

## Estudo de *Simarouba versicolor* (Simaroubaceae) associados à inibição da enzima acetilcolinesterase

Study of *Simarouba versicolor* (Simaroubaceae) associated with the inhibition of the enzyme acetylcholinesterase

Estudio de *Simarouba versicolor* (Simaroubaceae) asociado a la inhibición de la enzima acetilcolinesterasa

Recebido: 24/02/2023 | Revisado: 09/03/2023 | Aceitado: 11/03/2023 | Publicado: 16/03/2023

**Silvânia de Sousa Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2677-6830>  
Universidade Federal de Goiás, Brasil  
E-mail: [silvaniaedavi@hotmail.com](mailto:silvaniaedavi@hotmail.com)

**Marcela Christofoli**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3361-7747>  
Universidade Estadual de Goiás, Brasil  
E-mail: [christofolimarcela@gmail.com](mailto:christofolimarcela@gmail.com)

**Joema Rodrigues Cardoso Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7314-5225>  
Universidade Federal de Goiás, Brasil  
E-mail: [eng.quim.joema@gmail.com](mailto:eng.quim.joema@gmail.com)

**Raphaella Gabrí Bitencourt**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0675-0609>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil  
E-mail: [raphaella.bitencourt@ifgoiano.edu.br](mailto:raphaella.bitencourt@ifgoiano.edu.br)

**Paulo Sérgio Pereira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0155-8968>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Brasil  
E-mail: [paulo.pereira@ifgoiano.edu.br](mailto:paulo.pereira@ifgoiano.edu.br)

### Resumo

Um determinado problema na agricultura é a presença de pragas que causam vários danos nas plantações, ocasionando sérios problemas econômicos. Atualmente, grande quantidade de inseticidas tem sido utilizado no controle de pragas. A utilização indiscriminada desses inseticidas resulta no uso abusivo de agrotóxicos e consequentes desequilíbrios ecológicos. Novas ferramentas, como o isolamento de produtos químicos botânicos tem desempenhado crescente papel no manejo de pragas. Propriedades fitoquímicas possuem diferentes modos de ações sobre insetos e em outras pragas incluindo repelência, deterrência, inibição da mobilidade e respiração, e efeito sobre ciclos bioquímicos como o da enzima acetilcolinesterase (AChE). A espécie *Simarouba versicolor* apresenta em sua constituição substâncias da classe dos flavonoides, triterpenos e quassinoides, que podem impedir danos oxidativos, e isto pode estar associada à propriedades inseticida dessa espécie. O presente trabalho buscou avaliar efeitos dos extratos e frações de *S. versicolor* na inibição da AChE, contribuindo para desenvolvimento de um defensivo agrícola ambientalmente correto associado ao controle de pragas agrícolas. Folhas e galhos de *S.versicolor* foram secos e pulverizados, sendo os extratos brutos extraídos com solventes em ordem crescente de polaridade:acetato de etila, metanol e água. A avaliação do efeito dos extratos de *S. versicolor in natura* sobre a enzima acetilcolinesterase foi determinada em microplacas pelo método eletroforético nas concentrações 1 mg/mL, 0,5 mg/mL, 0,25 mg/mL, 0,125 mg/mL, 0,062 mg/mL, 0,031 mg/mL, 0,015 mg/mL. Todos os extratos apresentaram para a concentração de 0,5mg mL, inibição superior a 50% caracterizando-os como inibidores de AChE potentes. A espécie *S. versicolor* mostrou-se uma potente espécie inibidora da AChE.

**Palavras-chave:** *Simarouba versicolor*; Inibição enzimática; Acetilcolinesterase.

### Abstract

A particular problem in agriculture is the presence of pests that cause various damages to crops, causing serious economic problems. Currently, a large number of insecticides have been used to control pests. The indiscriminate use of these insecticides results in the abusive use of pesticides and consequent ecological imbalances. New tools such as the isolation of botanical chemicals are playing an increasing role in pest management. Phytochemical properties have different modes of action on insects and other pests including repellency, deterrence, inhibition of motility and respiration, and effect on biochemical cycles such as the enzyme acetylcholinesterase (AChE). The species *Simarouba*

