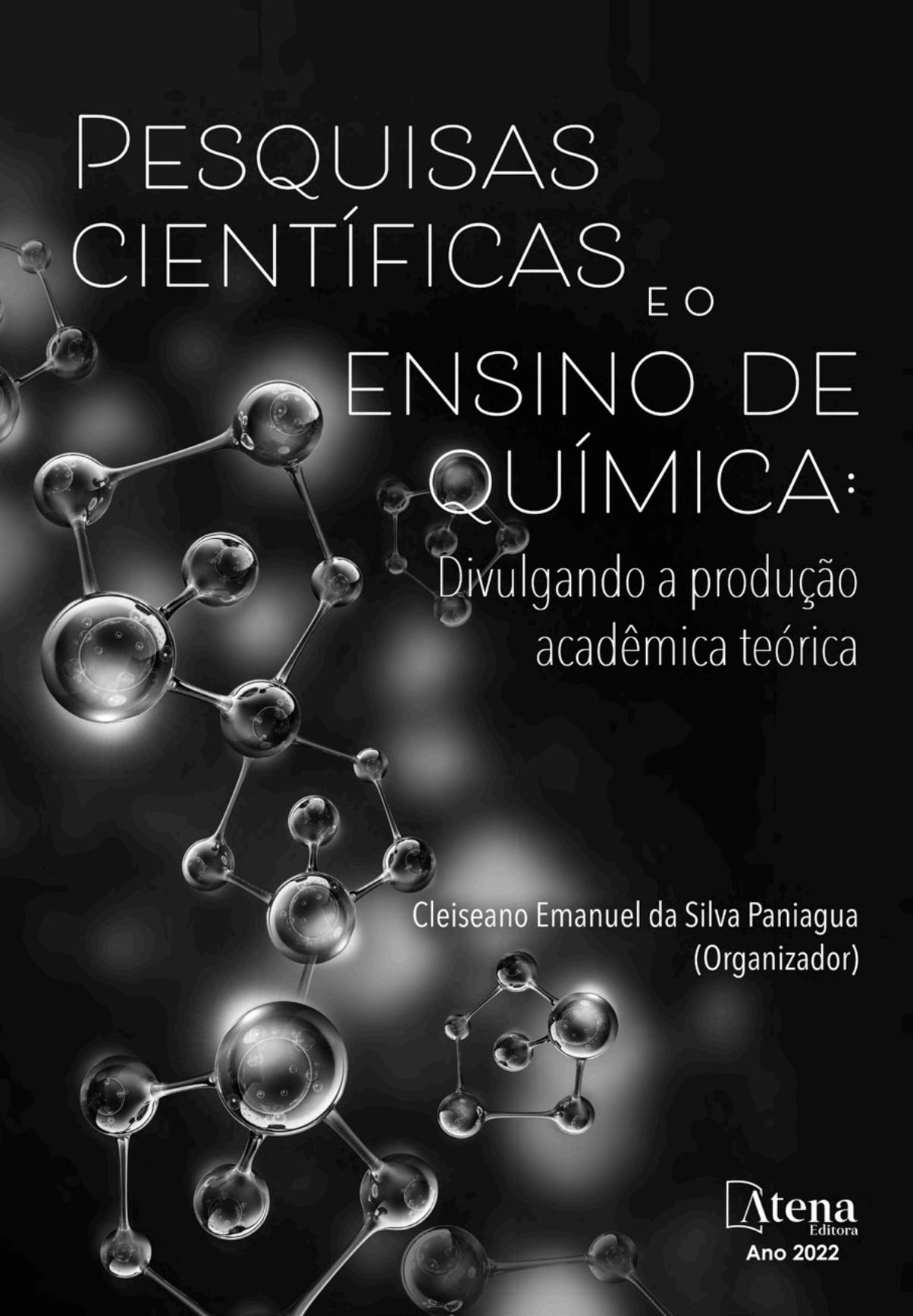


PESQUISAS  
CIENTÍFICAS E O  
ENSINO DE  
QUÍMICA:  
Divulgando a produção  
acadêmica teórica

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-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



# 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**

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

Data de aceite: 10/01/2022

Data de submissão: 06/10/2021

### Rodrigo Ferreira Santiago

Universidade Federal do Piauí – UFPI  
Teresina – Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/9217526625989472>

### Luanda Ferreira Floro da Silva

Universidade Federal do Piauí – UFPI  
Teresina – Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/4492612496272622>

### Lucivania Rodrigues dos Santos

Universidade Federal do Piauí – UFPI  
Teresina – Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/6310238605885623>

### Elcilene Alves de Sousa

Universidade Federal do Piauí – UFPI  
Teresina – Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/5468618220778705>

### Gerardo Magela Vieira Júnior

Universidade Federal do Piauí – UFPI  
Teresina – Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/8484684765493808>

### Mariana Helena Chaves

Universidade Federal do Piauí – UFPI  
Teresina – Piauí  
<http://lattes.cnpq.br/9975336655023605>

**RESUMO:** *Senna acuruensis* Benth. (Fabaceae) é uma espécie endêmica do nordeste brasileiro, conhecida popularmente como “besouro”

e “canafistinha”. O estudo fitoquímico das frações hexânica e  $\text{CHCl}_3$  das sementes de *S. acuruensis* resultou na identificação de 15 compostos. A fração hexânica consistiu em uma mistura composta por dez ésteres de ácidos graxos: palmitato de metila (1), palmitato de etila (2), linoleato de metila (3), oleato de metila (4), linoleato de etila (5), oleato de etila (6), estearato de etila (7), eicosanato de etila (8), docosanoato de etila (9), tetracosanoato de etila (10) e um hidrocarboneto, hexatriacontano (11). A partir da fração  $\text{CHCl}_3$  foi obtida uma mistura dos esteroides: campesterol (12), estigmasterol (13), sitosterol (14) e o estigmast-7-en-3 $\beta$ -ol (15), sendo o composto 15 relatado pela primeira vez no gênero *Senna*. Os compostos foram identificados por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM).

