



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL  
INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA – IQB  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA - PPGQB

ANDRÉA CARLA DE ALMEIDA BARROS

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE INSETICIDA DO COLMO DA *Guadua angustifolia*  
Kunth CONTRA *Tribolium castaneum* (Herbst)

MACEIÓ  
2022

ANDRÉA CARLA DE ALMEIDA BARROS

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE INSETICIDA DO COLMO DA *Guadua angustifolia*  
Kunth CONTRA *Tribolium castaneum* (Herbst)

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Química e Biotecnologia – IQB da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para a aprovação e obtenção do título de Dr. em Química e Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Francis Soares Gomes

MACEIÓ

2022

**Catálogo na Fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Central**  
**Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

B277a Barros, Andréa Carla de Almeida.  
Avaliação da atividade inseticida do colmo da *Guadua angustifolia* Kunth  
contra *Tribolium castaneum* (Herbst) / Andréa Carla de Almeida Barros. – 2022.  
124 f. : il., grafs., tabs. color.

Orientador: Francis Soares Gomes.  
Tese (doutorado em ciências) – Universidade Federal de  
Alagoas. Instituto de Química e Biotecnologia. Maceió, 2022.

Bibliografia: f. 93-121.

Apêndices: f. 122-124.

1. Bambu. 2. Extratos (Formas farmacêuticas). 3. Lectinas. I. Título.

CDU: 615.32:582.542

***Dedico este trabalho a meus pais,  
Eraldo e Socorro, minha fonte de  
inspiração e amor.***

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por conceder mais uma linda oportunidade de estudar e conhecer pessoas maravilhosas;

Meus pais, Eraldo e Socorro Barros, por ensinar que o estudo é a ferramenta mais poderosa para conquistarmos os nossos sonhos. Minhas irmãs, Ana Rafaela e Alice Barros, tenho certeza que sou a irmã mais orgulhosa do mundo;

Ossian Filho: por toda paciência, amor e companheirismo, principalmente nos dias de maior agitação durante meus estudos;

Ao Prof. Francis Soares: por sempre incentivar meu trabalho, mesmo diante das dificuldades; Professores do IQB: Hugo Juarez, Ruth Rufino, Josealdo Tonholo e Francis Soares por todas as aulas recheadas de conhecimento e amor pela educação. Foi simplesmente espetacular aprender com vocês;

A todos que compõem do Laboratório de Metabolismo e Proteômica (LAMP), em especial: Camila Chicuta e Janaína Kivia: Minha eterna gratidão por compartilhar todo conhecimento adquirido em anos de estudos. Companheiras que segue ao meu lado; Tatielle Pereira: Pelo acolhimento desde o dia da seleção do doutorado. Mulher de garra e que tenho o prazer de acompanhar o seu crescimento e vitórias;

Claúdio Victor: Pela paciência em escutar, ensinar e entender o meu ritmo acelerado. Minha admiração pelo ser humano, filho e profissional que és. O irmão que a vida me deu;

Cledson Barros: Uma das pessoas mais inteligentes que já conheci. Um verdadeiro ser de luz que expressa o que realmente tem em seu coração. Sorte daquele que o tem como amigo;

Alexsandra Nascimento: Minha parceira de disciplina, reflexões e projetos. Onde durante a pandemia estivemos mais próximas superando dificuldades. Obrigada por permitir conhecer sua mãe, Dona Tereza, mulher lutadora que espalha felicidade por onde passa;

Anyelle e Pedro: Um casal que acompanhou tantas angústias ao longo dessa caminhada. Agradeço a parceria ao longo desse trabalho;

Cristiane Canuto: Por sempre proferir palavras de otimismo e carinho. Você é incrível; Fabiana, Martinha e Julia: Vocês tornaram os dias mais leves e divertidos. Agradeço por todos os ensinamentos, apoio e boas risadas. Muito obrigada;

Ao Lmb: A todos os alunos, em especial Josiel e Meirelle, por todo o tempo disponibilizado durante os experimentos. Alunos dedicados que sempre souberam ouvir e contribuir durante a minha caminhada;

Ao Gcac: A todos os alunos, em especial Felipe, Cristian, Kleyton, Geovânia e Débora. Pelo acolhimento, desabafos e demonstrações de carinho;

Ao Lafa: Aos alunos Clinston e Arthur, pelo apoio e disponibilidade durante os experimentos na faculdade de farmácia;

Ao Laboratório Eletroquímica Aplicada B (LEApB): Cenira: Pelo acolhimento desde o primeiro dia em que retornei a pós-graduação;

Aos meus amigos que estiveram comigo em meio a loucura dos meus estudos, em especial:

As minhas companheiras de Caps AD, Neuzianne Oliveira e Claudia Rolim, por nunca desistirem de incentivar o meu retorno aos estudos. Mulheres incríveis e enfermeiras espetaculares;

Minha querida Dayse, uma das mulheres mais doces que conheço, sempre me acolhendo nos momentos mais turbulentos;

Ana Claudia Aureliano: por permanecer ao meu lado e entender minhas ausências em um dos momentos mais lindos de sua vida. Nathália chegou para divertir ainda mais os nossos encontros;

Mara Rúbia Araújo: que materializa muitos dos meus pensamentos sobre ser uma mulher que é mãe, esposa, irmã, estudante e amiga. A doutora mais disciplinada que conheço;

Lis Maria: por insistir em me tirar da rotina louca de estudos e conversar sobre os nossos problemas e sonhos;

Aos meus amigos de faculdade: Sabrina Gomes: Por ser luz em minha vida, eu não teria chegado até aqui sem você ao meu lado. Rodger Rocha e Eduardo Brandão: pela serenidade em acompanhar cada etapa dessa caminhada. Obrigada por nunca soltar a minha mão;

Glaucivane Guedes: Uma amiga que conquistei nos laboratórios do IQB e que me acolhe em cada aventura que compartilho. Obrigada por tudo;

Josefa Almeida (*in memoriam*): Por todo o amor demonstrado. A tia mais linda do mundo;

Eliane Cruz (*in memoriam*): Minha primeira professora de bioquímica, mulher de fé que eu tive a oportunidade de demonstrar todo meu amor e admiração. Ela sempre me ensinou a fazer o meu melhor dentro e fora da universidade;

Marcia Plestch: Minha primeira orientadora, uma mulher organizada e sincera que me ajudou a amar a pesquisa no início da minha graduação e que até hoje tenho a oportunidade de ouvir palavras de incentivo;

Brancilene Araujo: Minha primeira amiga de laboratório do IQB, sempre me ajudou a construir projetos e que tive o prazer de acompanhar suas conquistas;

Frank Abreu e Morgana Vital: os farmacêuticos mais iluminados que Deus poderia colocar em minha vida durante essa árdua etapa de estudo e pandemia. Com o apoio da farmacêutica Marivalda Barbosa construímos um ambiente harmônico de trabalho. Sem a alegria de vocês tudo teria sido muito difícil;

Luiz Almeida: Pela oportunidade de aprender com sua objetividade e amor pela leitura. Obrigada pela parceria durante as nossas longas horas de conversa e trabalho;

Aos profissionais do Banco de Leite Ivente França – Arapiraca: Meu novo ambiente de trabalho, lugar cheio de amor. Em especial agradeço Patrícia Rolim por supervisionar e me acolher nessa caminhada. Tenho a oportunidade de vivenciar a bioquímica na prática;

Minhas paixões: Matheus e Filipe. Agradeço Livia e Sabrina por permitirem que eu possa viver tantas experiências lindas ao lado deles;

As psicólogas Renata Estevam e Edja Belo: Pela linda caminhada de fortalecimento e descoberta;

Fundação de Amparo à Pesquisa de Alagoas: Pela concessão da bolsa de estudo;

Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu chegasse ao término do doutorado. Mais um sonho sendo realizado.

Sou aquela mulher a quem o tempo  
muito ensinou. Ensinou a amar a vida. Não  
desistir da luta. Recomeçar na derrota.  
Renunciar a palavras e pensamentos  
negativos. Acreditar nos valores humanos.  
Ser otimista.  
(Cora Carolina)



## RESUMO

*Tribolium castaneum*, inseto pertencente a ordem Coleoptera, é um importante agente causador de grandes prejuízos econômicos em grãos armazenados na América do Sul. Para controlar esta praga, busca-se métodos mais eficazes, menos tóxicos ao meio ambiente e compatível ao volume de grãos armazenados. Extratos e lectinas isoladas de vegetais têm apresentado propriedades inseticidas a diferentes ordens de insetos e por esse motivo tem sido estudados por diversos grupos de pesquisas. O Brasil detém a maior diversidade florestal de bambu nativo das Américas. Dentre as espécies identificadas, *Guadua angustifolia* é uma gramínea de rápido desenvolvimento que oferece matéria prima explorada em diferentes áreas do paisagismo à construção civil. Assim o presente estudo objetivou analisar o efeito de extrato aquoso e lectina isolada do colmo da *G. angustifolia* em insetos adultos de *T. castaneum*. Para tanto, foi preparado o extrato bruto em Tris-HCl 50 mM, pH 8,0 do colmo do bambu pulverizado. Posteriormente, foi realizada análise fitoquímica, quantificação de proteína e análise da presença de lectina. O potencial antioxidante do extrato foi avaliado. Em seguida, o extrato (25 mg, 50 mg e 100 mg) foi avaliado quanto à atividade inseticida, analisando-se os parâmetros alimentares e nutricionais e a taxa de sobrevivência dos insetos tratados no decorrer de 30 dias de bioensaio. A toxicidade do extrato contra organismos não-alvos foi avaliada contra *Artemia salina* e *Lactuca sativa*. Para o isolamento da lectina de *G. angustifolia* (GaL), foi proposto o tratamento do extrato bruto com sulfato de amônio, seguida por cromatografia em coluna de quitina. GaL foi avaliada por eletroforese em condição desnaturante (SDS-PAGE) e quanto à estabilidade frente a diferentes temperaturas, valores de pH e presença de íons metálicos. O extrato apresentou diversos metabólitos secundários como presença de taninos flobafênicos, flavonas, flavonóis, xantonas, flavononas, esteróides e saponinas. O extrato aquoso apresentou um acréscimo no percentual de sequestro do radical DPPH, com o aumento da sua concentração (100 - 700 mg/mL). O extrato a 50 mg apresentou uma taxa de mortalidade de 50% de insetos de *T. castaneum*, apresentando uma atividade deterrente (50 e 100 mg), além de exercer efeitos antinutricionais na conversão de biomassa e crescimento do inseto e redução da taxa de eclosão de larvas, sugerindo que a redução do perfil lipídico evidenciado ao término do bioensaio seja devido a necessidade de suprir a carência nutricional do inseto. O extrato do colmo da *G. angustifolia*, em todas as doses estudadas, não apresentou perfil tóxico frente a *A. salina* e *L. sativa*. A GaL foi isolada após eluição da coluna de quitina com ácido acético 0,5 M, apresentando-se como uma proteína com 18,4 kDa com atividade hemaglutinante inibida por N-acetilglicosamina, maltose e fetuína. A lectina em estudo apresentou termoestabilidade, manteve atividade hemaglutinante em meio ácido e levemente básico até o pH 8 e na presença de íons magnésio, cálcio e EDTA. O bioensaio envolvendo GaL apresentou baixa deterrência alimentar. Apenas 10% de mortalidade dos insetos adultos foi observada na maior dose estudada (1 mg), mas afetou negativamente a fisiologia nutricional dos insetos além de reduzir o número de larvas eclodidas. Desta forma, preparações aquosas de colmo de *G. angustifolia* contendo lectina apresentaram potencial inseticida para o controle populacional de *T. castaneum*.

**Palavra-chave:** Bambu, extrato, lectina.

## ABSTRACT

*Tribolium castaneum*, an insect in the order Coleoptera, is an important agent responsible for great economic damage to food grains stored in South America. To control this pest, more efficient methods are sought, less toxic to the environment and compatible with volumes of stored grains. Plants extracts and isolated lectins have shown insecticidal properties to different orders of insects and for this reason have been studied by several research groups. Brazil has the largest native bamboo forest diversity in the Americas. Among identified bamboo species, *Guadua angustifolia* is a fast-growing grass that offers raw materials explored in the areas of landscaping and civil construction. Thus, the present study aimed to analyze the effect of extract and lectin isolated from the stem of *G. angustifolia* in adult insects of *T. castaneum*. For this, the crude extract was prepared in 50 mM Tris-HCl, pH 8.0 of the pulverized bamboo stem. Subsequently, phytochemical analysis, protein quantification and identification of lectin presence were performed. The antioxidant potential of the extract was evaluated. Then, the extract (25 mg, 50 mg and 100 mg) was evaluated for insecticidal activity, analyzing the nutritional parameters and survival rate of the insects treated during the 30-day bioassay. To isolate the lectin from *G. angustifolia* (GaL), it was proposed to treat the crude extract with ammonium sulfate, followed by chitin column chromatography. GaL was evaluated by denaturing electrophoresis (SDS-PAGE). The extract showed important secondary metabolites such as the presence of phlobaphenic tannins, flavones, flavanols, xanthenes, flavanones, steroids and saponins, as well as the sample showed an increase in the percentage radical sequestration of DDPH, with an increase in the concentration of the sample (100 - 700 mg / mL). The extract at 50 mg showed a mortality rate of 50% of insects from *T. castaneum*, presenting a deterrent activity (50 and 100 mg) in addition to exerting anti-nutritional effects on the conversion of biomass and insect growth. GaL was isolated after eluting the chitin column with 1 M acetic acid, showing itself as a protein with 18.4 kDa with hemagglutinating activity inhibited by N-acetylglycosamine, maltose and fetuin. The studied lectin showed thermostability, maintained hemagglutinating activity in acidic and slightly basic medium up to pH 8 and in the presence of magnesium, calcium and EDTA ions. The bioassay involving GaL showed low food deterrence. Only 10% mortality of adult insects was observed at the highest dose studied (1 mg), but it negatively affected the nutritional physiology of insects in addition to reducing the number of hatched larvae. Thus, aqueous preparations of *G. angustifolia* stem containing lectin showed insecticidal potential for population control of *T. castaneum*.