*versicolor* presents in its constitution substances from the class of flavonoids, triterpenes and quassinoids that can prevent oxidative damage, and this may be associated with the insecticidal properties of this species. The present work sought to evaluate the effects of extracts and fractions of *S. versicolor* on the inhibition of AChE, contributing to the development of an environmentally correct agricultural defensive associated with the control of agricultural pests. Leaves and branches of *S.versicolor* were dried and pulverized, and the crude extracts were extracted with solvents in increasing order of polarity (ethyl acetate, methanol and water). The evaluation of the effect of extracts of *S. versicolor* in natura on the enzyme acetylcholinesterase was determined in microplates by the electrophoretic method at concentrations 1 mg/mL, 0.5 mg/mL, 0.25 mg/mL, 0.125 mg/ml, 0.062 mg/ml, 0.031 mg/ml, 0.015 mg/ml. All extracts presented for the concentration of 0.5mg mL, inhibition greater than 50% characterizing them as potent AChE inhibitors. The species *S. versicolor* proved to be an inhibitor of AChE.

**Keywords:** *Simarouba versicolor*; Enzyme inhibition; Acetylcholinesterase.

### Resumen

Un problema particular en la agricultura es la presencia de plagas que causan diversos daños a los cultivos, ocasionando serios problemas económicos. En la actualidad, se han utilizado una gran cantidad de insecticidas para el control de plagas. El uso indiscriminado de estos insecticidas da como resultado el uso abusivo de plaguicidas y los consiguientes desequilibrios ecológicos. Las nuevas herramientas, como el aislamiento de productos químicos botánicos, están desempeñando un papel cada vez más importante en el control de plagas. Las propiedades fitoquímicas tienen diferentes modos de acción sobre los insectos y otras plagas, incluida la repelencia, la disuasión, la inhibición de la motilidad y la respiración, y el efecto sobre los ciclos bioquímicos, como la enzima acetilcolinesterasa (AChE). La especie *Simarouba versicolor* presenta en su constitución sustancias de la clase de los flavonoides, triterpenos y cuasinoides que pueden prevenir el daño oxidativo, y esto puede estar asociado a las propiedades insecticidas de esta especie. El presente trabajo buscó evaluar los efectos de extractos y fracciones de *S. versicolor* sobre la inhibición de AChE, contribuyendo al desarrollo de una defensa agrícola ambientalmente correcta asociada al control de plagas agrícolas. Las hojas y ramas de *S. versicolor* se secaron y pulverizaron, y los extractos crudos se extrajeron con solventes en orden creciente de polaridad (acetato de etilo, metanol y agua). La evaluación del efecto de extractos de *S. versicolor* in natura sobre la enzima acetilcolinesterasa se determinó en microplacas por el método electroforético a concentraciones de 1 mg/mL, 0.5 mg/mL, 0.25 mg/mL, 0.125 mg/ml, 0,062 mg/ml, 0,031 mg/ml, 0,015 mg/ml. Todos los extractos presentaron para la concentración de 0.5mg mL, inhibición mayor al 50% caracterizándolos como potentes inhibidores de la AChE. La especie *S. versicolor* demostró ser un inhibidor de la AChE.

**Palabras clave:** *Simarouba versicolor*; inhibición de enzimas; Acetilcolinesterasa.

## 1. Introdução

Um determinado problema na agricultura geral é a presença de pragas que causam muitos danos nas plantações ocasionando sérios problemas econômicos e doenças agrícolas. De acordo com Peralatti et al. (2013), são mais 500 mil espécies que se alimentam de folhas verdes. Com intuito de combater as destruições que são causadas por insetos na agricultura, utiliza-se diversos produtos químicos que são capazes de matar ou inibir a sua reprodução, sendo esta classe de compostos denominados inseticidas (Peralatti et al., 2013).

Atualmente, grande quantidade de inseticidas tem sido utilizada no controle de pragas agrícolas e suas vendas tem se destacado no Brasil. A venda de inseticidas é responsável por cerca de 40% (US\$ 4,89 bilhões) do faturamento total de empresas como a Basf, Du Pont, Monsanto e Syngenta (AENDA, 2018). A maioria desses produtos atuam como anticolinesterásicos, (inibidores de acetilcolinesterase), possuindo elementos químicos que interferem na ação de colinesterase como potentes neurotoxinas, causando excessiva salivação, olhos lacrimejantes, seguido por espasmos musculares e morte do inseto (Dvir et al., 2010).