**PALAVRAS-CHAVE:** Ésteres, esteroides, *Senna acuruensis*, Fabaceae.

### CHEMICAL CONSTITUENTS FROM THE SEEDS OF *Senna acuruensis* Benth. IDENTIFIED BY CG-EM

**ABSTRACT:** *Senna acuruensis* Benth. (Fabaceae) is an endemic species from northeastern Brazil, popularly known as “beetle” and “canafistinha”. The phytochemical study of the hexane and  $\text{CHCl}_3$  fractions of the seeds of *S. acuruensis* resulted in the identification of 15 compounds. The hexane fraction consisted of a mixture composed of ten fatty acid esters: methyl palmitate (1), ethyl palmitate (2), methyl linoleate (3), methyl oleate (4), ethyl linoleate (5), ethyl oleate (6), ethyl stearate (7), ethyl eicosanate (8), ethyl docosanoate (9), ethyl tetracosanoate (10)

and a hydrocarbon, hexatriacontane (**11**). From the  $\text{CHCl}_3$  fraction a mixture of the steroids was obtained: campesterol (**12**), stigmasterol (**13**), sitosterol (**14**) and stigmast-7-en-3 $\beta$ -ol (**15**), with compound **15** being reported for the first time in *Senna* genus. The compounds were identified by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS).

**KEYWORDS:** Esters, steroids *Senna acuruensis*, Fabaceae.

## 1 | INTRODUÇÃO

Fabaceae ou Leguminosae é considerada a terceira maior família de Angiospermas, composta por cerca de 19.500 espécies, distribuídas em aproximadamente 770 gêneros (LEWIS et al., 2005; LPWG, 2017). No Brasil essa família é constituída por 210 gêneros, 2.694 espécies, das quais 1.458 são endêmicas, 53 subespécies (16 endêmicas) e 731 variedades (419 endêmicas) (FORZZA et al., 2010a). Fabaceae pode ser encontrada na maior parte dos ecossistemas brasileiros, sendo descrita como a família botânica mais bem representada na caatinga (SILVA et al., 2010). É constituída pelas subfamílias Caesalpinioideae, Papilionoideae, Detarioideae, Cercidoideae, Dialioideae e Duparquetioideae (DOYLE; LUCKOW, 2003; LPWG, 2017; CARVALHO et al., 2020).

Plantas do gênero *Senna* acumulam flavonóides, polissacarídeos, esteróides, cromonas, lactonas e triterpenos, mas plantas do gênero são mais conhecidas por biossintetizarem antraquinonas e alcalóides piperidínicos (SANTOS et al., 2019). Muitos destes metabólitos têm sido descritos por suas propriedades biológicas e farmacológicas, as quais incluem antibacteriana, laxante, antiulcerogênica, citotóxica, atifúngica, analgésica, anti-inflamatória, antioxidante e hepatoprotetora (VEIGAS JUNIOR et al., 2013).

*Senna acuruensis* (Benth.) Irwin & Barneby (sinonímia *Cassia acuruensis*) é uma espécie endêmica do nordeste brasileiro, com ocorrência nos estados do Piauí e principalmente na Bahia, é conhecida popularmente como besouro e canafistinha (FORZZA et al., 2010a; MENDES; CASTRO, 2010; FARIAS; CASTRO, 2004).

Com o intuito de contribuir para o conhecimento químico tanto da espécie *S. acuruensis* como do gênero *Senna*, este trabalho tem como objetivo identificar por CG-EM constituintes químicos das frações hexânica e clorofórmica do extrato etanólico das sementes de *S. acuruensis*.

## 2 | METODOLOGIA

Os frutos da espécie *S. acuruensis* foram coletados em 22 de janeiro de 2014, no município de Jatobá do Piauí – PI, nas seguintes coordenadas geográficas: S 04° 51' 48,6", W 42° 04' 19,6", altitude: 100 m. O material vegetal foi identificado pela bióloga Dra. Ruth Raquel Soares de Farias. Uma exsiccata da espécie encontra-se depositada no Herbário Graziela Barroso da Universidade Federal do Piauí – UFPI, com o número TEPB 17193 e registrada no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento

Tradicional Associado (SisGen) com número AAB530D.

Os frutos de *S. acuruensis* foram secados à temperatura ambiente e separados em cascas e sementes. As sementes (533 g) foram trituradas em liquidificador e submetidas à maceração com EtOH por seis vezes consecutivas. Cada extração teve duração de quatro dias com eventual agitação, seguido de filtração simples. O solvente foi removido em evaporador rotativo à pressão reduzida com aquecimento a 40 °C, obtendo-se assim o extrato etanólico das sementes (30 g; 5,6%).

Uma alíquota de 28 g do extrato etanólico das sementes de *S. acuruensis* foram dissolvidas em  $\text{CHCl}_3/\text{MeOH}$  (1:2), adsorvidas em 66 g de gel de sílica ( $\text{SiO}_2$ ), pulverizadas em grau e pistilo e acondicionada em uma coluna filtrante de 4,5 x 38 cm, preenchida com 253 g de gel de sílica. A coluna foi eluída com hexano (4,0 L), clorofórmio (2,5 L), acetato de etila (1,5 L) e metanol (1,5 L), sucessivamente. Após a remoção dos solventes em evaporador rotativo à pressão reduzida com aquecimento a 40 °C, foram obtidas as frações hexânica (FH, 7,5 g; 26,7%), clorofórmica (FCHCl<sub>3</sub>, 7,6 g; 27,1%), AcOEt (FAcOEt, 2,4 g; 8,7%) e metanólica (FMeOH, 11,9 g; 42,5%).