**Keyword:** Bamboo, extract, bioinsecticide.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 - Distribuição do bambu no mundo</b>	<b>24</b>
<b>Figura 2 - Parte aérea da <i>G. angustifolia</i> Kunth</b>	<b>29</b>
<b>Figura 3 - Classificação estrutural das lectinas de plantas. DRC: domínio de reconhecimento de carboidratos.</b>	<b>34</b>
<b>Figura 4 - Esquema representando a aglutinação de eritrócitos promovida por lectinas. (A) Rede de aglutinação formada pela ligação de uma lectina aos carboidratos da superfície dos eritrócitos. (B) Inibição da formação da rede de aglutinação por carboidratos livres</b>	<b>36</b>
<b>Figura 5 - Sistema integrado do metabolismo primário e síntese do metabolismo secundário</b>	<b>40</b>
<b>Figura 6 - Biossíntese dos metabólitos secundários de plantas</b>	<b>41</b>
<b>Figura 7 – Fase de ovo (A), larva (B), pupa (C) e inseto adulto (D)</b>	<b>46</b>
<b>Figura 8 - Visão estrutural do intestino do inseto: intestino anterior, médio e posterior</b>	<b>47</b>
<b>Figura 9 - Identificação dos principais insetos-praga nos grãos de soja colhidos nas safras 2017</b>	<b>48</b>
<b>Figura 10 - Moinho de facas utilizado para pulverização do colmo desidratado <i>G. angustifolia</i> (A); Pó obtido do colmo desidratado da <i>G. angustifolia</i> (B)</b>	<b>51</b>
<b>Figura 11 - Cromatografia líquida em coluna de quitina</b>	<b>55</b>
<b>Figura 12 - Bioensaio utilizando oferta de dieta com extrato do colmo da <i>G. angustifolia</i> e GaL em placa de petri ao inseto adulto <i>T. castaneum</i></b>	<b>62</b>
<b>Figura 13 - Atividade sequestradora de radicais DPPH em amostras do extrato do colmo da <i>G. angustifolia</i>.</b>	<b>67</b>
<b>Figura 14 - Deterrência alimentar dos insetos adultos de <i>T. castaneum</i> tratados com diferentes doses do extrato de <i>G. angustifolia</i>.</b>	<b>69</b>
<b>Figura 15 - Parâmetros nutricionais de adultos de <i>T. castaneum</i> mantidos em dietas artificiais constituídas por discos de farinha de trigo preparados com Tris-HCl 50 mM (controles) ou extratos do colmo da <i>G. angustifolia</i>. A taxa de crescimento relativo (A) indica a quantidade de biomassa em mg obtida todos os dias por mg de peso corporal inicial</b>	

(B) (%) indica a quantidade de alimento ingerido pelos insetos como biomassa.	70
Figura 16 - Sobrevivência dos adultos de <i>T. castaneum</i> tratados com diferentes doses do extrato o colmo da <i>G. angustifolia</i> expressos pela curva de Kaplan -Meier	71
Figura 17 – Perfil bioquímico de adultos de <i>T. castaneum</i> com diferentes dietas artificiais contendo extrato do colmo da <i>G. angustifolia</i> (A) Colesterol; (B) Triglicerídeo; (C) Proteína; (D) Glicose.	73
Figura 18 – Inibição da eclosão de larvas de <i>T. castaneum</i> tratados com diferentes doses do extrato do colmo da <i>G. angustifolia</i> .	74
Figura 19 – Índice de germinação da semente de <i>L. sativa</i> (A); Crescimento da raiz (B); partes aéreas da <i>L. sativa</i> (C) exposta a diferentes concentrações de extrato aquoso de colmo da <i>G. angustifolia</i> .	75
Figura 20 – Perfil de eluição da lectina purificada (GaL) por Cromatografia em coluna de quitina	80
Figura 21 – Eletroforese SDS-PAGE 11% em condições desnaturantes e redutoras da lectina da <i>G. angustifolia</i> . MM: marcador de peso molecular; C1: GaL com $\beta$ -mercaptanol.	82
Figura 22 – Efeito da temperatura na AH	83
Figura 23- Efeito do pH na AH	84
Figura 24 – Avaliação do efeito de íons divalentes na AH	85
Figura 25 – Deterrência alimentar dos insetos adultos do <i>T. castaneum</i> tratados com diferentes doses de GaL	86
Figura 26 – Parâmetros nutricionais de adultos de <i>T. castaneum</i> mantidos em dietas artificiais constituídas por discos de farinha de trigo preparados com Tris-HCl 50 mM (controles) e GaL. Taxa de crescimento relativo (A) indica a quantidade de biomassa em mg obtida todos os dias por mg de peso corporal inicial; (B) (%) indica a quantidade de alimento ingerido pelos insetos como biomassa.	87
Figura 27 – Inibição da eclosão de larvas de <i>T. castaneum</i> tratados com diferentes doses de GaL	89

<b>Figura 28 – Sobrevivência dos adultos de <i>T. castaneum</i> tratados com diferentes doses de GaL expressos pela curva de Kaplan- Meier</b>	89
<b>Figura 29 – Perfil bioquímico de adulto de <i>T. castaneum</i> tratados com diferentes doses de dieta artificial de GaL: Colesterol (A); Triglicerídeo (B); Glicose (C); Proteína (D).</b>	90

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 - Lectinas com atividade inseticida</b>	<b>38</b>
<b>Tabela 2 - Teste hemaglutinante e quantificação proteica do extrato</b>	<b>65</b>
<b>Tabela 3 - Análise qualitativa dos principais componentes fitoquímicos do extrato aquoso de <i>G. angustifolia</i></b>	<b>66</b>
<b>Tabela 4 – Concentração e AHE das frações oriundas do fracionamento salino com sulfato de amônio – <math>(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4</math> frente a amostra do extrato do colmo da <i>G. angustifolia</i></b>	<b>77</b>
<b>Tabela 5 – Teste de inibição da atividade hemaglutinante do extrato bruto de <i>G. angustifolia</i> por carboidratos e glicoproteína</b>	<b>78</b>
<b>Tabela 6 – Purificação da proteína do colmo da <i>G. angustifolia</i></b>	<b>79</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AH	Atividade Hemaglutinante
AHE	Atividade Hemaglutinante Específica
CRA	Comprimento médio radicular da amostra
CRC	Comprimento médio radicular do controle
CECA	Centro de Ciências Agrárias
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DPPH	2,2-difenil-1-picril-hidrazil
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ECA	Eficiência de Conversão Alimentar
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
GaL	Lectina da <i>G. angustifolia</i>
HAU/mg	Unidade de atividade hemaglutinante/miligramma
ICR	Índice de crescimento relativo
IDA	Índice de Deterrência Alimentar
IG	Índice de germinação
IMA	Instituto do Meio Ambiente
INBAMBU	Instituto do Bambu
INBAR	International Network for Bamboo and Rattan
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MEP	Metil eritritol fosfato
Kg	Quilograma
mL	Mililitro
Min	Minuto

MIP	Manejo Integrado de Praga
NaCl	Cloreto de sódio
ONU	Organização das Nações Unidas
pH	Potencial hidrogeniônico
RIPs	Proteínas inibidoras de ribossomos
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas em Alagoas
SDS-PAGE	<b>gel</b> de poliacrilamida ( <b>PAGE</b> ) com dodecil- sulfato de sódio ( <b>SDS</b> )
SGA	Número de sementes da amostra
SGC	Número de sementes germinadas do controle
TCR	Taxa de Conversão Relativa
TEMED	Tetrametiletilenodiamina
T	Temperatura
UFAL	Universidade Federal de Alagoas



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	19
<b>2.1 Produção de grãos no mundo</b> .....	19
2.1.1 Manejo de pragas de grãos armazenados.....	20
<b>2.2 Potencialidade da flora brasileira e a busca de biomoléculas ativas</b> .....	22
2.2.1 Distribuição geográfica da família <i>Poaceae</i> .....	23
2.2.1.1 Distribuição do bambu no Brasil .....	25
2.2.1.2.1. Bambu e suas aplicabilidades.....	26
2.2.1.2.2 A espécie <i>Guadua angustifolia</i> .....	28
<b>2.3 Metabólitos vegetais e suas atividades biológicas</b> .....	30
2.3.1 Metabolismo primário.....	30
2.3.1.1 Potencialidades das proteínas.....	31
2.3.1.1.1 Lectina: isolamento, purificação e aplicação.....	32
2.3.2 Metabólitos secundários.....	39
2.3.2.1 Classificação e aplicabilidade dos metabólitos secundários.....	40
2.3.2.1.1 Compostos fenólicos.....	42
2.3.2.1.2 Terpenos.....	43
2.3.2.1.3 Alcaloides.....	43
2.3.3 Propriedades antioxidante dos metabólitos secundários.....	44
<b>2.4 <i>T. castaneum</i> (Herbst)</b> .....	45
<b>3. OBJETIVO</b> .....	50
<b>3.1 Objetivo geral</b> .....	50
<b>3.2 Objetivo secundário</b> .....	50
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	51
<b>4.1 Obtenção das amostras <i>G. angustifolia</i> e sua identificação</b> .....	51
<b>4.2 Preparo do extrato bruto do colmo desidratado da <i>G. angustifolia</i></b> .....	52
<b>4.3 Ensaio de atividade hemaglutinante</b> .....	52
<b>4.4 Determinação da concentração de proteína</b> .....	52
<b>4.5 Teste de Inibição a carboidratos</b> .....	53

<b>4.6 Precipitação com Sulfato de Amônio (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a Partir do Extrato da <i>G. angustifolia</i>.....</b>	<b>53</b>
<b>4.7 Cromatografia líquida por afinidade.....</b>	<b>54</b>
<b>4.8 Eletroforese SDS-PAGE.....</b>	<b>55</b>
<b>4.9 Avaliação do efeito da temperatura e do pH na AH.....</b>	<b>55</b>
<b>4.10 Avaliação do efeito do EDTA e de íons divalentes .....</b>	<b>56</b>
<b>4.11 Análise fitoquímica qualitativo do extrato do colmo da <i>G. angustifolia</i>.....</b>	<b>56</b>
4.11.1 Testes para fenóis, taninos pirogálicos e taninos flobatênicos .....	57
4.11.2 Teste para leucoantonocianidinas, catequinas e flavanonas.....	57
4.11.3 Teste para flavonóis, flavanonas, flavononóis e xantonas .....	57
4.11.4 Teste para esteroides e triterpenoides .....	58
4.11.5 Teste para saponinas .....	58
<b>4.12 Avaliação da atividade antioxidante.....</b>	<b>58</b>
4.12.1 Atividade de captura do radical livre DPPH.....	58
<b>4.13 Ensaio de ecotoxicidade.....</b>	<b>59</b>
4.13.1 <i>Lactuca sativa</i> .....	59
4.13.2 <i>Artemia salina</i> .....	60
<b>4.14 Bioensaios.....</b>	<b>61</b>
4.14.1 Análises de bioensaio com inseto adulto do <i>T. castaneum</i> .....	61
4.14.1.1 Preparo das soluções testadas nas análises de bioensaio .....	61
4.14.1.2 Obtenção dos insetos utilizados no bioensaio .....	62
4.14.1.3 Avaliação da atividade inseticida do extrato e da GaL.....	62
4.14.1.3.1 Efeitos sobre a deterrência, taxa de consumo relativo e sobrevivência e índice nutricional .....	63
4.14.1.3.2 Avaliação da taxa de eclosão de larvas do inseto adulto do <i>T. castaneum</i> .....	63
4.14.1.3.3 Determinação da proteína, glicose, colesterol e triglicerídeos .....	63
4.14.1.3.4 Análise Estatística.....	64
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>65</b>
<b>5.1 Extração e fracionamento salino do colmo da <i>G. angustifolia</i>.....</b>	<b>65</b>

5.1.1 Análise fitoquímica do extrato aquoso do colmo da <i>G. angustifolia</i> .....	66
5.1.2 Resultados da análise antioxidante do extrato do colmo da <i>G. angustifolia</i> .....	67
5.1.3 Resultados dos bioensaios com o extrato do colmo da <i>G. angustifolia</i> .....	68
5.1.4 Alteração metabólica do <i>T. castaneum</i> mantido em dieta artificial .....	72
5.1.5 Efeito do extrato da <i>G. angustifolia</i> na eclosão de larvas do <i>T. castaneum</i>	73
5.1.6 Avaliação de toxicidade através do bioindicador .....	74
5.1.6.1 Taxa de sobrevivência da <i>A. salina</i> e avaliação da germinação e crescimento de hipocótilos e radículas de <i>L.sativa</i> .....	74
5.2 Isolamento da lectina (GaL) .....	76
5.2.1 Fracionamento salino do extrato da <i>G. angustifolia</i> .....	76
5.2.2 Avaliação da especificidade da lectina do colmo da <i>G. angustifolia</i> a carboidratos e glicoproteína .....	78
5.2.3 Purificação da GaL .....	79
5.2.3.1 Eletroforese em gel de poliacrilamida com SDS (SDS-PAGE).....	81
5.2.3.1.1 Efeito da temperatura e do pH na AH em amostras de GaL.....	83
5.2.3.1.2 Efeito do EDTA e íons divalentes na AH.....	85
5.2.4 Bioensaio inseticida de GaL contra <i>T. castaneum</i> .....	86
5.2.4.1 Efeito da GaL na taxa de sobrevivência e eclosão de larvas do inseto adulto do <i>T. castaneum</i>	88
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	92
<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	93
<b>APÊNDICE</b> .....	122

## 1. INTRODUÇÃO

Dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) revelam a produção recorde no Brasil de 280 milhões de toneladas de grãos na safra 2021/2022. Neste cenário Alagoas tem diversificado bastante a produção agrícola, destacando-se a produção de soja, produto que teve o maior aumento na safra, saindo de 4.600 toneladas em 2020 para 11.965 em 2021 (CONAB, 2021). No entanto, como o Brasil é um país tropical com um clima que favorece a proliferação de pragas, cerca de 10% da produção anual de grãos é perdida nas culturas nacionais, tanto em quantidade quanto em qualidade. (LORINI et al., 2015; GURU- PIRASANNA-PANDI et al., 2018).

Dentre essas pragas, os insetos são uma grande preocupação para a agricultura, sendo as principais causas da perda de grãos desde o cultivo até o armazenamento (KUMAR; KALITA, 2017). Desta forma, estima-se que desde o final do século XIX, foram registradas 24 espécies de pragas introduzidas no Brasil onde segundo dados publicados pela Embrapa e pela Escola Superior de Agricultura (ESALQ) a perda anual causada por insetos no início da década de 2000 gira em torno de US\$ 2,2 bilhões de dólares para a renda agrícola (RANGEL, 2015). O *Tribolium castaneum* (Herbst 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) é uma espécie de besouro de coloração avermelhada onde larvas e adultos infestam cereais moídos, sementes e grãos assim como outros produtos armazenados, causando até 40% de redução no peso do grão (LORENI, 2015; AHMAD ET AL., 2019).

Para o controle de insetos-pragas em lavouras, o Brasil passou a ser um dos maiores consumidores de produtos químicos sintéticos de diferentes classes toxicológicas do mundo (PEDLOWSKI et al., 2012). No entanto, inseticidas sintéticos, por não serem específicos, podem ser prejudiciais a organismos benéficos (polinizadores e inimigos naturais), agricultores e consumidores de alimentos. Relata-se também o desenvolvimento de resistência a alguns desses compostos, como descrito para *T. castaneum* contra os pesticidas fosfina, malation, fenitrotona e pirimifós-metil (UPADHYAY et al., 2018; KARANIKI et al., 2019). Além disso, já foi relatado que *T. castaneum* pode secretar nos grãos compostos carcinogênicos, conhecidos como benzoquinonas, representando um risco a saúde pública e tem sido utilizado como modelo de pesquisa no campo imunológico do inseto (LU E ST LEGER, 2016; RAFALUK-MOHR et al., 2018) . Portanto, diversos grupos de pesquisas buscam

encontrar alternativas ecológicas eficazes que causem o menor dano possível ao meio ambiente e à saúde humana (DE MORAES; MARINHO-PRADO, 2016).

A expansão do mercado orgânico também aumentou a busca por novos produtos biodegradáveis para o controle de pragas, focando em alternativas com um novo modo de ação que apresente nenhum ou pouco efeito residual no produto aplicado, no meio ambiente e na saúde humana (KIRAN; PRAKASH, 2015; SPARKS; LORSBACH, 2017). Os inseticidas vegetais surgem como uma alternativa promissora reduzindo o potencial de desenvolvimento de resistência do inseto atuando em múltiplos alvos e com impacto no ecossistema (KALEESWARAN et al., 2018). Diversas substâncias químicas provenientes do metabolismo primário e secundário de espécies vegetais desempenham um papel defensivo, inibindo a ação de insetos herbívoros, seja por inibir a alimentação, reprodução, como regulador de crescimento ou por atrair polinizadores ou inimigos naturais (ISMAN, 2000; PAIVA, 2012; NAPOLEÃO, 2018).