No entanto, o manejo desses produtos químicos requer muito cuidado, pois seu uso prolongado pode ser prejudicial ao meio ambiente e à saúde da população. A exposição a agrotóxicos pode ocasionar várias doenças e intoxicações, tanto para os agricultores que ficam expostos, quanto para as pessoas que ingerem inalam esses materiais; pois algumas substâncias químicas se acumulam no organismo podendo causar doenças mais demoradas e até mais graves (ANVISA, 2014).

É crescente o estudo de novas substâncias no controle de pragas que oferecem maior segurança, biodegradabilidade, seletividade, viabilidade econômica e baixo impacto ambiental. Estas características podem ser encontradas em substâncias produzidas pelas plantas (Seiber et al., 2014). Substâncias fitoquímicas possuem um grande modo de ação sobre insetos e

ácaros-praga, incluindo repelência, deterrência, inibição da mobilidade e respiração e efeito sobre ciclos bioquímicos dos artrópodes como a acetilcolinesterase (Loizzo et al., 2007; Marsaro Júnior et al., 2005; Oliveira & Macedo, 2011; Christofoli et al., 2015; Peres, 2015), o que os tornam alternativas promissoras na agricultura para o controle de pragas.

A espécie *Simarouba versicolor* apresenta em sua constituição substâncias da classe dos flavonoides, triterpenos e quassinoides. Sabe-se que alguns flavonoides e quassinoides podem impedir danos oxidativos, isto pode estar associada a uma propriedade inseticida dessa espécie (Carvalho, 2008). Neste contexto, o presente trabalho buscou avaliar o efeito dos extratos e frações de *S. versicolor* na inibição da enzima acetilcolinesterase (AChE), visando o desenvolvimento de um defensivo agrícola ambientalmente correto associado ao controle de pragas agrícolas.

## 2. Metodologia

### 2.1 Coleta do material vegetal

As folhas e galhos de *S. versicolor* foram coletados no município de Iporá- Go. A espécie foi identificada pela Dra.Vânia Sardinha dos Santos, professora do Instituto Federal Goiano - Campus de Iporá e excicatas para comprovação da mesma no Instituto Federal Goiano- Campus Rio Verde.

### 2.2 Extração do extrato bruto

As folhas e galhos de *S. versicolor* foram secos em estufa à 60 °C por 72 horas e posteriormente pulverizados. 200 gramas dos materiais pulverizados foram extraídos com 01 litro de solvente à temperatura ambiente e em repouso durante 24 horas, repetindo-se o processo por 03 vezes. As extrações foram feitas com solventes em ordem crescente de polaridade (acetato de etila, metanol e água). Foram obtidos os extratos brutos de acetato de etila e metanol após a evaporação dos solventes por rota-evaporador. Para o extrato aquoso, o hidrolato foi congelado e liofilizado.

### 2.3 Ensaio de inibição de acetilcolinesterase

Todos os ensaios foram realizados no laboratório de Biomoléculas e Bioensaios do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde.

A atividade de inibição da acetilcolinesterase foi determinada em microplacas pelo método eletroforético descrito por Ellman (1961), modificado por Hawkins & Ahmad (2016) com adaptações, onde um substrato artificial, acetiltiocolina (ACTI), foi utilizado para medir a atividade enzimática. Nesse método, a formação do produto tiocolina da catálise, deve ser visualizado pela reação desta com o DTNB (ácido 5,5'-ditio-*bis*-(2-nitrobenzoico)). O DTNB é um composto solúvel em água que consegue reagir com compostos que possuem um grupamento tiol, como a tiocolina. Dessa forma, o tiol da tiocolina consegue clivar a ligação dissulfeto do DTNB, gerando TNB (ácido 5-tio-2-nitrobenzoico) ligado à tiocolina, e este produto pode ser medido por absorvância a 405 nm.