A fração hexânica na análise por cromatografia em camada delgada (CCD), utilizando hexano/AcOEt (95:5) como eluente e solução de sulfato cérico como revelador, apresentou uma mancha de coloração amarelada e, após análise por ressonância magnética nuclear (RMN) e cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM), resultou na identificação de uma mistura de ésteres de ácidos graxos (1-11). Os espectros de RMN foram obtidos em espectrômetro Varian INOVA modelo 400, operando a 400 MHz (<sup>1</sup>H) e 100 MHz (<sup>13</sup>C). A análise CG-EM foi realizada em cromatógrafo GCMS-QP2010 SE, AOC-5000 auto injetor da Shimadzu, utilizando a coluna SLB™-5ms (30 m x 0,25 mm x 0,25 μm). O detector de massas operou com ionização por elétrons (EI) 70 eV, modo *scan* no intervalo de *m/z* 50 a 650 Da (Daltons). Fase estacionária difenildimetilpolissiloxano (5% de difenil e 95% de dimetilpolissiloxano) e hélio como gás de arraste. As condições da análise cromatográfica foram: temperatura inicial de 70 °C por 2 minutos, com taxa de aquecimento de 6 °C min<sup>-1</sup> até 310 °C, permanecendo por 10 minutos. A temperatura do injetor foi de 300 °C, da fonte de íons 260 °C e da interface 310 °C.

Uma alíquota de 7,0 g da fração clorofórmica, oriunda da coluna filtrante do extrato etanólico, foi submetida a fracionamento por cromatografia em coluna (CC) de gel de sílica (210 g), eluída com hexano/AcOEt em gradiente crescente de polaridade, seguida de AcOEt/MeOH (1:1) e MeOH 100%. As frações obtidas foram analisadas por cromatografia em camada delgada comparativa (CCDC) de gel de sílica e reunidas em 15 grupos, com base nos fatores de retenção e coloração observada nas cromatoplasmas reveladas com solução de sulfato cérico.

O grupo CSS36 (202,0 mg) foi submetido a cromatografia em coluna de Sephadex LH-20 eluído com hexano/ $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  (1:4) obtendo-se a subfração CSS36-9 (45,6 mg), que após a análise por CCD, utilizando hexano/AcOEt (8:2) como eluente e solução de sulfato

cérico como revelador, apresentou uma mancha de coloração roxa.

A subfração CSS36-9 foi derivatizada com *N,O*-bis(trimetilsilil)trifluoroacetamida (BSTFA) de acordo com Prytzky et al. (2003). Uma alíquota de 1,0 mg da amostra foi dissolvida em 1,0 mL de  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  obtendo uma solução de concentração 1,0 mg mL<sup>-1</sup>, posteriormente a solução foi transferida para um frasco de 2,0 mL, o solvente foi evaporado, em seguida foi adicionado 250  $\mu\text{L}$  de piridina tratada e 50  $\mu\text{L}$  de BSTFA. O frasco foi devidamente fechado e levado a aquecimento, entre 40 a 50 °C, durante 1 hora. Após o término da reação, foi adicionado 1,0 mL de acetato de etila e os derivados sililados obtidos foram analisados em CG-EM, resultando na identificação dos derivados sililados **12-15**.

A análise em CG-EM para os derivados sililados foi realizada em cromatógrafo GCMS-QP2010 SE, AOC-5000 auto injetor da Shimadzu, coluna SLB-5MS (30 m x 0,25 mm x 0,10  $\mu\text{m}$ ), fase estacionária difenildimetilpolissiloxano (5% de difenil e 95% de dimetilpolissiloxano) e hélio como gás de arraste (1 mL min<sup>-1</sup>). O detector de massas operou com ionização por elétrons (EI) 70 eV, modo *scan* no intervalo de *m/z* 50 a 600 Da (Daltons). Para análise foi usada a seguinte programação: temperatura inicial de 71 °C por 2 minutos, com taxa de aquecimento de 6 °C min<sup>-1</sup> até 315 °C, mantido por 30 min. As temperaturas do injetor e interface foram 290 °C e 310 °C, respectivamente. Os compostos foram identificados por comparação dos espectros de massas obtidos com os da biblioteca Willey 229, NIST08 e por comparação com os dados da literatura (DIEKMAN e DJERASSI, 1967; PELILLO et al., 2003).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fracionamento cromatográfico clássico das frações hexânica e clorofórmica do extrato etanólico das sementes de *S. acuruensis*, seguido de análise espectrométrica, bem como comparação com dados disponíveis na literatura, possibilitou identificar os compostos **1-15**, sendo **1-10** ésteres metílico e etílico de ácidos graxos saturados e insaturados, **11** é um hidrocarboneto e quatro são esteroides **12-15** (Figura 1).

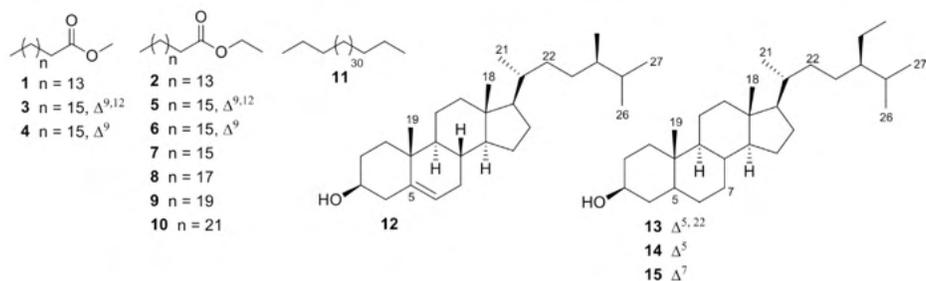


Figura 1: Constituintes químicos identificados na fração hexânica e clorofórmica das sementes de *S. acuruensis*.