As lectinas são proteínas que se ligam específica e reversivelmente a carboidratos através de sítios de ligação, aglutinam células vegetais e animais, precipitando polissacarídeos e glicoconjugados (PROCÓPIO et al., 2017), podendo assumir diversos papéis biológicos (ADAMUDE et al., 2019; ZENG et al., 2019; HIREMATH et al., 2020). Um destes papéis são como proteínas de defesa contra patógenos e herbívoros (LANNON; VAN DAMME, 2014) onde muitas das lectinas inseticidas têm uma capacidade de ligação à quitina, que interage com importantes estruturas do corpo do inseto compostas por esse polissacarídeo, interferindo na fisiologia e no comportamento do animal (PROCÓPIO et al., 2017; SANTOS et al., 2020).

De distribuição mundial, uma gramínea da Família das Poaceae, o bambu, possui 120 gêneros e 1641 espécies identificadas (SORENG et al., 2015) com propriedades exploradas nas mais diversas áreas (LI et al., 2013). A *Guadua angustifolia* Kunth, importante espécie de bambu lenhoso de ampla distribuição na região Amazônica, é bastante utilizada nas áreas da construção civil, arquitetura, proteção do ecossistema assim como apresenta benefícios devido a presença de metabólitos secundários presente no broto, colmo e folhas, com a atividade antioxidante e antinutricional (CALEGARI et al., 2007; HOSSAIN et al., 2013).

A presente tese teve como objetivo explorar as potencialidades do colmo da *G. angustifolia* envolvendo os efeitos inseticidas, identificações das classes de metabólitos secundários e as propriedades antioxidantes do extrato aquoso do colmo, bem como a extração, isolamento e caracterização de uma lectina e potencial inseticida sobre o inseto adulto do *T. castaneum*.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Produção de grãos no mundo

Segundo o último relatório Perspectiva das Nações no Mundo (2019) emitido pela Organização das Nações Unidas (ONU), a população atingirá 9,7 bilhões de pessoas em 2050, uma estimativa de crescimento de 26% quando comparada a população atual de 7,7 bilhões. E com esse crescimento, aumenta a demanda de abastecimento de alimentos, onde, já registrado pela Food and Agriculture Organization (FAO) em 2015, foi notificado que uma em cada nove pessoas no mundo não têm comida para viver de forma saudável.

As áreas agricultáveis mantém um crescimento em ritmo lento e restrito, já que as áreas agrícolas estão concentradas em poucos países, cerca de 90% estão em regiões da América Latina e Africana já que Estados Unidos e China não possuem mais novas áreas para exploração agrícola (FAO, 2013; SAATH; FACHINELLO, 2018). A América Latina encontra-se em uma área privilegiada onde representa um importante produtor mundial havendo registro de aumento de produtividade e eficiência técnica de unidades produtivas (FERREIRA e col. 2016).

O Brasil está entre os quatro maiores produtores de grãos do mundo (arroz, cevada, soja, milho e trigo) representando 7,8% da produção mundial e o segundo maior exportador de grãos (EMBRAPA, 2021). Mesmo diante dos desafios enfrentados pela pandemia do Coronavírus nos últimos anos, o Brasil obteve em 2021 a maior safra de grãos dos últimos anos (CONAB, 2021) e o crescimento na produção agrícola deverá passar de 262 milhões de toneladas em 2020/2021 para 333 milhões de toneladas em 2030/31, correspondendo uma previsão de crescimento em torno de 27,1% e de área plantada 17,6% (MAPA, 2021).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) sinaliza em seu documento oficial de análise de projeção (2021-2031) a permanência dos avanços tecnológicos neste campo e a continuação do aumento da produção de forma progressiva nas regiões centro-oeste e norte do Brasil (MAPA, 2021), onde a soja e o milho continuam a assumir uma posição de principais culturas do agronegócio nacional. Com o registro crescente do aumento da produção de grãos, o Brasil assume uma colocação importante na cultura agrícola no complexo agroindustrial, assumindo

posto de principal exportador do agronegócio mundial (EMBRAPA, 2018a, MAPA, 2022), onde as exportações chegaram a US\$ 14,53 bilhões em vendas externas recordes e preço médio subiram 27,7% em março 2022 assumindo nível de importância na economia nacional (EMBRAPA, 2018; IPEA, 2022).

Diversos fatores podem causar impacto negativo no aumento da produção de grãos e cereais. O Instituto de Economia Agrícola (IEA) pertencente a Secretaria de Agricultura e Abastecimento sinaliza diversos fatores que impactam nos indicadores de produção do agronegócio causados pelas mudanças climáticas e presença de pragas na geopolítica alimentar (FREITAS e colaboradores, 2021) além da notificação de produtores que utilizam de diversos artifícios para manter a produção em capacidade máxima.

### **2.1.1 Manejo de pragas de grãos armazenados**

Em um cenário de agricultura competitiva, o Brasil desde a década de 1970 associa a modernização da agricultura com a baixa capacidade de armazenamento adequado, tentativas de minimizar perdas e a necessidade de atender a demanda do mercado interno e externo (SAATH; FACHINELLO, 2018, CONAB, 2020) para se manter entre os países de maior produção agrícola.

Segundo a FAO, 70% da produção agrícola é armazenada por agricultores para diferentes fins (LORINI et al, 2015). O Brasil conseguiu obter no segundo semestre de 2020 um montante de 176,3 milhões de toneladas de grãos e cereais chegando a um recorde anual de produção de 252,3 milhões de toneladas 2019/20 (CONAB, 2020). No entanto é estimado que cerca de 30% a 40% dessa produção é perdida pela deterioração causada por insetos-pragas (EMBRAPA, 2018; FAO, 2018).

Um dos fatores que contribuem para o aumento da perda da qualidade do produto final é a presença de insetos-pragas em diferentes etapas do ciclo de cultivo e armazenamento (SILVA; BRITO, 2015). Por muito tempo a proteção de plantas e seus grãos baseou-se apenas no uso dos pesticidas químicos sintéticos, onde, o uso indiscriminado de pesticidas organossintéticos de amplo espectro acumula diversos problemas por ser extremamente nocivos ao meio ambiente e a saúde humana (BALDIN et al., 2014).



O Brasil registrou em março 2022 valores em importação de US\$ 392,89 milhões em defensivos agrícolas, se considerarmos apenas inseticidas, fungicidas e herbicidas (SH4 3808), havendo um aumento de 24,4% (MAPA, 2022). Algumas dessas substâncias utilizadas para o combate a insetos-praga são banidos em outros países (CARNEIRO et al., 2015).

O uso recorrente de agrotóxicos no solo provoca sérios impactos ambientais, sociais e a saúde. Diversos estudos científicos evidenciam um processo de degradação, onde inicialmente há esterilização, com a perda da bioquímica natural do ecossistema, causando um processo erosivo sanado a curto prazo com o uso de produtos químicos (EMBRAPA, 2018; SANTOS, 2021; MAPA, 2021). Alguns destes possuem a capacidade de realizar ligações fortes com cátions presentes no solo, como o glifosato, causando impacto na fertilização (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018).

Além de sérios danos ao solo, a Organização Internacional do Trabalho (OIT) afirma que os agrotóxicos causam, em países em desenvolvimento, 70 mil intoxicações agudas e crônicas por ano e que podem evoluir ao óbito, (UNITED STATES, 2019). Diversas complicações são registradas a longo prazo chegando ao registro de mais de sete milhões de casos de doenças agudas e crônicas não fatais (INCA, 2022).

Segundo o Ministério da Saúde, em 2017 foram registrados, por meio do Sistema de Informações de Agravos e Notificações (SINAN), 2.548 intoxicações por agrotóxicos no país, onde a taxa de letalidade foi de 0,16/100 mil habitantes em decorrência de agrotóxico (BRASIL, 2018) além de desempenhar um papel importante na etiologia de várias doenças humanas com alterações no sistema endócrino, imunológico e diversos tipos de cânceres (DUARTE et, 2020; INCA, 2022).

Uma das alternativas para conter o prejuízo causado pelos agrotóxicos são os estudos de plantas ricas em substâncias bioativas onde são aplicados extratos vegetais, em diferentes concentrações e diversas consistências, com potencial de controlar insetos-praga, apresentando curto período residual, baixa toxicidade, baixo custo, fácil obtenção, ação direta sobre inseto e pouca perturbação ao meio ambiente (CORREIA; SALGADO, 2011; SOARES; SANTOS, 2020).

As mudanças na legislação brasileira na tentativa de manter o controle de registros de novas substâncias e sua utilização assim como a identificação de diferentes danos ambientais e os diversos fatores associados ao desenvolvimento da

resistência das pragas a agrotóxicos, têm fortalecido a busca por novas alternativas de controle (MORAES; MATINHO-PRADO, 2016; MAPA, 2019).

O interesse por produtos botânicos para o controle de insetos faz parte das estratégias e táticas que podem ser integradas a diversas ações que contemplam o manejo integrado de pragas (MIP), viabilizando a produção de grãos e cereais menos expostos a doses e quantidade de aplicações de defensivos agrícolas sintéticos (SANTOS, 2013; BUENO *et al.*, 2021). Esses produtos botânicos podem agir como inibidores da alimentação ou dificultadores de crescimento, desenvolvimento, reprodução e comportamento devido a presença de metabólitos químicos presentes em sua composição (MENEZES, 2005; SOUZA-FILHO, 2006; MOURA 2015).

O MIP envolve um conjunto de boas práticas agrícolas que implica no monitoramento da população de insetos e combinação de métodos e estratégias de controle como biológico, físico, químico, legislativo e mecânico visando evitar o dano ambiental e econômico (EMPRAPA, 2019).

A prática de manejo do agrotóxico deve ser realizada de forma a atingir o organismo alvo que esteja causando danos econômicos, com o mínimo de contaminação de outras áreas. Fatores como característica do produto a ser aplicado e sua quantidade a ser utilizada, pluviosidade da região tratada, vento, método de aplicação, característica do solo são fatores que interferem no resultado final desejado (SHIRATSUCHI, 2002).

## **2.2 Potencialidade da flora brasileira e a busca de biomoléculas ativas**

O Brasil detém a maior biodiversidade vegetal do mundo, possuindo em seu território cerca de 13% do total de espécies do planeta e a maior riqueza de espécies da flora, além dos maiores remanescentes dos ecossistemas tropicais (LEWINSOHN; PRADO, 2006; CARMO *et al.*, 2017).

Evidências relatam a utilização de plantas pelas sociedades desde a antiguidade, e nas mais diferentes áreas, onde os primeiros médicos portugueses que vieram para o Brasil, diante da escassez de medicamentos utilizados na Europa, foram obrigados a utilizar e estudar as práticas curativas empregadas pelas tribos indígenas (ALMEIDA *et al.*, 2017). Os índios foram os responsáveis pela introdução

da utilização de plantas para os mais diversos fins, sendo uma importante ferramenta da medicina caseira no período colonial (LORENZI; MATOS, 2008).

O uso das espécies nativas no Brasil ainda está muito aquém do seu potencial, seja na área alimentícia, de proteção ambiental, medicinal, aromática, ornamental entre tantas outras. É necessário transformar tais propriedades em bens e serviços destinados ao mercado de forma sustentável, garantindo assim um legado das gerações futuras (LEITE; CORANDI, 2011; MIRANDA, 2017).

De acordo com o levantamento catalográfico realizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) em 2009, foi registrado um total de 40.989 espécies de plantas e fungos distribuídas em cinco grandes biomas: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica e Pantanal (áreas de floresta subtropical). Destas plantas identificadas 37.381 são angiospermas, o grupo com maior número de espécies, representando 76% da diversidade total estudada (LEITE; CORADIN, 2011; MMA, 2020).

Com o intuito de informar e auxiliar no processo de exploração do potencial da flora brasileira, iniciativas desenvolvidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), como o projeto Plantas para o Futuro, apresenta um importante levantamento da natureza presente em nosso país, levando a promoção e ampliação do uso dos componentes da flora nativa, assim como da necessidade de ampliação das ações de conservação do meio ambiente (FORZZA et al., 2010; OLIVEIRA; LEITE, 2011).

A Caatinga e a Mata Atlântica são biomas que possuem uma variedade de espécies em sua flora, representando uma fonte promissora para a descoberta de moléculas biologicamente ativas (COSTA et al., 2012; ALVAREZ; KIILL, 2014), sendo um importante material de estudo em diversos grupos de pesquisas no Brasil.

### 2.2.1 Distribuição geográfica da família *Poaceae*

A família *Poaceae* é largamente distribuída em todo mundo e agrega uma variedade de espécies vegetais, possuindo cerca de 771 gêneros e mais de 12.000 espécies (SORENG et al., 2015), com capacidade de adaptação a vários tipos de ambientes e coexistência com variadas formas de animais (CLAYTON; RENVOIZE, 1986).

O bambu, uma importante gramínea da família das *Poaceae*, pertencente a subfamília *Bambusoideae*, registra 1.482 espécies, distribuídas em 225 gêneros e 11

subfamílias (FLORA DO BRASIL 2018) e é considerada a quarta maior família em número de espécies identificadas. De ampla distribuição, desde os trópicos às regiões temperadas (Figura 1), sendo identificadas em áreas quentes e com alto índice pluviométrico, ocorrendo habitualmente no continente asiático, africano e sul americano (SILVA et al., 2019, PEREIRA; BERALDO, 2016). Estima-se que 62% das espécies de bambu são nativas da Ásia, 34% das Américas e 4% da África e Oceania não sendo identificado na Europa (HIDALGO, 2003; LI et al., 2010).

### Figura 1 - Distribuição do bambu no mundo



Fonte: <http://www.eeob.iastate.edu/research/bamboo/maps/world-total-woody>

Diante de tamanha diversidade, acredita-se que quase um terço da terra seca esteja coberta por alguma espécie de Poaceae (KELLOGG, 2001). Do ponto de vista econômico, sendo a principal família das angiospermas e fonte de alimentação para diversos povos no mundo, como exemplo podemos citar, o arroz (*Oryza sativa* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), milho (*Zea mays* L.), centeio (*Secale cereale* L.) e a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) (CONTINI et al., 2019; MIRANDA, 2018).

As espécies de bambu são conhecidas e usadas pelo homem desde o início da civilização, estando presente em utensílios domésticos no período 3300-2800 a.C. e em vestígios da construção civil no período pré-cerâmico, datado de 9500 anos atrás (LIESE, 1998). Nas Américas há evidências da existência do bambu desde o século XVI. No período pré-colombiano onde foi utilizado na construção de habitações, sendo

evidenciado em escavações arqueológicas onde habitaram as tribos *Calima* e *Quimbayas* (CRUZ, 2009).

Segundo o “International Network for Bamboo and Rattan – INBAR” a China é classificada como o maior produtor mundial de produtos de bambu, possuindo cerca de 300 espécies em 44 gêneros, ocupando 3% da área florestal global (SCURLOCK; DAYTIN; HAMES, 2000; PEREIRA; BERALDO, 2016). Estima-se que o setor de Bambu e Rattan na China movimente cerca de US\$ 1 a 3 bilhões de dólares por ano na comercialização de produtos onde a União Europeia (EU) e os Estados Unidos (EUA) consomem mais de 80% do total das importações de bambu (DFRS, 2010; INBAR, 2018, WORLD BAMBOO, 2020).