Em cada poço da microplaca foram adicionados 83 µL de tampão fosfato de sódio 0,1 M (pH 7,5), 6,0 µL de tampão Tris-HCl (pH 8,0) contendo 0,1% de Albumina do Soro Bovino (BAS), 5,0 µL de extrato de *S. versicolor* diluídos em DMSO (nas concentrações variando de 0,0156 a 1,0 mg/mL), 6,0 µL da enzima a 5 µ/mL. O sistema foi mantido em repouso por 10 minutos em BOD a 25 °C. Na sequência, foram adicionados em cada poço 65 µL de tampão fosfato de sódio 0,1 M (pH 7,5), 10 µL de DTNB (ácido 5,5'-ditiobis-2-nitrobenzoico) e 25 µL de ACTI (1-azido-2-chloro-1,1,2-trifluoro-2-iodoethane). Em seguida, a microplaca foi deixada em repouso em BOD por 60 minutos a 25°C e submetido à leitura em leitor de microplacas em 405 nm.

## 2.4 Determinação do perfil inibitório dos extratos e frações

A atividade inibitória foi determinada pela taxa de absorção em função do tempo ( $V = \Delta\text{Abs} / \Delta t$ ) conforme a equação a seguir:

$$\text{inibição enzimática (\%)} = 100 - \text{atividade enzimática (\%)}$$

## 2.5 Análise estatística

As concentrações dos extratos e frações fornecendo 50% de inibição ( $\text{IC}_{50}$ ) foram calculadas a partir do gráfico de percentagem de inibição em função das concentrações dos extratos em solução, utilizando o programa Microsoft Excel. Os valores de  $\text{IC}_{50}$  e média  $\pm$  SEM foram calculados em intervalos de confiança de 95%. A unidade de inibição (UI) foi definida como a quantidade de inibidor que diminui a atividade da enzima em 0,01 de absorbância a 405 nm. A análise estatística dos resultados foi realizada com o software Sisvar, seguido de comparações múltiplas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Inibição de acetilcolinesterase pelos extratos brutos

O maior percentual de inibição foi verificado na maior concentração (1 mg/mL) dos extratos acetato de etila, metanólico e aquoso tanto das folhas como dos galhos. O extrato de acetato de etila das folhas de *S. versicolor* e o extrato metanólico dos galhos demonstraram percentagem de inibição maior que 90% caracterizando-os, assim, como potentes inibidores da AChE. Nota-se, ainda, que todos os extratos apresentaram para a concentração de 0,5 mg/mL inibição superior a 50%, exceto o extrato aquoso das folhas. São apresentados todos os resultados obtidos na Tabela 1.

**Tabela 1:** Percentagem de inibição de AChE pelos extratos de *S. Versicolor*.

Parte da Planta	Porcentual de Inibição (%)					
	Folhas			Galhos		
	Tipo de Extrato			Tipo de Extrato		
Concentração do Extrato (mg/mL)	Acetato de etila	Metanólico	Aquoso	Acetato de etila	Metanólico	Aquoso
1	91,37 a	89,14 a	85,93 a	73,51 a	90,54 a	83,25 a
0,5	62,79 b	63,38 b	47,24 b	68,21 a	63,71 b	55,83 b
0,25	25,27 c	50,22 b	34,52 bc	47,48 b	36,16 c	28,09 c
0,125	0,31 d	22,51 c	21,55 c	17,40 c	7,68 d	0 d
0,062	0 d	7,94 cd	17,57 c	6,34 cd	0 e	0 d
0,031	0 d	4,87 cd	7,85 d	4,49 cd	0 e	0 d
0,015	0 d	0,38 d	0 d	2,53 d	0 e	0 d

Fonte: Autores.

Outras espécies vegetais como *Achyrocline tomentosa* (Asterales:Asteraceae), *Eupatorium viscidum* (Asterales:Asteraceae), *Ruprechtia apétala* (Caryophyllales:Polygonaceae) e *Zanthoxylum coco* (Sapindales:Rutaceae) também apresentaram inibição da AChE (Cheng et al., 2007). Adicionalmente, os extratos metanólicos da raiz de *Withania somnifera* (raiz), da casca do caule de *Semecarpus anacardium*, da raiz de *Embelia ribes* (raiz), do caule de *Tinospora cordifolia*, da

casca do caule de *Ficus religiosa* e do rizoma de *Nardostachys jatamansi* foram identificados como potentes inibidores da AChE (Vinutha et al., 2006).