O espectro de RMN de  $^1\text{H}$  da fração hexânica apresentou um multipletto em  $\delta$  5,33 atribuído a hidrogênios olefínicos, um quarteto em  $\delta$  4,14 de hidrogênios oximetilênicos, um simpleto em  $\delta$  3,64 de hidrogênios de metoxila, um sinal em  $\delta$  2,30 de hidrogênios  $\alpha$ -carboxílicos, um multipletto em  $\delta$  2,26 correspondente a hidrogênios alílicos, um sinal em  $\delta$  2,73 de hidrogênios metilênicos *bis*-alílicos, um triplete em  $\delta$  0,97 ( $J = 7,2$  Hz) correspondente a hidrogênios metílicos, um simpleto largo entre  $\delta$  1,25-1,30 (sl) atribuído a hidrogênios de grupos metilênicos de cadeia hidrocarbônica. O espectro de RMN de  $^{13}\text{C}$  apresentou sinais em  $\delta$  173,8, referente à carbonila de éster, em  $\delta$  52,0 e 60,0, atribuídos aos carbonos de metoxila e oximetilênico, respectivamente e, entre  $\delta$  127,9-130,1, de carbono olefínico. Adicionalmente, apresentou sinais em  $\delta$  14,0 e 14,2 de carbonos metílicos e entre  $\delta$  22,6-34,3 de  $\text{CH}_2$  de cadeia hidrocarbônica. Estes dados sugerem tratar-se de mistura de ésteres etílicos e metílicos de ácidos graxos saturados e insaturados.

Após constatação da presença de ésteres metílicos e etílicos na fração hexânica, foi realizada a análise por CG-EM permitindo identificar os compostos **1-11**, por meio do índice de similaridade (IS) entre os espectros de massas obtidos do cromatograma de íons totais com os das bibliotecas Wiley229, NIST08 e dados da literatura (ADAM e HAGR, 2019). O cromatograma de íons totais apresentou onze bandas atribuídas aos compostos (**1-11**), dos quais, **1-10** são ésteres e **11** é um hidrocarboneto. Destes o linoleato de etila (**5**) é o constituinte majoritário com 40,62%, seguido pelo palmitato de etila (**2**) com 24,52% e do oleato de etila (**6**) com 14,02% (Figura 2). A Tabela 1 apresenta a relação dos constituintes químicos identificados na fração hexânica.

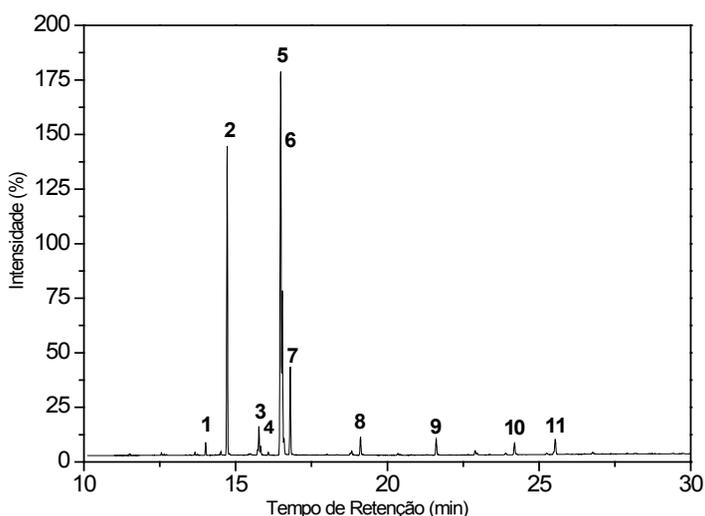


Figura 2: Cromatograma de íons totais da fração hexânica das sementes de *S. acuruensis*

Compostos	Tr (min)	Ar (%)	M <sup>+</sup>	MS (m/z)
Palmitato de metila (1)	14,010	0,92	270	253, 239, 227, 213, 199, 185, 143, 129, 101, 87, 74, 55
Palmitato de etila (2)	14,680	24,52	284	269, 255, 241, 239, 213, 199, 185, 157, 143, 101, 88, 74, 55
Linoleato de metila (3)	14,735	2,28	294	281, 262, 263, 220, 178, 164, 150, 135, 123, 109, 95, 81, 74, 67, 55
Oleato de metila (4)	14,790	0,68	296	278, 265, 264, 235, 222, 180, 166, 152, 137, 123, 111, 97, 83, 74, 69, 55
Linoleato de etila (5)	16,520	40,62	308	279, 263, 262, 220, 178, 164, 150, 135, 123, 109, 9, 88, 81, 67, 55
Oleato de etila (6)	16,550	14,02	310	265, 264, 220, 180, 166, 155, 125, 111, 97, 88, 69, 55
Estearato de etila (7)	16,850	7,42	312	283, 269, 267, 227, 213, 199, 157, 143, 129, 115, 101, 88, 70, 55
Eicosanato de etila (8)	19,130	1,64	340	311, 297, 295, 213, 157, 143, 129, 115, 101, 88, 69, 55
Docosanoato de etila (9)	21,630	1,52	368	339, 325, 323, 269, 213, 199, 157, 143, 129, 115, 101, 88, 70, 57, 55
tetracosanoato de etila (10)	24,150	1,30	396	367, 353, 351, 297, 213, 157, 143, 129, 115, 101, 88, 70, 57, 55
Hexatriacontano (11)	25,570	1,36	507	295, 255, 197, 183, 169, 155, 141, 127, 113, 99, 85, 71, 57

Tabela 1: Tempo de retenção (Tr), área relativa (Ar), pico do íon molecular (M<sup>+</sup>) e razão massa/carga (m/z) dos constituintes químicos identificados na fração hexânica das sementes de *S. acuruensis*

Os espectros de massas dos ésteres de ácidos graxos apresentam picos de fragmentos característicos com  $m/z$  74 e  $m/z$  88 para éster metílico e etílico respectivamente, os quais são atribuídos ao rearranjo de McLafferty (Figura 3, Tabela 1). Para que esse rearranjo ocorra, a molécula deve possuir um heteroátomo em posição apropriada (oxigênio) e um átomo de hidrogênio que possa ser abstraído na posição  $\gamma$  em relação a carbonila (SILVERSTEIN, WEBSTER e KIEMLE, 2007). Nesse rearranjo, o átomo de hidrogênio  $\gamma$  é transferido para a carbonila conduzindo a um estado de transição de seis membros, com clivagem das ligações sigmas entre os carbonos  $\alpha$  e  $\beta$  à carbonila e C-H da posição  $\gamma$  (PAVIA et al., 2015).