#### 2.2.1.1 Distribuição do bambu no Brasil

O Brasil detém a maior diversidade florestal de bambu nativo das Américas (FILGUEIRAS et al., 2017), estando descrito na Lista das Espécies da Flora do Brasil (LEFB, 2018) 258 espécies de bambus nativos, distribuídos nas tribos Olyreae, Arundinarieal e Bambuseae, sendo identificados 35 gêneros distribuídas em: 16 gêneros de bambu do tipo herbáceo e 19 gêneros do tipo lenhoso (SUNGKAEW et al., 2009, FILGUEIRAS et al., 2017).

Dentre os gêneros identificados no Brasil, os mais difundidos e comercializados informalmente são *Guadua*, *Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Phyllostachys*, *Pseudosasa*, *Sasa* e *Sinoarundinaria* (PEREIRA; BERALDO, 2016). A floresta Amazônica é responsável por 165.000 km<sup>2</sup> de mata aberta de espécie de bambu *Guadua* sp. no Sudoeste da Bacia Amazônica. Encontra-se nela espécies de excelente qualidade e potencial econômico, além de possuir uma capacidade de recuperação após sofrer injúrias devido a incêndios na região vegetal quando comparado a palmeiras e dicotiledôneas (SMITH, NELSON, 2011; ALMEIDA, 2017).

Uma das áreas consolidadas no uso do bambu em nosso país está concentrada na fabricação de sacos e papel de cimento. Segundo Santi (2015), o Brasil registra uma produção de 150 mil toneladas de celulose de bambu ao ano, sendo explorado os principais componentes do colmo do bambu: a celulose, hemicelulose e a lignina e, em minoria, constituintes como resinas, tanino e sais inorgânicos.

Esta importante gramínea está presente como matéria prima em vários artigos, sendo um importante constituintes em produtos de bens de consumo, possuindo design moderno em diversos projetos arquitetônicos e na área social na confecção de artesanato e utensílios domésticos e na produção de artigos não tangíveis como em currais e treliças para plantações (AFONSO; SILVA, 2017).

Na tentativa de estimular o potencial no uso do bambu, o Governo Federal, com base na lei nº 12.484/2011, dispõe uma política nacional de incentivo ao manejo sustentado e cultivo do bambu. Essa política estimulou a pesquisa e a troca de experiência entre pequenos e grandes produtores, transformando-a em ativos ambientais para o desenvolvimento socioeconômico regional, utilizando para isso diferentes espécies com grande potencial comercial em larga escala (DRUMOND; WIEDMAN, 2017).

Em Alagoas, no ano de 2002, a partir da parceria firmada entre o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), Universidade Federal de Alagoas (UFAL) e Bambuzeria Cruzeiro do Sul, foi criado o Instituto do Bambu (INBAMBU), uma associação sem fins lucrativos, com o intuito de desenvolver atividades de empreendedorismo sociais com bases técnicas e científicas capazes de promover o desenvolvimento sustentável acoplado à potencialidade da planta, contribuindo para a economia da zona da mata nordestina (TENÓRIO et al., 2014; SNA, 2016).

O INBAMBU foi um projeto desafiador que ao longo de cinco anos conseguiu impulsionar oito bambuzeria no estado de Alagoas edificando vários negócios ecossustentáveis (FIALHO, 2005) e até hoje colhe frutos do conhecimento divulgado.

#### 2.2.1.1.1 O bambu e suas aplicabilidades

Com um perfil de crescimento rápido, o bambu apresenta facilidade na multiplicação vegetativa, alta produção de biomassa, fácil manuseio e versatilidade, reunindo um conjunto de características química, físicas e mecânicas diferenciadas e permitindo que seus componentes estruturais sejam aplicados nos mais diversos fins (BERALDO et al., 2003; SILVA et. al, 2011).

A estrutura morfológica dessa gramínea apresenta-se divididas em rizomas, sistemas de colmo e área foliar (NOGUEIRA, 2013), onde seu rizoma possui estrutura

entouceiradas, conectada entre si, similares ao rizoma principal, tal composição é responsável pela absorção de nutrientes, água e sustentação para o desenvolvimento da planta (SILVA et al., 2011).

Diferentemente das espécies vegetais arbóreas, no interior, o bambu possui seus colmos oco, o que torna seu volume aparente diferente de seu volume sólido podendo chegar até 30 metros de altura e 20 cm de diâmetro de colmo em seis anos de vida. Tais características facilitam a busca por luz em meio florestal (ALMEIDA, 2017; ROJAS QUIROGA et al, 2013; SANQUETTA, 2017), sendo uma opção de exploração comercial e industrial na utilização para fins de produção de papel, na construção civil e design de objetos (TRUJILLO et. al., 2013; SGORLA; NEVES, 2017; SOUSA et al., 2020).

Suas lâminas foliares são constituídas por bainha com a presença de pseudopécíolo e uma constrição na base que confere mobilidade. Nas folhas de ramos secundários concentram-se importantes componentes da rota fotossintética C3, contribuindo para respiração e transpiração vegetal (BPG, 2012, FIGUEIRA et al., 2013).

Rojas Quiroga e colaboradores (2013) evidenciaram que a biomassa de *G. angustifolia* acima do solo contém um total de 200 toneladas/hectare, levando a um armazenamento estimado de 100 toneladas de carbono/hectare, tendo potencial de desempenhar um papel significativo na mitigação das mudanças climáticas.

Os bambus também podem apresentar flores que são agrupadas em pequenas inflorescências que, por sua vez, reúnem-se em sinflorescências, onde seu ciclo varia entre 15 e 35 anos e de forma esporádica com ou sem produção de cariopses como identificados nas espécies *Alvimia* spp, *Dendrocalamus latiflorus* e *Guadua sarcocarpa* (FIGUEIRA et al., 2013, PEREIRA; BERALDO, 2016).

Estimativas apontam que a estrutura do bambu possui mais de três mil finalidades, desde os estudos voltados para a área agrônômica (SILVA, PEREIRA; SILVA, 2011); o potencial como recurso natural destinado a conservação e recuperação de áreas degradadas (TRUJILLO et. al, 2013); artesanato (CORREIA et al., 2017); na fabricação de móveis (PERAZZELI; PEREIRA, 2012) introdução do bambu na culinária (CHONGTHAM et al., 2011), sequestro de carbono (CHEN et al., 2007), na área da produção têxtil (NAYAK; MISHRA, 2016), na prevenção da erosão

do solo (ZHOU et al., 2005) além da proteção de animais, servindo de abrigo para aves (YEASMIN et al., 2015).

Devido às suas propriedades físicas e mecânicas, diversas pesquisas são direcionadas a aplicação de forma consolidada na área da construção civil (BENAVIDES et al., 2019), nas indústrias de papel e celulose (GHAVAMI; MARINHO, 2005; GRECO, 2011; TANPICHAH et al., 2019) como uma importante substituição a madeira e na produção de energia (INBAR, 2014; SANTOS, 2016; BALDUINO JUNIOR et al., 2016) assim como na área medicinal com atividade biológica antitumoral, antidiabética, anti-inflamatória, anti-hipertensiva, antimicrobiano e antioxidante (HU; ZHANG; DAVID, 2000; SANGEGHA et al, 2015; MENCHAVEZ et al, 2018, NIRMALA et al., 2018)

#### 2.2.1.1.2 A espécie *Guadua angustifolia* Kunth

O bambu do gênero *Guadua* possui maior amplitude de distribuição no mundo com maior identificação no México, América Central e América do Sul (PEREIRA; BERARDO, 2016). A *Guadua angustifolia*, figura 2, também chamada de taguaruçu, é um bambu lenhoso presente na América Central e do Sul. No Brasil é uma espécie nativa da floresta Amazônica, da região do alto Amazonas atingindo 38% da cobertura florestal (SILVEIRA, 2000).

Em geral, pode-se encontrar em altitudes que variam de 0 a 2600 metros acima do nível do mar, às temperaturas entre 14 e 26° C e em áreas com uma precipitação de 500-950 mm por ano (ROJAS DE SÁNCHEZ, 2013).

Em sua morfologia, é uma espécie que apresenta raiz entouceirada, crescimento rápido, média de 30 cm ao dia (AZEVEDO et al., 2012), com a presença de espinhos e uma faixa esbranquiçada na região do nó ao longo do colmo (AÑAZCO, 2013) e apresentando amadurecimento deste após 3 anos de idade, e se retirados adequadamente, sua reprodução pode ser aumentada no ano seguinte (JANSSEN, 2000).



**Figura 2 - Parte aérea da *G. angustifolia* Kunth**



Fonte: elaborado pela autora, 2022

Conhecido por ser a melhor espécie no mundo relacionada a durabilidade e resistência, a *G. angustifolia* é utilizada largamente na construção civil (HIDALGO-LÓPES, 2003; GHAVAMI et al., 2017) onde as fibras de bambu possuem características semelhantes às fibras naturais, sendo tradicionalmente uma fonte para substituição das fibras sintéticas bem como substituto da madeira, principalmente por populações rurais e indígenas de países como Bolívia, Colômbia e Equador (MONTROYA et al., 2006; MARÍN; HERNANDEZ, 2011; GRECO, 2011). O colmo foi caracterizado em diferentes estágios de vida constituído por 40% de fibras, 51% de parênquima e 9% de tecido condutor em toda a sua extensão (LONDOÑO et al. 2002).

Com característica peculiar e importante para o ecossistema, suas raízes subterrâneas possuem a capacidade de armazenar água, de forma que um hectare dessa espécie pode armazenar até 30.000 litros de água (HERRERA; SABOGAL, 1992; ROJAS QUIROGA et al, 2013), desempenhando um papel importante na biodiversidade, sendo encontrado em seu ecossistema: 45 espécies vegetais, 32 espécies de insetos, 25 famílias de pássaros e 2 famílias de anfíbios (HERRERA, SABOGAL, 2005) além de ser amplamente utilizada no segmento artesanal, participando como matéria prima para a confecção de móveis e utensílios cotidianos (MARÍN; HERNANDEZ, 2011). Em bambus foram identificados a ocorrência de

pragas como os besouros *Dinoderus minutus* e *Chlorophorus annularis* podem comprometer a estabilidade estrutural de uma obra inteira, caso não sejam controladas (PONCE, 2010;OLIC; LORENZETTI, 2013).

## **2.3 Metabólitos vegetais e suas atividades biológicas**

Os metabólitos são compostos químicos formados, degradados ou transformados a partir de reações anabólicas, catabólicas ou biotransformadas catalisadas por enzimas que garantem a continuidade dos processos celulares (MARZZOCO; TORRES, 2007; SIMÕES et. al., 2007). Os estudos sobre metabólitos foram introduzidos pelos químicos orgânicos do século XIX e início do século XX e, até hoje, desperta atenção de pesquisadores, devido a sua importância tanto no processo de comunicação de organismos intra e interespecíficos, quanto na ação de proteção e defesa frente a fatores de estresse biótico e abiótico (TAIZ; ZEIGER, 2017).

À medida que os avanços da química tornaram-se evidentes, as substâncias ativas puderam ser identificadas, isoladas e utilizadas como moléculas ativas (AURICCHIO; BACCHI, 2003), agregando valores nas mais diferentes áreas de desenvolvimento, a exemplo da produção de medicamentos, cosméticos, nutracêuticos e agroquímicos (COLEPICOLO et. al., 2007; DEEPTHI et. al, 2015; RIBEIRO et. al., 2020).

Tradicionalmente, as plantas oferecem um vasto campo de estudos para a descoberta de novos agentes com potencial terapêutico (MOOTOOSAMY; MAHOMOODALLY, 2014), produzindo uma larga e diversa ordem de componentes divididos em metabólitos primários e secundários (TAIZ; ZEIGER, 2017).

### **2.3.1 Metabolismo primário**

O metabolismo primário tem como função primordial sintetizar compostos essenciais à sobrevivência das espécies (DE SOUSA, 2010). Representadas pelos carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos. Essas moléculas são responsáveis por realizar funções vitais das plantas como a função estrutural, crescimento celular, respiração, estocagem, reprodução e síntese de substâncias fornecedoras de energia (CHAMPEET et al., 2008; SANTIN, 2017).

O metabolismo primário das plantas está diretamente associado a todos os processos fotossintéticos que originam os precursores de ácidos carboxílicos do ciclo de Krebs, da via acetato-mevalonato, via acetato-malonato, via metileritritol fosfato e a via do ácido chiquímico, essenciais para produção do metabolismo secundário da planta (SCHAAF et al., 1995).

Os extratos brutos, os óleos voláteis e aleloquímicos de vegetais expressam vários tipos de proteínas, como alguns inibidores de proteases, quitinases, ureases, proteínas inibidoras de ribossomos (RIPs) e as proteínas ligadoras de carboidratos e glicoproteínas (DANG; VAN DAMME, 2015).

Tais substâncias exercem efeitos tóxicos ou inibitórios ao ataque a herbívoros, onde as plantas desempenham um mecanismo de repelência e/ou antinutricional, ou ainda atraentes e estimulantes de alimentos, sendo por isso, uma potencial ferramenta econômica, se considerarmos que esse herbívoro pode ser, por exemplo, um inseto praga que ataca plantações ou produtos agrícolas (ISHAAYA, 1986; OLIVEIRA et al., 2016; DIAS et al., 2017).

#### 2.3.1.1 Potencialidades das proteínas

Proteínas são as macromoléculas biológicas mais abundantes encontradas no meio animal e vegetal, ocorrendo em todas as células e construídas a partir de um conjunto de 20 aminoácidos com propriedades e atividades completamente diferentes que podem gerar diversos produtos com atividades biológicas distintas (NELSON e COX, 2014).

Moléculas dinâmicas, as proteínas possuem funções que dependem de modo quase invariável das interações com outras moléculas, e essas interações, por sua vez, são afetadas devido a mudanças sutis ou súbitas na conformação proteica onde o ligante interage com sítio de ligação, que é complementar ao tamanho, e característica estrutural (STRYER, 2008; NELSON & COX, 2014).

As proteínas desempenham papéis extremamente importantes, na maioria dos processos biológicos, atuando como enzimas, hormônios, neurotransmissores, transportadores entre outros (DARNELL et al., 1990) com aplicações em diferentes áreas como: análises clínicas auxiliando no diagnóstico de patologias (ALEXOVIC et al., 2020), ecologia química (OLIVEIRA et al., 2020), elaboração de novos produtos

alimentícios, ressaltando o aproveitamento racional de nutrientes (ARTAZA-ARTABE et al., 2016), aplicação na indústria farmacêutica (NIRMALA, 2018) e na área de química de proteínas objetivando purificar novas proteínas e enzimas (RANKE et al., 2020; HIREMATH et al., 2020). Dentre as diversas classes de proteínas, as lectinas vêm se destacando pela sua ampla distribuição no reino animal e vegetal e, principalmente, pelas suas aplicabilidades.