Estudos sobre a inibição enzimática de AChE de espécies do gênero *Simarouba* ainda são escassos. No entanto, outros resultados satisfatórios tem sido descritos na literatura destacando o potencial de outras espécies vegetais como *Mouriri elliptica* Marius (Memecylaceae), reportado por Silva (2016), cujo extrato metanólico teve potente atividade de inibição de 68% e com valor de IC<sub>50</sub> de 12,43 µg/mL, enquanto o acetato de etila desta espécie apresentou 40% de ação sobre a enzima (um inibidor reversível de curta duração da enzima acetilcolinesterase) (Mukherjee et al., 2007). Silva (2016) atribuiu a atividade inibitória da AChE à presença de saponinas e taninos em pequenas quantidades, terpenos e os flavonoides naringenina, kaemferol, quercetina e miricetina nas folhas de *M. elliptica*, conforme reportado por Andreo (2008).

Os flavonóides também foram reportados por Jung e Park (2007) que avaliaram a inibição da AChE pelo extrato obtido com acetato de etila das plantas inteiras de *Agrimonia pilosa* Ledeb (Rosaceae). Os autores isolaram os constituintes inibidores da AChE, e detectaram os flavonóides 3-metoxiquercetina, quercitrina, tiliroside, e quercetina, sendo os dois últimos com maior atividade de inibição da AChE.

Por outro lado, outros estudos reportam a baixa atividade de extratos de espécies de famílias botânicas como Apocynaceae, Morácea, Myrtaceae, Lamiaceae, Rubiaceae, Sapotaceae, Caryocaraceae e Sapindaceae (Souza, 2011). Adicionalmente, Costa et al. (2017) também verificaram baixa atividade inibitória de AChE do extrato clorofórmico e hexânico do caule e extrato clorofórmico e acetato das folhas de *Passiflora* spp. (Passifloraceae). Esses resultados podem estar relacionados à ausência de flavonoides na composição química destas espécies vegetais. A exemplo, o trabalho reportado por Queiroz (2013), no qual os autores isolaram 17 alcalóides do extrato etanólico do lenho de *Tetrapterys mucronata* Cav. (Malpighiaceae) e verificaram baixa atividade de inibição da AChE, evidenciando que esses metabólitos não apresentam potencial de inibição sobre esta enzima.

Para estabelecer uma afirmativa sobre o modo de inibição, os extratos estão sendo submetidos a técnicas específicas e eficazes de separação e purificação. Neste sentido trabalhos estão sendo realizados sobre a identificação dos princípios ativos presentes nesta planta.

#### 4. Conclusões

A partir dos resultados obtidos neste estudo para os extratos brutos acetato de etila, metanólico e aquoso, tanto para as folhas quanto para os galhos, pode-se afirmar que a espécie *S. versicolor* é uma potente espécie inibidora da AChE. Sendo que os extratos acetato de etila e metanólico obtidos da folha e o extrato metanólico obtido do galho apresentaram os melhores resultados frente a essa enzima. Novos testes com frações e compostos isolados dos mesmos devem ser realizados a fim de estabelecer o potencial *in vivo* dos extratos de *S. versicolor* frente a espécies animais causadora de perdas na agricultura. Análises de purificação devem ser realizadas a fim de reduzir interferentes das misturas de compostos e garantir resultados com maior confiabilidade sob o modo de inibição enzimática.

Considerando a alta atividade de inibição da AChE pelos extratos brutos das folhas e galhos de *S. versicolor*, sugerimos investigações mais aprofundadas e estudos adicionais com outras partes dessa planta, afim de elucidar os mecanismos dos agentes inibidores da enzima.

#### Referências

AENDA. (2020) Associação Brasileira dos Defensivos Genéricos. <http://aenda.org.br/artigo>.

Andreo, M. A. (2008). *Prospecção químico-farmacológica em plantas superiores: estudo químico e atividade sobre o sistema gastrointestinal de Mouriri pusa Gardner e Mouriri elliptica Martius (Melastomataceae)*. Tese de doutorado apresentada a Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho.