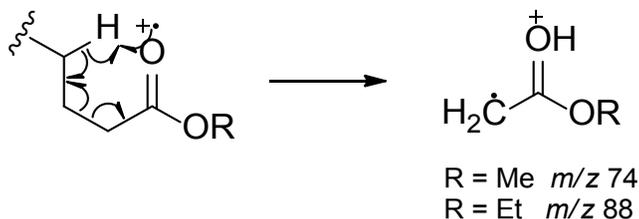


Figura 3: Rearranjo de McLafferty de ésteres de ácidos graxos

Os ésteres identificados apresentam espectros de massas com íons pseudomoleculares  $m/z$   $[M-31]^+$  e  $[M-45]^+$  que são característicos de ésteres de ácidos graxos e correspondem a perda de grupos metoxila ( $\text{OCH}_3$ ) e etoxila ( $\text{OCH}_2\text{CH}_3$ ), enquanto os fragmentos  $m/z$  87 e  $m/z$  101 são característicos da clivagem entre os carbonos  $\gamma$  e  $\delta$ , conforme Figura 4 (SILVERSTEIN, WEBSTER e KIEMLE, 2007; JABBAR et al., 2014).

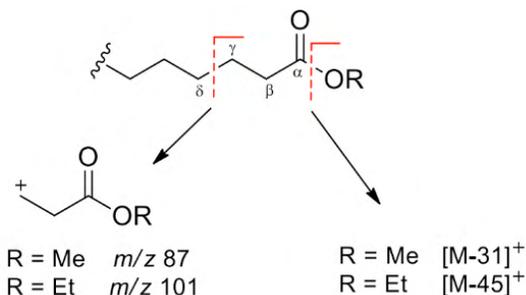


Figura 4: Proposta de fragmentação dos ésteres de ácidos graxos

Os compostos **1-10** podem ter sido formados pela esterificação dos ácidos graxos correspondentes durante os processos de extração e separação quando se utilizou os solventes MeOH e EtOH.

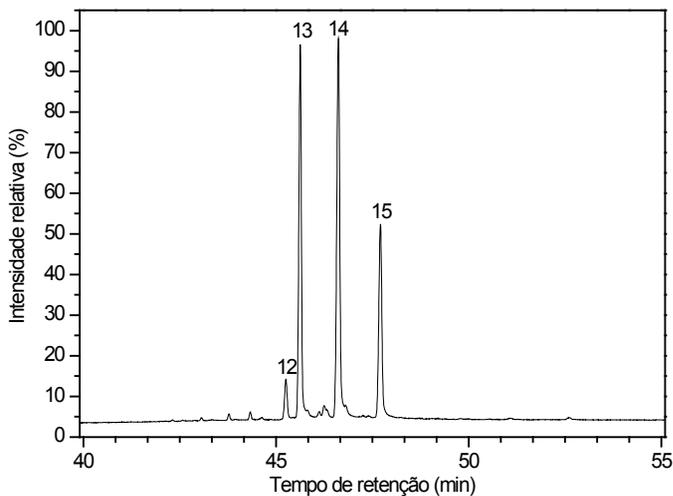
Em óleos fixos de sementes são encontradas grandes quantidades de ácidos graxos livres ou esterificados como triacilgliceróis, entretanto, a presença de ésteres de ácidos graxos na forma livre é raramente relatados em estudos de óleos de sementes, devido a forma de análise ser frequentemente por CG-EM, portanto requer que a amostra seja previamente metilada. Alguns estudos evidenciam a existência de ésteres metílicos e etílicos em outras partes de plantas como nas cascas de *Holoptelea integrifolia*, nas raízes de *Calotropis procera*, nas flores de *Calotropis gigantea* e nos galhos e folhas de *Brosimum glaziovii* (HASSAN et al., 2019; ADAM e HAGR, 2019; DHIVYA e MANIMEGALAI, 2013; COQUEIRO et al., 2014)

A reação de esterificação ocorre com a ativação do grupo carbonila, pela sua protonação, deixando o carbono mais susceptível a um ataque nucleofílico com MeOH ou

EtOH, para formar um intermediário tetraédrico. Posteriormente, ocorre a eliminação de água restaurando o grupo carbonila (CAREY, 2011).

Os ácidos graxos, em sua forma livre e, sobretudo, esterificados com o glicerol, são componentes dos óleos e gorduras. Não são comumente ramificados, geralmente têm número par de átomos de carbono e quando insaturados, as ligações duplas são normalmente *cis*. As gorduras são usadas como reserva biológica estocada nos tecidos do corpo. Os produtos finais de seu metabolismo são CO<sub>2</sub> e água. Os óleos têm uma função semelhante nas sementes de plantas (VOLLHARDT e SCHORE, 2013).