#### 2.3.1.1.1 Lectina: isolamento, purificação e aplicação

O marco da pesquisa das lectinas se deu com o estudo da potencialidade do extrato de *Ricinus communis* L., obtido a partir de semente de mamona, onde durante os experimentos para conhecer seu grau de toxicidade foi observado a capacidade de aglutinar eritrócito de diferentes animais (PEUMANS; VAN DANME, 1998). Mais tarde, em outra pesquisa, foi atribuído esse comportamento a presença de uma proteína chamada ricina (KENNEDY et. al., 1995) sendo assim descrita a primeira lectina vegetal.

Com esses resultados, levantou-se a hipótese de que as lectinas possuíam propriedades tóxicas. No ano seguinte, através dos estudos envolvendo extrato de *Abrus precatorius* L. (com sementes de jericuiti) foi observado que o material apresentou toxicidade e a capacidade de aglutinar hemácias, sendo, com isso, descrita outra nova lectina chamada abrina (SHARON; LIS, 1987). Landsteiner e Rabitschek em 1907 foram pioneiros em demonstrar pela primeira vez uma lectina não tóxica extraída das leguminosas *Pisum sativum* L. e *Lens culinaris* Medik. Tais lectinas não toxinas passaram a ser utilizadas comercialmente devido a sua capacidade de promover mitose linfocitária (LIS; SHARON, 2004).

A primeira definição da palavra lectina foi proposta por Boyd e Shapleigh (1954) originária do latim "*lectus*", que significa selecionado e refere-se habilidade dessas proteínas ligam-se seletivamente e reversivelmente a carboidratos (LIS; SHARON; 2004).

O termo lectina é utilizado para classificar todas as proteínas ou glicoproteínas que possuem, pelo menos um domínio não catalítico, de origem não imune e que apresentam a capacidade de realizar ligações reversíveis, através de pontes de hidrogênio e interações Van der Waals (LIS; SHARON, 1998), com monossacarídeo

ou oligossacarídeo específicos sem alterar as propriedades química de seu ligante (LORIS, 2004, PEUMANS; VAN DAMME, 1998).

A origem não imune refere-se ao fato que os anticorpos são produtos de uma resposta imune e apresentam menor variedade estrutural entre si comparado com lectinas, enquanto que as lectinas são produzidas por organismos que não apresentam sistema imune e podem distinguir-se bastante quanto à sequência primária, necessidade de metais, massa molecular, estrutura tridimensional e ocorrência de glicídios na estrutura molecular (GOMES, 2013).

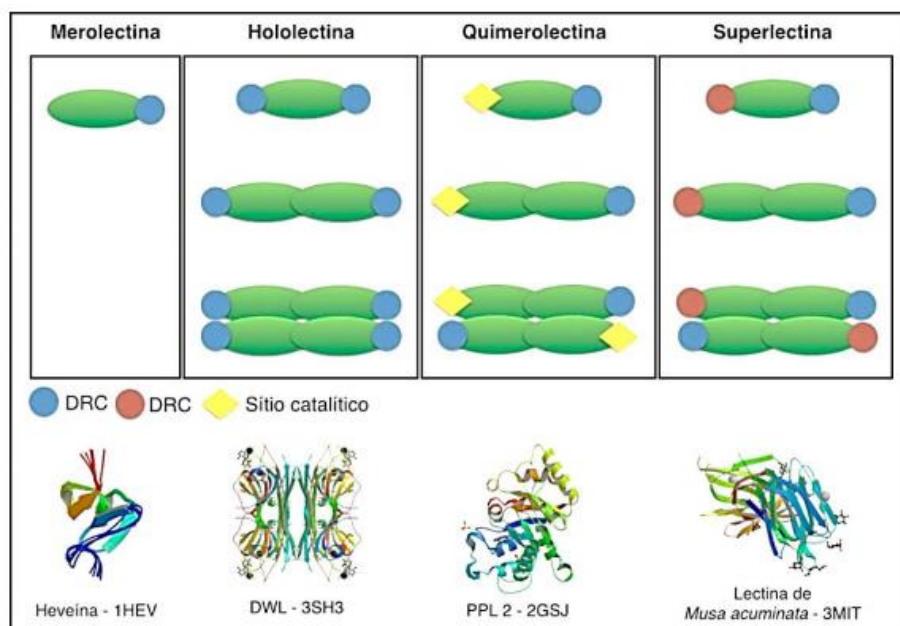
A característica de reconhecimento de carboidrato permite diferenciar as lectinas de outras moléculas capazes de aglutinar células como lipídeos, algumas substâncias catiônicas e metabólitos secundários como os taninos (SCHEGGIA et. al., 1988).

De ampla distribuição na natureza, as primeiras investigações de lectinas foram encontradas em plantas. No entanto, é confirmada a sua presença nos mais diferentes seres, tais como bactérias, fungos, plantas (BEZERRA et al, 2014, JONES et al., 2015; SARTIM et al., 2017; EL-MARADNY et al., 2021; ), algas, invertebrados (IMBERT et al., 2004) e vertebrados (MANIKANDAN et al., 2012).

Nos vegetais, as lectinas são extraídas das mais diferentes estruturas como: semente (JAVIER VIOQUE et al. 2019), raiz (SILVA, 2019), tubérculos (KAUR et al., 2006), cerne (SÁ et al., 2009), rizoma (KABIR, 2014), casca (COSTA et al., 2018), flores (CHOLAK et. al., 2016) e folhas (HIREMATH, 2020). Devido à abundante identificação no reino vegetal e sua diversidade de estrutura molecular, as lectinas estão presentes em maior quantidade em grãos de leguminosas e gramíneas (PUSZTAI, 1989).

Lectinas são também identificadas como uma classe de proteínas heterogêneas oligoméricas variando em tamanho, estrutura, organização molecular e sítios de ligações a açúcares (JUNIOR, 2014). Devido a sua estrutura geral, Peumans & Van Damme em 1998 propôs quatro grandes classes de lectinas: As merolectina, hololectina, quimerolectina e superlectina (Figura 3).

**Figura 3 - Classificação estrutural das lectinas de plantas. DRC: domínio de reconhecimento de carboidratos.**



Fonte: Osterne (2016). Imagem adaptada de VAN DAMME et al., 1998. DRC: Domínio de Reconhecimento a Carboidratos.

As merolectinas são proteínas monovalentes que apresentam apenas uma ligação a carboidratos, não possuindo a capacidade de aglutinar glicoconjugados ou células (VAN DAMME *et al.*, 1998). Já as hololectinas são proteínas que apresentam dois ou mais sítios de ligações idênticos, apresentando desta forma a capacidade de estabelecer ligações entre células e glicoconjugados, precipitando-os.

Quimerolectinas são proteínas com um ou mais domínio de ligação a carboidratos e um domínio não relacionado, tendo este domínio diferente uma função bem definida, como exemplo, como atividade enzimática ou outra atividade biológica que atua de forma diferente aos demais domínios de carboidratos. Por fim, as superlectinas possuem exclusivamente, pelo menos dois domínios diferenciados de ligações a carboidratos (SANZ-APARICIO et al., 1997; JIANG et al., 2010, ITAKURA et al., 2017).

As lectinas também podem ser classificadas de acordo com a especificidade aos carboidratos em: lectinas de ligação a glicose/manose, N-acetilglicosamina, galactose, N-acetilgalactosamina, fucose ou ácido siálico (PEUMANS & VAN DAMME,

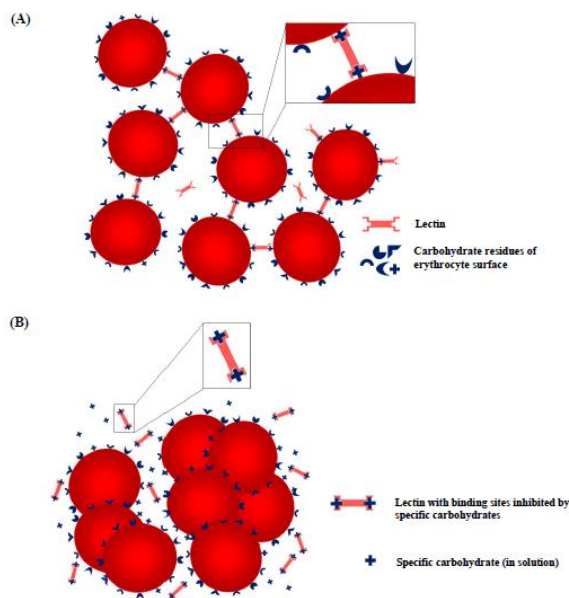
1996, SILVA et al., 2000). No entanto, esta classificação não pode ser aplicada a todas as lectinas, uma vez que algumas delas só conseguem ligar açúcares complexos ou glicoconjugados (PROCÓPIO et al., 2017).

Devido a sua capacidade em realizar pontes entre carboidratos e glicoproteínas que estão presentes em solução ou ligadas às membranas de células, as lectinas são facilmente identificadas ao realizar um ensaio de aglutinação, podendo ser utilizado eritrócitos de humanos ou animais (SHANMUGAVEL et al., 2016; SINGH; THAKUR; KENNEDY, 2020). Tais eritrócitos podem ainda ser tratados enzimaticamente utilizando como exemplo a tripsina, papaína para expor ainda mais a porção sacarídica ou, ainda, quimicamente com glutaraldeído ou formaldeído para a fixação de eritrócitos e possibilidade de armazenamento por um maior período (COELHO; SILVA, 2000; PAIVA et al., 2010).

O ensaio de hemaglutinação utiliza placa de microtitulação, onde é realizado uma diluição seriada da amostra contendo a lectina. Em seguida, adiciona-se solução contendo eritrócitos. A formação da rede entre a célula vermelha e a lectina é chamada de fenômeno hemaglutinante (figura 4A). Para realizar a confirmação de que o agente hemaglutinante é uma lectina, são necessários testes de inibição da atividade hemaglutinante (AH) (figura 4B).

Nesse teste, é realizada uma diluição seriada da amostra em uma solução contendo carboidrato ou glicoproteína livre antes da incubação com eritrócitos. Esse teste define a especificidade da lectina a carboidratos (PAIVA et al., 2013). É considerado o carboidrato específico aquele que resulta na maior inibição da hemaglutinação.

**Figura 4 - Esquema representando a aglutinação de eritrócitos promovida por lectinas. (A) Rede de aglutinação formada pela ligação de uma lectina aos carboidratos da superfície dos eritrócitos. (B) Inibição da formação da rede de aglutinação por carboidratos livres.**



Fonte: Coelho, 2014

A biossíntese da maioria das lectinas acontece nos ribossomos das células, seguindo para o retículo endoplasmático sendo transportada para o complexo de Golgi onde são armazenados em vacúolos. Devido ao grande potencial biotecnológico que essas lectinas representam e a diversidade de fauna e flora brasileira, boa parte dela ainda desconhecida quanto às suas potencialidades, novas lectinas vêm sendo identificadas, isoladas, caracterizadas e avaliadas quanto às suas atividades biológicas.

Métodos consolidados na área de purificação de proteínas são aplicados para purificar lectinas. Após a seleção do material de pesquisa, inicia a obtenção do extrato em solução salina, tamponada em diferentes pH (SÁ et al, 2009) ou ainda em água destilada, como o isolamento da lectina de semente de *Moringa oleífera* (SANTOS et al., 2012) de forma que o melhor meio de extração seja aquele que obtém a maior quantidade de lectina com maior atividade hemaglutinante.

Para o isolamento da lectina, o extrato geralmente é submetido ao fracionamento salino, e pode passar por um processo de diálise em membranas semipermeáveis, método este onde há a separação de moléculas por diferenças de



massa molecular. As proteínas ficam retidas dentro da membrana enquanto moléculas menores (como carboidratos, sais ou mesmo peptídeos de baixa massa molecular) presentes na amostra, passam para a solução solvente (THAKUR et al., 2007; NOBREGA et al., 2008).

O fracionamento salino tornou-se uma técnica bastante utilizada em virtude da sua facilidade de execução e baixo custo. Como exemplo, cita-se a técnica utilizada com o sulfato de amônio, composto altamente hidrofílico, que ao dissociar-se, acaba reduzindo a camada de hidratação, favorecendo a agregação e a precipitação dos resíduos hidrofóbicos (LUCARINI et al., 2008).

A precipitação salina pode preceder o processo de purificação de alta resolução, como a cromatografia (NELSON, COX, 2014), onde realiza a separação diferencial da amostra utilizando uma fase móvel e uma estacionária, que pode depender da carga líquida (cromatografia de troca iônica), do tamanho molecular da proteína (cromatografia em gel de filtração) ou ainda através da afinidade a diferentes compostos (cromatografia por afinidade), técnica essa mais utilizada para purificação de lectina (NELSON e COX, 2014, QU et al., 2012).

Bastante versáteis, a literatura relata o isolamento e aplicação de lectinas nas mais diversas áreas com importâncias biotecnológicas, algumas delas sendo aplicadas no isolamento e análise estrutural de oligossacarídeos e glicoconjugados (YAMASHITA; OHKURA, 2014), envolvimento no processo de cicatrização (PETROVIC et al., 2020), antimutagênico e antioxidante (ALVES et al., 2020), anti-inflamatória (LEITE et al., 2012; ALVES, 2022; KRISHNAVENI et al., 2022), anti-parasitária (CASTANHEIRA et al., 2015), antitumoral (ZHANG et al., 2015), imunomoduladora (ZENG et al., 2019), antibacteriana, antifúngica (HIREMATH et al., 2020), antiviral (GORDTS et al., 2015) e inseticida (KOOSHA et al., 2013).

A atividade inseticida atribuídas as lectinas deve-se ao fato da mesmas apresentarem resistência a ação de enzimas presente no inseto, onde ao ser ingerida, tais biomoléculas iniciam sua ação inseticida realizando ligações com quitina, glicojugados e enzimas que fazem parte da composição da matriz peritrófica do trato intestinal dos insetos (PAIVA et al., 2013; NAPOLEÃO et al., 2018, CAMAROTTI et al., 2018).

Na literatura podemos identificar diversos trabalhos que apresentam as consequências da ação inseticida de lectinas obtidas de espécies vegetais que

interferem na atividade enzimática e desencadearam uma alteração na organização intestinal dos insetos, resultando em alterações no desenvolvimento e podendo levar a sua morte, como pode ser observado na tabela 1 (KOOSHA et al., 2013; NAPOLEÃO et al., 2018).

O uso das lectinas como estratégia para o controle de pragas é uma possibilidade real tanto em relação à redução dos impactos ambientais e à saúde quanto ao desenvolvimento de resistência. Comparadas aos inibidores de proteases, a outra classe de proteínas inseticidas bastante estudadas, as lectinas, de maneira geral, são menos propensas a terem seus mecanismos superados, pois sua ação pode envolver vários alvos moleculares (NAPOLEÃO et al., 2018). Souza (2018) reportou o efeito que a lectina (OfiL) exerceu sobre insetos adultos *Sitophilus zeamais*, causando ação antinutricional sem causar deterrência.