- ANVISA. (2014). *Audiência pública para discutir o uso de agrotóxicos na agricultura e seus efeitos sobre trabalhadores rurais e consumidores de produtos agropecuários*. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Brasília.
- Carvalho, J. I. X. (2008). *Estudo fitoquímico e avaliação do potencial de inibição de enzima acetilcolinesterase de Simarouba versicolor (Simaroubaceae)*. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal do Ceará.
- Costa, P.P, Brandão, H. N., Alves, C. Q., Da Costa D. M., De Palma, N. (2017). Estudo fitoquímico e atividade anticolinesterásica de Passiflora spp. In *Anais do 21º Seminário de Iniciação Científica / Ciências da Saúde*. Feira de Santana, Ba.
- Cheng, A., Lou, Y., Mao, Y., Lu, S., Wang, L., Chen, X. (2007). Plant terpenoids: biosynthesis and ecological functions. *Plant Biology*, 49, 179–186.
- Christofoli, M., Costa, E. C. C., Bicalho, K. U., Domingues, V. C., Peixoto, M. F., Alves, C. C. F., Araújo, W. L., Cazal, C. M. (2015). Insecticidal effect of nanoencapsulated essential oils from *Zanthoxylum rhoifolium* (Rutaceae) in *Bemisia tabaci* populations. *Industrial Crops and Products*, 70, 301-308.
- Dvir, H., Silman, I., Harel, M., Rosenberry, T. L., Sussman, J. L. (2010). Acetylcholinesterase: From 3D structure to function. *Chemico-Biological Interactions*, 187 (1-3), 10-22, 2010.
- Ellman, G. L. (1961). A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology*, 7, 88-95, 1961.
- Hawkins, J. & Ahmad, S. (2016). Why Neurons Have Thousands of Synapses, a Theory of Sequence Memory in Neocortex. *Frontiers in Neural Circuits*, 10, 1-13.
- Jung, M., Park, M. (2007). Acetylcholinesterase Inhibition by Flavonoids from *Agrimonia Pilosa*. *Molecules*, 12 (9), 2130-2139.
- Loizzo, M. R., Saab, A. M., Statti, G. A., Menichini, F. (2007). Composition and  $\alpha$ -amylase inhibitory effect of essential oils from *Cedrus libani*. *Fitoterapia*, 78 (4), 323 – 326.
- Marsaro Júnior, A. L., Lazzari, S. M. N., Figueira, E. L. Z., Hirooka, E. Y. (2005). Inibidores de Amilase em Híbridos de Milho Como Fator de Resistência a *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Neotropical Entomology*, 34 (3), 443-450.
- Murherjee, P. K., Kumar, V., Houghton, P. J. (2007). Screening of Indian medicinal plants for acetylcholinesterase inhibitory activity. *Phytother Research*, 21 (12), 1142-1145.
- Oliveira, C. F. R. & Macedo, M. L. R. (2011). Emprego de inibidores de protease vegetais como ferramenta biotecnológica alternativa no controle de pragas. *Perspectivas Online: Biológicas & Saúde*, 1(1).
- Peralatti, B., Bergo, P. L. S., Silva, M. F. G. F., Fernandes, J. B., Forim, M. R. (2013). Polymeric Nanoparticle-Based Insecticides: A Controlled Release Purpose for Agrochemicals. *Insecticides - Development of Safer and More Effective Technologies*, chapter 20.
- Peres, M. C. (2015). *Nanoencapsulamento do óleo essencial das folhas e frutos de Xylopiá aromática Lamm. e sua atividade frente a oviposição de Bemisia tabaci (Genn.) (Hemiptera: Aleroydidae) biótipo B*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde.
- Queiroz, M. M. F. (2013). *Identificação dos inibidores de acetilcolinesterase em Tetrapterys mucronata Cav. (Malpighiaceae) e comparação quali e quantitativa dos derivados triptamínicos presentes na espécie em estudo e Ayahuasca*. Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP.
- Seiber, J. N., Coats, J., Duke, S. O., Gross, A. D. (2014). Biopesticides: state of the art and future opportunities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(48), 11613-11619.
- Silva, L. S. (2016) *Inibição de acetilcolinesterase e  $\alpha$ -amilase por extrato das folhas de Mouriri elliptica Martius*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde.
- Souza, P. M. (2011). *Atividade de inibição enzimática por espécies vegetais do bioma cerrado*. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade de Brasília, Brasília.
- Vinutha, B., Prashanth, D., Salma, K., Sreeja, S. L., Pratiti, D., Padmaja, R., Radhika, S., Amit, A., Venkateshwarlu, K., Deepak, M. (2007). Screening of selected Indian medicinal plants for acetylcholinesterase inhibitory activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 109 (2), 359-363.