Os esteroides **12-15** obtidos da fração clorofórmica foram identificados como derivados siliados. A análise em CG-EM dos derivados siliados forneceu o cromatograma de íons totais (TIC) mostrado na Figura 5. O TIC apresentou quatro bandas identificadas como campesterol (**12**), estigmasterol (**13**), sitosterol (**14**) e estigmast-7-en-3 $\beta$ -ol (**15**), sendo majoritários os compostos **13** e **14**, com abundâncias relativas de 34,31% e 40,63%, respectivamente. Os compostos foram identificados por comparação dos espectros de massas obtidos com os da biblioteca Willey 229, NIST08 e por comparação com os dados da literatura. A Tabela 2 mostra o tempo de retenção (Tr), área relativa (Ar) e o *m/z* do pico do íon molecular (M<sup>+</sup>) para os compostos identificados.



Cromatograma de íons totais dos derivados siliados

Figura 5:

Composto	Tr (min)	Ar (%)	M <sup>+</sup>	MS (m/z)
CampesterolTMS (12)	45.140	3,89	472	457, 382, 367, 343, 315, 313, 261, 255, 213, 159, 145, 129, 95, 73
EstigmasterolTMS (13)	45.505	34,31	484	469, 412, 394, 379, 327, 351, 271, 255, 213, 199, 159, 133, 129, 83, 73
SitosterolTMS (14)	46.480	40,63	486	471, 396, 381, 357, 329, 275, 255, 213, 159, 145, 129, 121, 95, 81, 73
Estigmast-7-en-3-olTMS (15)	47.550	21,17	486	471, 414, 396, 381, 345, 303, 255, 229, 213, 147, 107, 95, 73

Tabela 2: Tempo de retenção (Tr), área relativa (Ar), pico do íon molecular (M<sup>+</sup>) e razão massa/carga (m/z) dos esteroides sililados

Os espectros de massas dos compostos identificados apresentam picos de íons moleculares somados 73 Da, referente a massa do TMS (CARVALHO et al., 2020). Os picos  $m/z$  [M-15]<sup>+</sup>, [M-90]<sup>+</sup>, [M-15-90]<sup>+</sup>, [M-129]<sup>+</sup>, [M-CL]<sup>+</sup> e [M-CL-90]<sup>+</sup> são característicos de esteroides sililados e correspondem a perda de grupos metila (CH<sub>3</sub>), trimetilsilanol (TMSOH), trimetilsilanol+metila (TMSOH+CH<sub>3</sub>), propeniltrimetilsilil (TMSO-C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>), cadeia lateral (CL) e trimetilsilanol (TMSOH) seguido de perda da cadeia lateral (CL) respectivamente. Os fragmentos  $m/z$  [M-129]<sup>+</sup>, 315, 327 e 329 são característico da fragmentação no anel A de esteroides D<sup>5</sup>, conforme proposta de fragmentação apresentada na Figura 6 (DIEKMAN e DJERASSI, 1967; WYLLIE, AMOS e TOSKES, 1977; PELILLO et al., 2003).

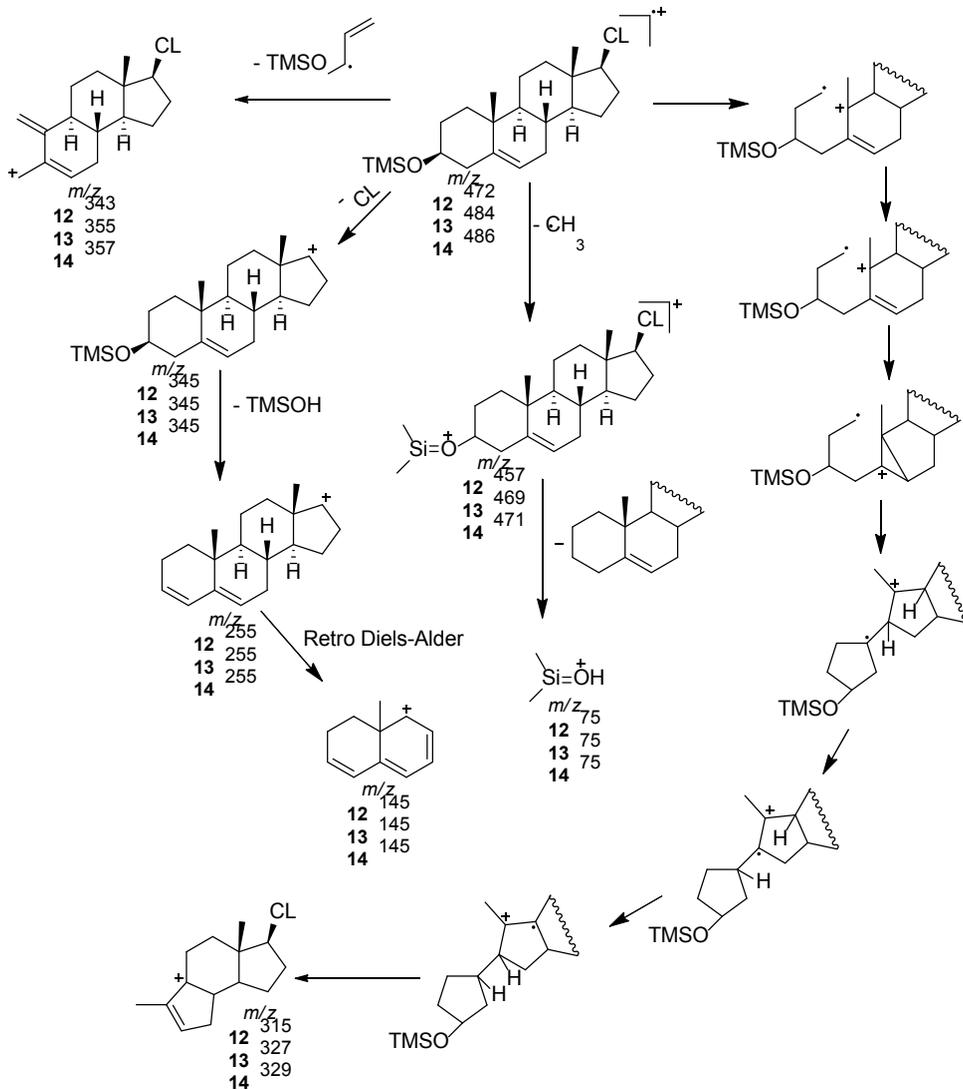


Figura 6: Proposta de fragmentação dos esteroides siliados (12-14). Adaptado de DIEKMAN; DJERASSI, 1967 e WYLLE, 1977. CL: cadeia lateral