**Tabela 1: Lectinas com atividade inseticida**

LECTINA	FONTE	INSETO	AÇÃO
ConA	<i>Canavalia ensiformis</i> L. (semente)	<i>Bactericera cockerelli</i>	Lesões no intestino do inseto
WSMoL	<i>Moringa oleifera</i> Lam.(semente)	<i>Sitophilus zeamais</i>	Ação antinutricional
WSMoL	<i>Moringa oleifera</i> (semente)	<i>Aedes aegypti</i>	Larvicida
MuBL e MuHL	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Fr. All. (casca e cerne)	<i>Aedes aegypti</i>	Larvicida
SteLL	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi (folha)	<i>Sitophilus zeamais</i>	Ação antinutricional
SRL	<i>Gossypium hirsutum</i> L.(flor)	<i>Spodoptera litura</i>	Larvicida
AEL	<i>Abelmoschus esculentus</i> L.(semente)	<i>Ceratitis capitata</i>	Larvicida
PPA	<i>Polygonum persicaria</i> L.(folha)	<i>Helicoverpa armígera</i>	Ação antinutricional
MuBL	<i>Myracrodruon urundeuva</i> (casca)	<i>Nasutitermes corniger</i>	Lesões no intestino do inseto

Fonte: TANG et al., 2020; DE OLIVEIRA et al., 2020; ALVES et. al. 2019; ALVES et. al. 2020; CAMAROTTI et al., 2018; VANTI et al., 2018; LACERDA et al., 2017; LIMA et al., 2017; RAHIMI et al., 2017. Elaborado pela autora, 2022

Produtos de origem vegetal ricos em metabólitos primários e secundários, têm sido pesquisados como importantes agentes com ação inseticida principalmente em decorrência do aumento da perda financeira e casos de doenças transmitidas por insetos vetores (PAIVA et al., 2013; SILVA et al., 2019).

### 2.3.2 Os metabólitos secundários

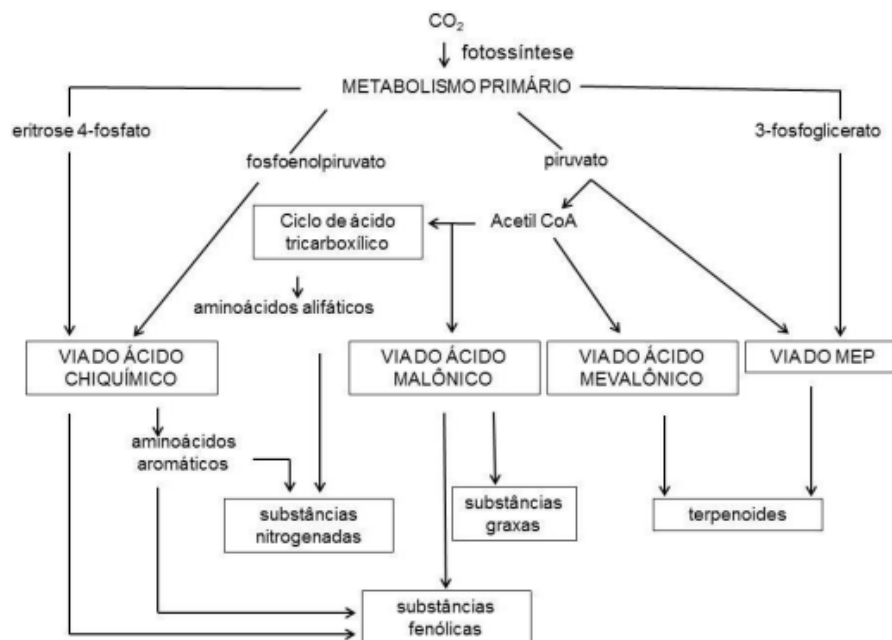
Os metabólitos secundários ao contrário dos metabólitos primários não são prioritariamente necessários ao crescimento e desenvolvimento do organismo, mas participam diretamente nas questões adaptativas das espécies (TAIZ; ZEIGER, 2017; LIMA NETO et al.; 2015), atuando como compostos de defesa ou como moléculas de sinalização em interações ecológicas (FREIRE et al., 2014).

Outra característica dos vegetais em relação ao metabolismo secundário é a elevada capacidade biossintética, tanto em relação ao número de substâncias produzidas quanto a diversidade em uma mesma espécie (FERRERA et al., 2016). A síntese desses metabólitos é influenciada por diferentes condições ambientais como temperatura, macro e micronutrientes do solo, estado de desenvolvimento da planta, disponibilidade hídrica e intensidade de radiação solar (GOBBO-NETO, 2007; GREAY; HAMMER, 2015).

Os metabólitos secundários produzidos nas plantas são obtidos a partir das macromoléculas da rota biosintética primária, originadas pelo metabolismo dos carboidratos, através de quatro vias metabólicas principais (Figura 5): via do ácido chiquímico, do acetato-malonato, acetato mevalonato e via do metileritritol (SANTOS, 2007).

Muitos produtos naturais obtidos a partir de vegetais desempenham um papel importante na interação entre a planta e seu ecossistema, principalmente em fatores bióticos, atuando como atrativos para polinizadores ou disseminadores de sementes, na defesa contra inimigos naturais ou como aleloquímicos, na proteção contra raios UV, dentre outras funções. (ARAÚJO, 2002; KROYMANN, 2011; TAIZ; ZEIGER, 2017).

**Figura 5 - Sistema integrado do metabolismo primário e síntese do metabolismo secundário**



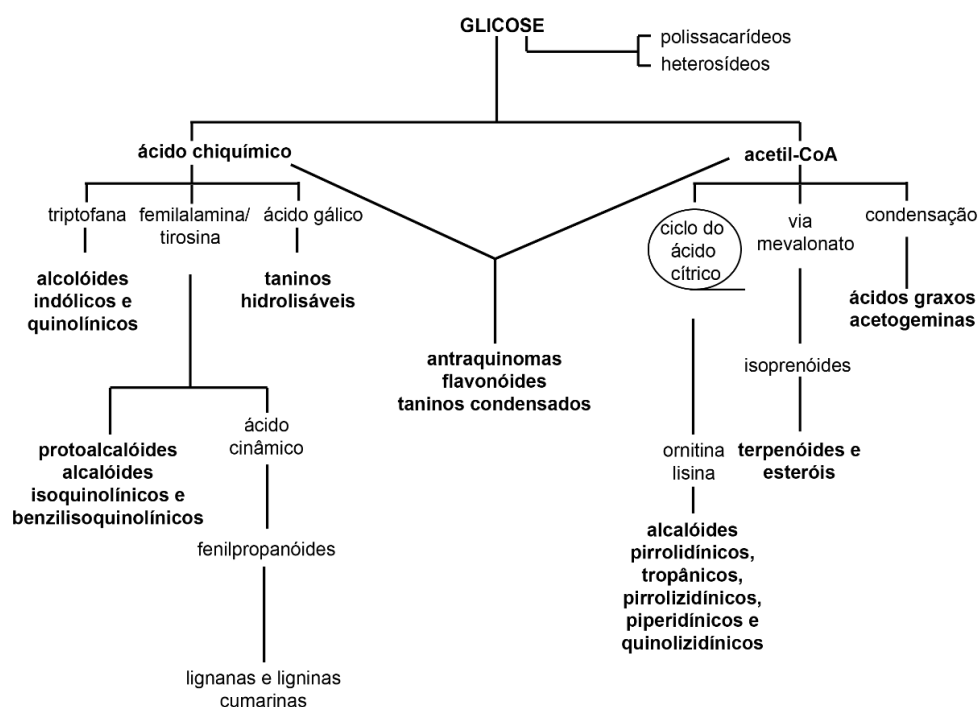
Fonte: Adaptado de Taiz & Zeiger (2017)

Há hipóteses clássicas que buscam explicar a vasta diversidade metabólica, propondo que se trata de um processo recíproco e gradual de adaptação e contra-adaptação entre plantas e seus inimigos naturais, moldado por seleção mútua para o desenvolvimento de mecanismos de adaptação e competição para a sua sobrevivência (BROWN et. al, 1988; KARBAN, 1993). É evidenciada uma maior capacidade de síntese de metabólito secundário em espécies vegetais selvagens (SOUZA FILHO; ALVES, 2006), contribuindo para a sobrevivência dessas espécies (FUMAGALI et al., 2008).

### 2.3.2.1 Classificação e aplicabilidade dos metabólitos secundários

Os metabólitos secundários derivam não apenas por uma via metabólica, como a do ácido chiquímico que origina os aminoácidos aromáticos, mas de uma combinação de unidades desta via com a via do acetato, como pode ser observado na figura 6 (SANTOS, 2007), e podem ser classificados em três grandes grupos de acordo com sua composição química e semelhança estrutural: substâncias fenólicas, terpenos e alcalóides (SANTOS, 2007; TAIZ; ZEIGER, 2017).

**Figura 6 - Biossíntese dos metabólitos secundários**



Fonte: Santos (2007)

Os compostos fenólicos são derivados do ácido chiquímico e ácido mevalônico. Os alcaloides são provenientes de aminoácidos aromáticos (triptofano, tirosina), os quais são derivados do ácido chiquímico e de aminoácidos alifáticos. Os terpenos são produzidos a partir do ácido mevalônico (no citoplasma) ou da rota do metileritritol fosfato - MEP (no cloroplasto) (SIMÕES, 2007). Flavonoides, taninos e ligninas fazem parte dos compostos fenólicos; óleos essenciais, saponinas, carotenoides e a maioria dos fitoreguladores são terpenos; nicotina, cafeína e vincristina são alguns exemplos de alcaloides (GREAM; HAMMER, 2015; TAIZ & ZEIGER, 2017).

A análise fitoquímica possibilita identificar os grupos de metabólitos secundários relevantes em diferentes amostras (FERREIRA; DANTAS, 2014) contribuindo para elucidação dos mecanismos de ação e aplicação de extratos vegetais nas mais diferentes áreas de interesse biotecnológico.

### 2.3.2.1.1 Compostos fenólicos

A via do ácido chiquímico e do acetato malonato sintetizam substâncias fenólicas com composições simples ou com alto teor de polimerização, caracterizado por possuir em sua estrutura pelo menos um anel aromático com no mínimo um hidrogênio substituído por uma hidroxila (QUIDEAU et al., 2011).

Os fenóis na maioria das vezes estão complexados a carboidratos, proteínas ou a outros compostos vegetais, originando várias classes de acordo com os anéis fenólicos e suas associações presentes em sua composição. Os compostos resultantes são chamados de polifenóis, e são classificados em dois grupos: os flavonóides e os não-flavonoides e as ligninas e taninos (FERRERA et al., 2016; ALSEEKH et al., 2020).

Os flavonóides constituem um grupo de pigmentos vegetais, amplamente distribuídos na natureza em células fotossintéticas, estando diretamente relacionada a função de defesa contra insetos e microrganismos fitopatógenos, proteção contra a incidência de raios ultravioletas e atração de polinizadores (ALSEEKH et al., 2020). Além disso compreende um dos grupos fenólicos mais importante e diversificado entre os produtos de origem natural (MARTINS, 2011; PERVAIZ et al., 2020).

De importante aplicação na área clínica, os flavonóides demonstram forte atividade antioxidante, eliminando radicais livres e metais quelantes, atuando nas mais diversas áreas como na promoção da saúde cardiovascular, inibição do crescimento de tumores cancerígenos e na diminuição no risco de doenças neurodegenerativas (SANGUIGNI et al., 2017; PEI et al., 2020). Além disso, são utilizados na indústria de produtos petroquímicos, alimentícios, de cosméticos e medicamentos para estabilização de produtos poliméricos (PISOSCHI; NEGULESCU, 2011).

No entanto, devido à falta de antioxidantes naturais em larga escala, atualmente a maioria dos produtos alimentícios e farmacêuticos contém substâncias sintéticas antioxidantes que causam preocupações sobre seus efeitos adversos à saúde (URQUIAGA; LEIGHTON, 2000; NIMALE *et al*, 2018).

Os compostos não flavonóides possuem composição bastante heterogênea, sendo classificados como: os derivados do ácido hidroxibenzóico e os derivados do

ácido hidroxicinâmico, de ocorrência natural de fácil identificação na natureza (ANGELO; JORGE, 2007; ROCHA, 2011).

#### 2.3.2.1.2 Terpenos

A via do acetato mevalonato e do metil eritritol fosfato sintetizam os terpenóides. Todos eles são formados pela união de unidades isoprênicas de cinco carbonos e, quando submetidos a altas temperaturas, podem se decompor em isoprenos (TAIZ; ZEIGER, 2017). Óleos essenciais, saponinas, carotenóides e a maioria dos fitoreguladores são terpenos (PERES, 2004).

Bastante encontrado na natureza, podemos destacar os triterpenóides que são responsáveis pela formação dos componentes das resinas, látex, ceras e cutícula das plantas, assim como desempenham um importante papel na defesa contra insetos e microrganismos (PERES, 2004; SIMÕES et al., 2007).

#### 2.3.2.1.3 Alcaloides

Os alcaloides são substâncias nitrogenadas cíclicas que possuem pelo menos um átomo de nitrogênio (N) em um estado de oxidação negativo, provenientes de aminoácidos aromáticos (triptofano, tirosina), os quais são derivados do ácido chiquímico e de aminoácidos alifáticos (ornitina, lisina) (PIRES, 2004), permitindo a formação de diversas classes de alcaloides.

Em vegetais, os alcaloides possuem uma importante função de proteção contra patógenos e herbívoros. Acredita-se que a interação planta-herbívoro foi um ponto determinante para os efeitos fisiológicos de vários compostos deste metabólito em animais (KUETE, 2014; BABY, 2015).

Nos vegetais, essas moléculas podem ser encontradas em diferentes estruturas, a exemplo dos tecidos com crescimento ativo, células epidérmicas e hipodérmicas, bainhas vasculares e vasos lactíferos (SIMÕES et al., 2007).

Os compostos químicos produzidos por plantas alelopáticas são denominados aleloquímicos e, geralmente, são oriundos do metabolismo secundário das plantas, atuando no processo de seleção dos hospedeiros (EL-SHAFIL; FALEITO; 2017). A mudança de hábitos dos insetos pode ser identificada para auxiliar no processo de

adaptação para a sobrevivência, desenvolvendo mecanismos para tirar maior proveito do que eles tem a oferecer. Inseto-praga sugadores evitam substâncias deterrentes produzidas por folhas danificadas, ou ainda toxinas existentes em cascas (KUMAR, 2012; EL-SHAFIL; FALEITO; 2017).

### 2.3.3 Propriedades antioxidante dos metabólitos secundários

Radicais livres (RL) são espécies químicas altamente reativas, que possuem em sua camada de valência elétrons desemparelhados, e por consequência, assumem proeminente reatividade (FERREIRA; MATSUBARA, 1997). As substâncias antioxidantes são capazes de absorver e neutralizar RL e podem possuir origem sintética ou natural (WONG et al., 2020). Esses compostos possuem um anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. Estão amplamente distribuídos no reino vegetal, englobando desde moléculas simples até outras com alto grau de polimerização (SOARES et al., 2008).

A maioria dos antioxidantes das plantas superiores são compostos fenólicos, que possuem propriedades redox que permitem atuarem como agentes redutores ou doadores de hidrogênio, apresentando atividades biológicas diversificadas como antibacteriana, anti-inflamatória, antialérgica, estrogênica, entre outras (ZANON, 2010). Além desses, citam-se ainda os antioxidantes não enzimáticos provenientes da dieta ou suplementação, como por exemplo as vitaminas, o  $\beta$ -caroteno, os compostos fenólicos, flavonoides, entre outros (HUANG; PRIOR, 2005)

São muitos os trabalhos na literatura que reportam a utilização de extratos vegetais e sua utilização como fontes de produtos naturais com ação antioxidante (KIRAN et al., 2015; KALEESWARAN et al. 2018; DATTA et al., 2019; KARANIKÁ et al., 2019). É relatado também a presença de atividade antioxidante e inseticida de extratos vegetais, demonstrando a versatilidade funcional e o potencial biotecnológico que essas preparações podem apresentar (CHUANG et al., 2018; RAJKUMAR et al., 2019).