O composto **15** identificado como estigmast-7-en-3-ol apresentou íon *pseudomolecular* com  $m/z$  486  $[M]^+$ , com íons fragmentos  $m/z$  471  $[M-15]^+$ , 396  $[M-90]^+$ , 381  $[M-15-90]^+$  345  $[M-CL]^+$  que correspondem a perda de grupos metila ( $CH_3$ ), trimetilsilanol (TMSOH), trimetilsilanol + metila ( $TMSOH+CH_3$ ) e da cadeia lateral (CL), respectivamente. No entanto, os fragmentos  $m/z$   $[M-129]^+$  e 329, que ocorrem nos compostos **12-14**, não foram observados, o que sugere a presença de um esteroide  $\Delta^7$ , conforme Figura 7 (PELILLO et al., 2003; KNIGHTS, 1967).

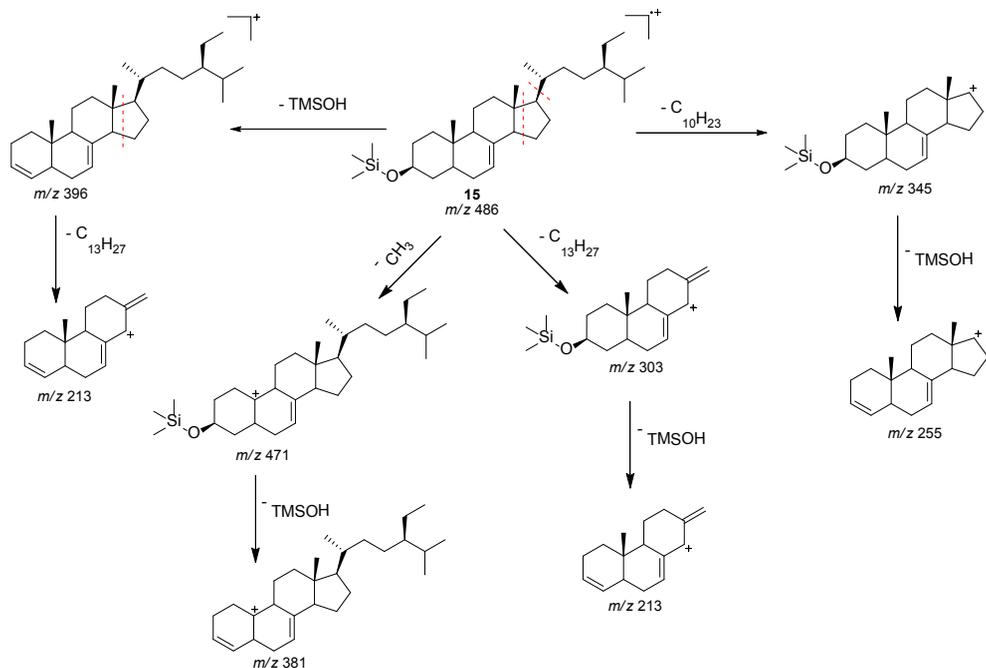


Figura 7: Proposta de fragmentação do estigmast-7-en-3-ol (15). Adaptada de PELILLO et al., 2003

Os esteroides **12-14** já foram relatados em estudos anteriores no gênero *Senna*, enquanto estigmast-7-en-3-ol (**15**) está sendo relatados pela primeira vez neste gênero (NEVES et al., 2017).

## 4 | CONCLUSÃO

O estudo químico das sementes de *Senna acuruensis* possibilitou a identificação dos ésteres metílicos e etílicos de ácidos graxos **1-10**, o hidrocarboneto **11** e quatro esteroides **12-15**. O composto **15** está sendo relatado pela primeira vez no gênero *Senna*. Os resultados obtidos contribuem para o conhecimento da composição química da espécie *S. acuruensis*.

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece a CAPES, CNPq, INCTBioNat e UFPI pelo apoio financeiro e pela bolsa de R. F. Santiago.

## REFERÊNCIAS

ADAM, I. A.; HAGR, T. E. GC-MS analysis of chemical constituents from chloroform extracts of *Calotropis procera* (Ait.) R. Br (Asclepiadaceae) roots collected in Sudan. **Open Science Journal of Analytical Chemistry**, v. 4, n. 2, p. 20-24, 2019.

CAREY, F. A. **Química orgânica**. 7. ed, Porto Alegre: Bookman, 2011.

CARVALHO, A. A.; FREITAS, J. S.; SANTOS, L. R.; ARAÚJO, B. Q.; CHAVES, M. H. Identificação de isoprenoides na fração hexânica das folhas de *Machaerium acutifolium* por CG-EM. In: FRANCISCO, A. L. O. (org.). **Avanços científicos, tecnológicos e de inovação na botânica**. Ponta Grossa: Atena Editora, p. 24-34, 2020.

CARVALHO, A. A.; SANTOS, L. R.; FREITAS, J. S.; CHAVES, M. H. Isoflavonoides da tribo dalbergieae: uma contribuição quimiosistemática para a subfamília papilionoideae. **Química Nova**, v. 43, n. 9, p. 1294-1311, 2020.

COQUEIRO, A.; REGASINI, L. O.; LEME, G. M.; POLESE, L.; NOGUEIRA, C. T.; DEL CISTIA, M. L.; BOLZANI, V. D. S. Leishmanicidal activity of *Brosimum glaziovii* (Moraceae) and chemical composition of the bioactive fractions by using high-resolution gas chromatography and GC-MS. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 25, n. 10, p.1839-1847, 2014.