O controle de diferentes pragas, ao longo dos anos, foi alcançado com inseticidas sintéticos, porém esses compostos são tóxicos para os seres humanos e seu uso contínuo pode gerar sérios danos (EMBRAPA, 2018). A investigação de preparações e compostos vegetais com atividade inseticida, na tentativa de minimizar



os sérios problemas como o surgimento de populações de insetos resistentes, é também incentivada já que não há alvo específico no tratamento com inseticidas sintéticos (CAMAROTI et al., 2018)

Procópio (2015) demonstra o potencial onde extrato da folha de *S. terebinthifolius* causaram danos ao intestino médio das larvas de *Aedes aegypti*, interferindo na sua sobrevivência e desenvolvimento, sendo atribuído tal resultado a presença de derivados do ácido cinâmico e flavonóides. Assim como o extrato bruto de *Phragmites australis* e a lectina obtida de sua folha (PAA) apresentaram toxicidade contra *A. pisum* e *M. persicae* (ZAPATA et al., 2016).

## **2.4 *Tribolium castaneum* (Herbst)**

O *T. castaneum* é um inseto pertencente à ordem Coleoptera conhecido como besouro vermelho da farinha, sendo um importante agente causador de grandes prejuízos econômicos em pós colheita e grão armazenados na América do Sul como trigo, milho e arroz (PERKIN; OPPERT, 2019).

O inseto apresenta ciclo de vida entre 30 a 40 dias e, ao chegar na fase adulta, vive aproximadamente 4 anos, os ovos são esbranquiçados, muito pequenos (microscópicos) e cilíndricos com restos de farinha aderindo à superfície, seguindo um período de duração de até uma semana: 4-7 dias (DEVI E DEVI, 2015) chegando a depositar 400 a 500 ovos nas fendas das paredes dos armazéns, na sacaria e sobre os grãos. Além disso, são capazes de sobreviver em vastas faixas de temperatura (entre 22 e 40°C) e apresentam elevada resistência aos pesticidas sintéticos (LORINI, 2015).

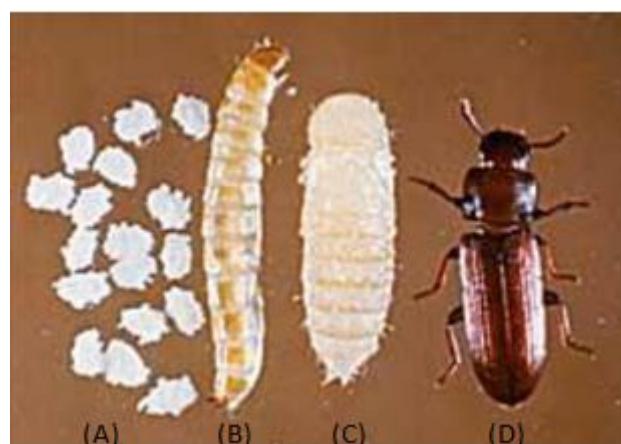
As larvas são branco-amareladas, cilíndricas, medindo até 7 mm de comprimento (Figura 7 B). As fases de ovos e pupas (estado intermediário entre larvas e fase adulta), figura 7 A e C, apresentam maior resistência à ação dos inseticidas, sendo assim considerado uma importante praga de cereais de difícil controle. Os adultos são besouros de coloração castanho-avermelhada, medindo de 2,3 mm a 4,4 mm de comprimento; o corpo é achatado e possui duas depressões transversais na cabeça (Figura 7 D). (GALLO et al., 2002; LORONI et al, 2015).

O tubo digestivo dos insetos está dividido em três porções: intestino anterior, médio e posterior (Figura 8), onde o intestino médio representa a porção mais

permeável do tubo digestivo, produzindo várias enzimas digestivas e uma importante membrana extracelular, a matriz peritrófica, composta por proteínas, proteoglicanos e quitina. Esta matriz impede o contato direto com o alimento, a penetração de patógenos e a manutenção das enzimas em um compartimento ectoperitrófico (HEGEDUS, 2009; NAPOLEÃO et al., 2018; PINTO, 2019).

O intestino posterior possui permeabilidade superior a porção anterior sendo responsável pela absorção de substâncias importantes antes da eliminação nas fezes. Além disso, uma válvula pilórica está presente na porção final do intestino médio / início do intestino posterior representando a origem dos túbulos de Malpighi, órgãos excretores nos quais os resíduos nitrogenados são excretados como ácido úrico (NAPOLEÃO et al., 2018).

**Figura 7 - Fase de ovo (A), larva (B), pupa (C) e inseto adulto (D)**



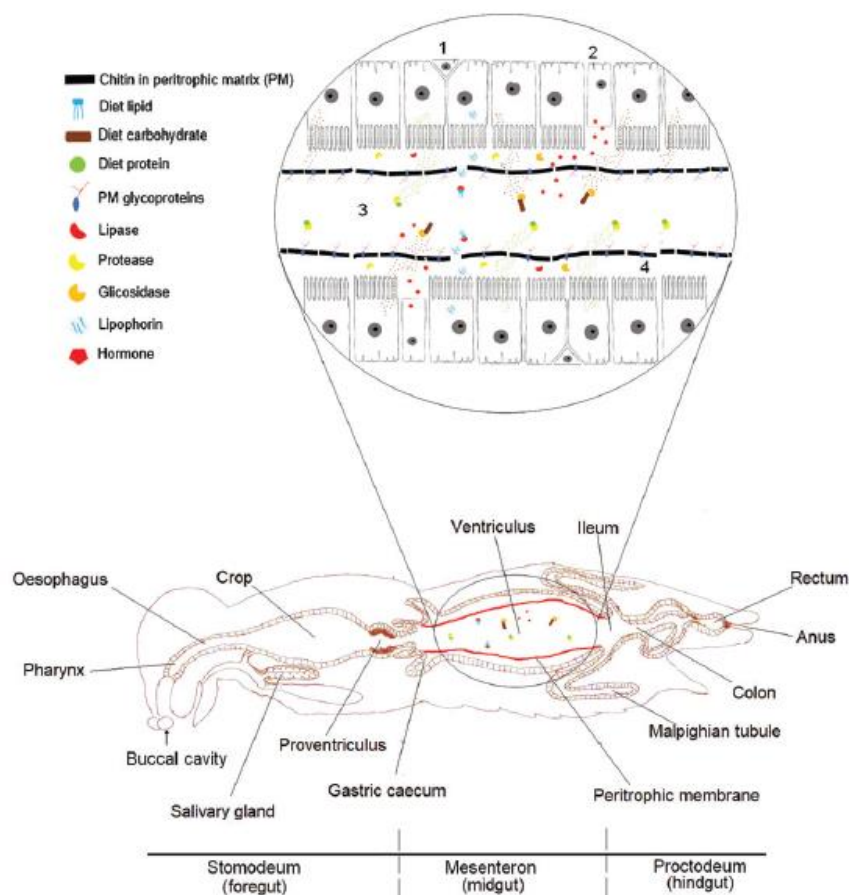
Fonte: <http://grainscanada.gc.ca> – Acesso em 10 de julho de 2022

O *T. castaneum* consegue se desenvolver bem em ambientes e alimentos extremamente secos e essa capacidade se deve a presença do túbulo de Malpighi permitindo uma osmorregulação e uma reabsorção completa de água, justificando a alta resistência a maioria dos inseticidas comercializados (FREIRE, 2018). Sua presença em ambientes de armazenamento de grãos e sementes caracterizam um indicativo de prejuízos e perdas ao setor produtivo, uma praga secundária que se alimenta da parte externa do grão e seus derivados (EMBRAPA, 2016; MAPA, 2021).

Em ambientes que estão infestado pelo inseto, produz odor característico devido à secreção de uma substância irritante e pungente que contém quinonas, quando grandes populações ocorrem em farinhas, é possível visualizar uma cor rósea

devido à contaminação por essas secreções e prejudicam suas propriedades culinárias (ALENCAR et al., 2011).

**Figura 8 - Visão estrutural do intestino do inseto: intestino anterior, médio e posterior**



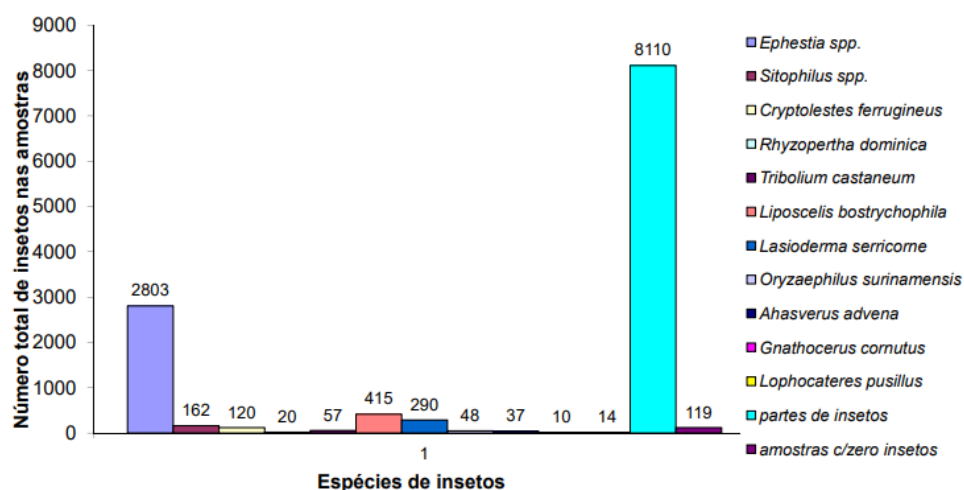
FONTE: NAPOLEÃO et al., 2018

A quantidade e a qualidade do alimento consumido na fase larval do inseto interfere na taxa de crescimento, o tempo de desenvolvimento, o peso corporal, a sobrevivência, bem como a fecundidade, a longevidade, seus hábitos de vida e convívio com outros insetos (PANIZZI e colaboradores, 2009). Tais informações contribuem para diversos estudos envolvendo simulações para determinação de danos econômicos causados por pragas ou a relação de preferência entre inseto e planta (SOUZA et al., 2001).

Dados publicados pela Embrapa (2018) apontam o *T. castaneum* encontra-se entre as oito principais pragas identificadas nas safras de soja no Brasil 2016/2017

(Figura 9) sendo identificada ao longo de quatro anos de observação, assim evidenciando a importância em eliminar esse inseto-praga no momento do armazenamento e preparo do grão para a comercialização e/ou exportação.

**Figura 9 - Identificação dos principais insetos-praga nos grãos de soja colhidos nas safras 2017**



Fonte: EMBRAPA, 2018

Assim como em outras tentativas de controle de insetos-praga, a utilização de extratos de plantas vem ganhando espaço por ser de fácil obtenção e manuseio, contribuindo de forma ativa no MIP associando de forma harmoniosa com técnicas biológica, química, cultural e genética para redução da perda da qualidade e produção de grãos armazenados (BRAGA; SOBRINHO et al., 2008, EMBRAPA, 2018).

Em se tratando do estado da arte do inseto praga *T. castaneum*, verifica-se um grande interesse por parte do público científico em busca de metodologias alternativas que mostram efetividade no combate a este inseto. Como exemplo desse repertório, a utilização de dióxido de silício obtido da Terra de diatomácea (EMPRAPA, 2020) assim como destacam-se as deposições de patente (US4970069 A) para o composto octilformato 2,6-dimetila que possui efeitos de atração para o inseto *T. castaneum*. Um repelente contra diversas pragas, incluindo *T. castaneum*, também foi patentado (JPS63166814 A) de um extrato metanólico obtido a partir da espécie *Polygonum hydropiper* L.

Estudos apontam a importância da identificação de novos bioprodutos de espécies de plantas com atividade inseticida, e que possam ser aplicados sob a forma

de preparações específicas e agricolamente aceitáveis (WAR et al., 2011; CORRÊIA; SALGADO, 2011) explorando a diversidade e potencialidade de tais composições.

A busca por vegetais ou produtos obtidos a partir destes que possuam a características de inseticidas naturais que proporcionam menores danos ao meio ambiente possuindo em sua composição moléculas biodegradáveis, com baixa toxicidade e apresentem menor efeito deletério ao organismo não-alvo, contribuem diretamente para a redução da seleção de insetos resistentes a agrotóxicos, sendo uma opção para o controle alternativo de inseto-praga (PAIVA et al., 2013; LORINI, 2015; REDDY; ANTWI, 2016).

Com auxílio dos testes de fitotoxicidade, os bioensaios envolvendo semente de *Lactuca sativa* e a *Artemia salina* possibilita a identificação direta no impacto do composto analisando o crescimento radicular e a germinação de sementes e a mortalidade do microcrustáceo, respectivamente. São testes rápidos, de fáceis manipulação e manutenção em laboratório, e econômicos indicados para avaliação do risco potenciais no ambiente segundo a US Environmental Protection Agency (EPA) e detecção de efeitos ecotoxicológicos (JOHNSON et al, 2015; LIBRALATO et al., 2016).

Os extratos vegetais contém metabólitos que geralmente atuam em múltiplos locais alvo e novos e reduzem o potencial de desenvolvimento de resistência em insetos (ISMAR, 2006) contribuindo para o aprimoramento da agricultura sustentável, uma estratégia que fornecer aprimoramentos na produtividade de modo a atender às crescentes necessidades alimentares de forma sustentável (LYSON 2002; ROCKSTRÖM, 2017).

### 3.1 Objetivo geral

- Identificar, purificar e caracterizar uma lectina do colmo da *G. angustifolia* e avaliar o efeito antioxidante e inseticida de preparações lectínicas contra *T. castaneum*.

### 3.2 Objetivo secundário

- Realizar a análise qualitativa de metabólitos secundários presentes no extrato do colmo da *G. angustifolia*;
- Avaliar o potencial antioxidante do extrato do colmo da *G. angustifolia*;
- Avaliar a toxicidade do extrato do colmo da *G. angustifolia* frente a organismos não-alvos (*Artemia salina* e *Lectuce sativa*);
- Extrair e isolar a lectina a partir do colmo da *G. angustifolia*;
- Caracterizar a lectina do colmo da *G. angustifolia* quanto ao efeito de pH, temperatura e íons na atividade hemaglutinante;
- Avaliar o efeito de preparações lectínicas (extrato e lectina purificada) sobre a deterrência e sobrevivência de adultos do *T. castaneum* em condições de laboratório;
- Determinar os efeitos nutricionais (taxa relativa de ganho de biomassa, taxa de consumo relativo e eficiência de conversão do alimento ingerido) de adultos de *T. castaneum* que ingeriram dieta artificial contendo extrato e lectina;
- Analisar os efeitos da ingestão das preparações lectínicas (extrato e lectina purificada) sobre a eclosão do *T. castaneum*;
- Determinar os efeitos das preparações lectínicas sobre o perfil (colesterol, triglicerídeo, glicose e proteína) do *T. castanenum*.
- Avaliar o efeito do extrato aquoso e lectina sobre a eclosão de larvas de *T. castaneum*

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Obtenção das amostras *G. angustifolia* e sua identificação

Os colmos da *G. angustifolia* foram coletados, a partir de 01 (um) ano de idade, do Banco de Germoplasma do Centro de Ciências Agrárias (CECA) da UFAL, localizado no km 85 da BR 101, no município de Rio Largo, no Campus Delza Gitaí.