DIEKMAN, J.; DJERASSI, C. Mass spectrometry in structural and stereochemical problems. CXXV. Mass spectrometry of some steroid trimethylsilyl ethers. **The Journal of organic chemistry**, v. 32, n. 4, p. 1005-1012, 1967.

DHIVYA, R.; MANIMEGALAI, K. Preliminary phytochemical screening and GC-MS profiling of ethanolic flower extract of *Calotropis gigantea* Linn.(Apocynaceae). **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 2 n. 3, p. 28-32, 2013.

DOYLE, J. J.; LUCKOW, M. A. The Rest of the Iceberg. Legume Diversity and Evolution in a Phylogenetic Context. **Plant Physiology**, v. 131, p. 900-910, 2003.

FARIAS, R. R. S.; CASTRO, A. A. J. F. Fitossociologia de trechos da vegetação do complexo de Campo Maior, Campo Maior, PI, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. v. 18, p. 949-963, 2004.

FORZZA, R. C.; BAUMGRATZ, J. F. A.; BICUDO C. E. M.; CARVALHO JR, A. A.; COSTA, A.; COSTA, D. P.; HOPKINS, M.; LEITMAN, P. M.; LOHMANN, L. G.; MAIA, L. C.; MARTINELLI, G.; MENEZES, M.; MORIM M. P.; NADRUZ-COELHO, M. A.; PEIXOTO, A. L.; PIRANI, J. R.; PRADO, J.; QUEIROZ, L. P.; SOUZA, V. C.; STEHMANN, J. R.; SYLVESTRE, L. S.; WALTER, B. M. T.; ZAPPI, D. **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010a.

HASSAN, A.; RASHEED, M.; ALI, M.; HASSAN, S.; NAZIM, U.; ISHRAT, G.; AHMED, M. Identification of fatty acids and fatty acid esters from ethyl acetate bark extract of *holoptelea integrifolia* (roxb.) Planch by GC-MS. **World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 8, n. 3, p. 164-174, 2019.

IRWIN, H. S.; BARNEBY, R. C. **The American Cassiinae: A synoptical revision of Leguminosae – Tribe Cassieae subtribe Cassiinae in the New World**. Memoirs of the New York Botanical Garden. v. 35, parte 1, 1982a.

JABBAR, A. ALI, A.; TAWAB, A.; IQBAL, M. Fatty Acid Profiling of Lipid A Isolated from Indigenous Salmonella Typhi Strain by Gas Chromatography Mass Spectrometry. **Journal of the Chemical Society of Pakistan**, v. 36, n. 1, 2014.

KNIGHTS, B. A. Identification of plant sterols using combined GLC/mass spectrometry. **Journal of Chromatographic Science**, v. 5, n. 6, p. 273-282, 1967.

LEWIS, G. P.; SCHIRIRE, B.; MACKINDER, B.; LOCK, M. **Legumes of the World**. London: Royal Botanic Gardens, Kew. p. 577, 2005.

LPWG [Legume Phylogeny Working Group]. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. **Taxon**. v. 66, n. 1, p. 44–77, 2017.

MENDES, R. A.; CASTRO, A. A. J. F. Vascular flora of semi-arid region, São José do Piauí, state of Piauí, Brazil. **Journal of species lists and distribution**. v. 6, p. 39-44, 2010.

NEVES, A. M.; COSTA, O. S.; COUTINHO, M. G. S.; SOUZA, E. B.; SANTOS, H. S.; SILVA, M. G. V.; FONTENELLE, R. O. S. Caracterização química e o potencial antimicrobiano de espécies do gênero *Senna* Mill (Fabaceae). **Revista Virtual de Química**, v. 9, p. 2506-2538, 2017.

PAVIA, D. L.; LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S.; VYVYAN, J. R. **Introdução à espectroscopia**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

PELILLO, M.; IAFELICE, G.; MARCONI, E.; CABONI, M. F. Identification of plant sterols in hexaploid and tetraploid wheats using gas chromatography with mass spectrometry. **Rapid communications in mass spectrometry**, v. 17, n. 20, p. 2245-2252, 2003.

PRYTZYK, E.; DANTAS, A. P.; SALOMÃO, K.; PEREIRA, A. S.; BANKOVA, V. S.; DE CASTRO, S. L.; NETO, F. R. A. Flavonoids and trypanocidal activity of *Bulgarian propolis*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 88, n. 2-3, p.189-193, 2003.

SANTOS, L. R.; CARVALHO, A. A.; SANTIAGO, R. F.; CHAVES, M. H. Alcaloides do gênero *Senna* e potencial farmacológico. In: FARIA, A. N. (org.). **Princípios físico químicos em farmácia**. Ponta Grossa: Atena Editora, p. 1-13. 2019

SILVERSTEIN R. M.; WEBSTER, F. X.; KIEMLE, D. J. **Identificação espectrométrica de compostos orgânicos**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

VEIGAS JUNIOR, C.; PIVATTO, M.; REZENDE, A.; HAMERSKI, L.; SILVA, D. H. S.; BOLZANI, V. S. (–)-7-Hydroxycassine: a new 2,6-Dialkylpiperidin-3-ol Alkaloid and other Constituents Isolated from Flowers and Fruits of *Senna spectabilis* (Fabaceae). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 24, n. 2, p. 230-235, 2013.

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

WYLLIE, S. G. Electron impact induced fragmentation of cholesterol and related C-5 unsaturated steroids. **Journal of Organic Chemistry**, v. 42, 1977.

WYLLIE, S. G.; AMOS, B. A.; TOKES, L. Electron impact induced fragmentation of cholesterol and related C-5 unsaturated steroids. **The Journal of organic chemistry**, v. 42, n. 4, p. 725-732, 1977.

## 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 

[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