Das amostras foram retiradas as folhas e transportadas em recipientes plásticos até o laboratório de Metabolismos e Proteômica (LAMP) e mantidas à temperatura ambiente durante 10 dias para secagem. O material vegetal seco foi triturado com auxílio de um moinho de facas e peneirado (SL-32 Solabcientífica – peneira de 18 mesh (figura 10).

A coleta do material vegetal foi autorizada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio; processo n. 75928-1) e pelo Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SISGEN; processo n. A7B527A).

**Figura 10 - Moinho de facas utilizado para pulverização do colmo desidratado *G. angustifolia* (A); Pó obtido do colmo desidratado da *G. angustifolia* (B)**



Fonte: elaborado pela autora, 2022

Uma amostra da espécie vegetal foi disponibilizada para identificação e deposição de exemplar no repositório Registro nº 650103 do Herbário MAC do

Instituto de Meio Ambiente (IMA) do Estado de Alagoas. A planta selecionada apresentava em sua estrutura todos os requisitos necessários para a devida identificação (colmo, ramos secundários com folhas e espinhos).

#### **4.2 Preparo do Extrato Bruto do colmo desidratado da *G. angustifolia***

Para o preparo do extrato bruto, foi pesado 10 g de pó do colmo desidratado do bambu, pesado em balança analítica (Marte AY220) e foi exposto a 50 mL de diferentes meios de extração: tampão Tris HCl 50 mM pH 8,0, tampão fosfato de sódio 0,5M pH 7,2 e cloreto de sódio 0,15 M para seleção do melhor meio contendo maior número de proteínas totais e atividade hemaglutinante específica.

Para cada análise, a solução de extração foi mantida sob agitação constante durante 16 horas a temperatura de 4°C (agitador magnético IKA IKAMAG C-MAG H57), para evitar a desnaturação das proteínas contidas no meio de extração. Ao término, o extrato foi centrifugado (HERMLE- Z236K) por 15 min a 15000 xg a 4° C para retirada do material particulado do meio. Em seguida, o sobrenadante foi armazenado em tubo falcon 50 mL para submissão dos ensaios subsequentes.

#### **4.3 Ensaio de atividade hemaglutinante**

O ensaio de atividade hemaglutinante (AH) foi realizado em placas de microtitulação, de acordo com a metodologia descrita por Paiva e Coelho (1992). Alíquota (50 µL) da amostra foi diluída serialmente em NaCl 0,15 M antes da adição de 50 µL de suspensão (2,5 % v/v) de eritrócitos de coelho. A AH (título<sup>-1</sup>) foi expressa como o inverso da maior diluição da amostra que promoveu a hemaglutinação. AH específica (AHE) foi definida pela razão entre o título e a concentração proteica (mg/mL).

#### **4.4 Determinação da Concentração de Proteína**

A concentração da proteína foi determinada pelo método de Bradford (1976), usando albumina de soro bovino como padrão (250-0,009 µg/mL). Para isso foram tomados 10 µL das amostras (extrato bruto e fração) diluídas em NaCl 0,5M (1:10), e



190 µL de reagente de Bradford. Posteriormente as amostras foram incubadas por 5 min, e medido a absorbância em espectrofotômetro a 595 nm (VARIAN CARY 50 BIO). As unidades correspondentes são (mg/mL) de proteína.

#### 4.5 Teste de Inibição a Carboidratos

Para determinar a especificidade da lectina e confirmar a presença de lectina no extrato, a inibição da AH foi avaliada utilizando carboidratos e glicoproteínas como descrito por Carvalho et al. (2015). Alíquotas de 50 µL da amostra diluídas serialmente foram submetidas à incubação inicial em solução de carboidrato dissolvido em NaCl 0,15 M durante 15 minutos. Em seguida foram adicionadas 50 µL de suspensão de eritrócitos (2,5 % v/v) nos poços de microtitulação e incubadas por um período de 45 minutos. Uma alíquota de 50 µL da amostra diluída serialmente em igual volume de solução salina de NaCl 0,15 M incubada com 50 µL de suspensão de eritrócitos de coelho foi usada como controle negativo.

As concentrações de soluções inibidoras foram 0,1; 0,2; 0,4 e 0,5 M para os carboidratos D–Galactose, D–Glicose, maltose, fucose, ribose, raminose, glicopirranose, piranose, D–frutose, D–arabinose, D–lactose, manose, n-acetilmonosamina, n-acetil-glicosamina, n-acetil-galactose e 500, 250 e 125 µg/mL para glicoproteína (fetuína) valores pré-estabelecidos de acordo com Gomes et. al., 2013. A inibição foi quantificada em razão da redução da AHE quando comparado com o controle negativo.

#### 4.6 Precipitação com Sulfato de Amônio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ a Partir do Extrato da *G. angustifolia*

Após a certificação da presença de lectina no extrato bruto obtido a partir do colmo da *G. angustifolia*, realizou-se uma precipitação salina com sulfato de amônio, como forma de eliminar parte das proteínas contaminantes, e concentrar a atividade lectínica. O fracionamento aplicado foi realizado em diferentes etapas de precipitação, submetendo à amostra a centrifugação refrigerada a 15000 xg (HERMLE- Z236K) a 4°C por 15 min. O volume inicial de extrato utilizado para a precipitação foi de 10 mL.

Durante a adição do sal, tomou-se a precaução de que este procedimento fosse

realizado de forma paulatina, e sob baixa agitação, visando uma solubilização uniforme, e uma maior separação das proteínas em função do grau de solubilidade. Após a precipitação, as amostras coletadas foram submetidas ao teste de atividade hemaglutinante, para verificar em qual fração estaria concentrada a lectina.

#### **4.7 Cromatografia líquida por afinidade**

Para a etapa de isolamento da lectina, foi utilizada a fração contendo a maior atividade hemaglutinante específica obtida a partir da etapa de pré-purificação do fracionamento salino (precipitado 20%), que foi aplicada em uma coluna cromatográfica (10 x 2,5 cm) em matriz de quitina (Figura 11) previamente hidratada com NaCl 0,15 M, seguida de 40 mL de tampão de equilíbrio Tris-HCl pH 8,0 50 mM, a um fluxo de 0,2 mL/min em 2 volumes de coluna. Em seguida utilizou-se como tampões de eluição 20 mL de Tris-HCl contendo NaCl 0,5M pH 8,0, 20 mL de ácido acético 0,5 M e 20 mL ácido acético 1 M sendo coletadas frações de 2 mL, a 25°C.

As amostras coletadas foram monitoradas em espectrofotômetro a 280 nm e avaliadas quanto à AH e dosagem proteica. As frações que apresentaram maiores AH foram dialisadas separadamente em membrana semipermeável com poros de 10 kDa de diâmetro contra solução tampão Tris-HCl pH 8,0 a 4° C durante 6 horas, com trocas a cada 2 horas, para remoção do ácido acético contidos nas amostras. Ao término do procedimento foi observado seu potencial bioquímico em aglutinar hemácias de coelho, assim como 16 mL foram acondicionadas em 3 tubos de vidros, vedadas com papel filme e congeladas. Em seguida foram submetidas ao processo de liofilização (modelo LS3000, Terroni científicos) por 24 horas.

As amostras foram ressuspensas em 1 mL de Tris-HCl 50 mM pH 8,0 e submetidas à análise em eletroforese para verificação da pureza da amostra.

## Figura 11- Cromatografia líquida em coluna de quitina



Fonte: elaborada pela autora, 2022.

### 4.8 Eletroforese SDS-PAGE

As amostras coletadas da cromatografia que apresentaram maiores atividades hemaglutinantes foram reunidas e submetidas à eletroforese para confirmar o grau de pureza da amostra e caracterizá-la quanto a massa molecular, utilizando gel de poliacrilamida (PAGE) contendo dodecilsulfato de sódio (SDS-PAGE) usando um gel a 10 % (p/v) sob condição não redutora e redutora em presença de  $\beta$ -mercaptoetanol (LAEMMLI,1970). Foi utilizado um padrão de massa molecular (2,5-200 kDa, Invitrogen) de forma a identificar, de modo aproximado, o perfil das massas moleculares das proteínas contidas no extrato orgânico. As bandas de polipeptídeos foram coradas com Coomassie Brilliant Blue (0,02 %, v/v) em ácido acético a 10 % (v/v) por 4h e, em seguida, revelado com solução descorante (10 % ácido acético, 40% de metanol e 50 % água mili-Q).

### 4.9. Avaliação do efeito da temperatura e do pH na AH

O teste de estabilidade térmica foi feito mantendo alíquotas de 200  $\mu$ L da amostra em tubos de 2,0 mL, a temperaturas que variaram gradativamente de 30 a

100 °C, em banho maria com água, durante 60 minutos. Após esse período as amostras foram centrifugadas (15.000 xg, 5 minutos, 25°C) para remover precipitados, caso fosse formado, e em seguida foi realizada a atividade hemaglutinante do sobrenadante e quantificado em razão do título.

O ensaio para avaliar a estabilidade da lectina purificada do colmo da *G. angustifolia* em diferentes valores de pH foi realizado com alíquotas de 1000 µL que foram colocadas em membranas semipermeáveis (poros de 12 kDa e diâmetro de 2,5 cm) para dialisar por 4 horas, com trocas a cada hora, contra vários tampões com pH variando de 3 a 12: Tampão Citrato-fosfato 100 mM (pH 4,0), Acetato de sódio 100 mM (pH 5,0 - 6,0) Fosfato de sódio 100 mM (pH 7,0), Tris-HCl 100 mM (pH 8,0) e Glicina-NaOH 100 mM (pH 9,0 a 12,0). Em seguida, todas as amostras foram submetidas aos testes de atividade hemaglutinante com suspensão (2,5 % v/v) de eritrócitos de coelhos, para verificação da melhor AH. Todos os ensaios foram feitos em triplicata.

#### **4.10 Avaliação do efeito do EDTA e de íons divalentes sobre AH**

A influência de cátions divalentes ( $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ) e do EDTA (agente quelante) para a atividade hemaglutinante foi determinada conforme adaptações do método de PAJIC et al. (2002). Alíquotas de 1000 µL da proteína foram colocadas em membranas semipermeáveis com poros de 12 kDa, apresentando diâmetro de 2,5 cm, e dialisadas por 4 horas, com troca a cada hora contra 5 mM de EDTA as soluções de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  a 10 mM. Alíquotas foram retiradas e avaliadas a atividade hemaglutinante.

#### **4.11 Análise fitoquímica qualitativa do extrato do colmo da *G. angustifolia***

Para identificar classes de compostos oriundos do metabolismo secundário no extrato aquoso de *G. angustifolia*, foi realizado uma análise fitoquímica qualitativa, conforme descrito por Matos (1988), sendo utilizado para cada processo metodológico o volume de 3 mL para a prospecção fitoquímica.

Baseado na metodologia adotada foi possível realizar a prospecção de compostos fenólicos, taninos, antocianinas e antocianidinas, flavonas, flavonóis, xantonas, chalconas, auronas, flavononóis, leconantocianidinas, catequinas,

flavononas, esteroides, triterpenoides e saponinas. As reações qualitativas foram avaliadas por meio da mudança de coloração decorrente da presença ou ausência dos compostos citados e, as análises, realizadas em triplicata.

#### 4.11.1 Testes para fenóis, taninos pirogálicos e taninos flobatênicos

Em um tubo de ensaio foram adicionadas três gotas de solução alcoólica de cloreto férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) e, após leve agitação, foi verificada a formação de precipitado e/ou mudança de coloração, como indicativo da presença/ausência dos compostos investigados (fenóis, taninos pirogálicos e taninos flobatênicos). A coloração entre o azul e o vermelho é indicativa da presença de fenóis; ao passo que o precipitado escuro de tonalidade azul confirma a presença de taninos pirogálicos (hidrolisáveis). Finalmente, a formação da coloração verde representa indicativo da presença de taninos flobafênicos (taninos condensados ou catéquicos). Para comparação, foi realizado teste em branco utilizando apenas água e o cloreto férrico.

#### 4.11.2 Teste para leucoantonocianidinas, catequinas e flavanonas

Para esta análise, foram preparadas duas soluções, uma ajustada a pH 2 com adição de HCl (0,1M) e a outra alcalinizada pH 11 pela adição de NaOH (0,1M). Ambas foram aquecidas com o auxílio de uma lamparina de álcool durante 3 min, onde posteriormente foi observada a variação na coloração, como indicativo da presença ou ausência dos compostos secundários.

#### 4.11.3 Testes para flavonóis, flavanonas, flavanonóis e xantonas

Em um tubo de ensaio contendo extrato aquoso da *G. angustifolia*, foi adicionado uma fita de magnésio e 1 mL de HCl concentrado. Após o término da reação, indicada pela efervescência, esta alíquota foi comparada com a alíquota acidulada do teste anterior 4.9.2 O surgimento ou a intensificação de cor vermelha indica a presença de flavonóis, flavononas, flavanonóis e/ou xantonas, livres ou seus heterosídeos.

#### 4.11.4 Teste para esteroides e triterpenoides

O resíduo seco liofilizado do extrato aquoso da *G. angustifolia* foi ressuspenso em 3 mL de clorofórmio e homogeneizado em um béquer. A solução foi filtrada e adicionado 1ml de sulfato de sódio anidro ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). Em seguida adicionado três gotas de ácido sulfúrico concentrado ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). A solução foi agitada novamente e observada a projeção de cores indicando: coloração azul evanescente seguida de verde permanente indicativa para presença de esteroides livres e, coloração parda até vermelha como indicativo de triterpenóides pentacíclicos livres.

#### 4.11.5 Teste para saponinas

O resíduo insolúvel em clorofórmio, separado no procedimento anterior (4.11.4), foi ressuspenso em 8 mL de água destilada e a solução filtrada para um tubo de ensaio. Agitou-se o tubo com a solução por 3 minutos e observou-se a formação de espuma, a qual se for persistente e abundante (colarinho) é indicativa da presença de saponinas (heterosídeos saponínicos).

### 4.12 Avaliação da atividade antioxidante

Para determinação da atividade antioxidante do extrato de colmo de *G. angustifolia*, foi avaliado o conteúdo de compostos fenólicos totais, seguindo a metodologia de Folin e a capacidade de captura do radical DPPH (2-difenil-1-picrilidrazil), determinando a cinética e a concentração efetiva para capturar 50% do radical (NUNES et al. 2012).

#### 4.12.1 Atividade de captura do radical livre DPPH

O extrato bruto do colmo da *G. angustifolia* foi submetido a análise da sua atividade antioxidante em diferentes concentrações, partido de soluções com concentração de 100 mg/mL a 700 mg/mL.

Esse método se baseia na transferência de elétrons de uma substância antioxidante para um radical livre, DPPH, que ao sofrer a redução, tem a coloração

alterada de púrpura para amarelo. O consumo de DPPH foi monitorado através da medida do decréscimo da absorvância das soluções em um espectrofotômetro UV-Vis Agilent 8453 G 1103A a 517 nm (BIANCO et al, 2010).

Para o preparo da solução de DPPH (marca: Sigma Aldrich) em tubo protegido de luz. Em seguida foi realizada a transferência do material pesado para um balão volumétrico homogeneizando em 100 mL de etanol absoluto e executou-se a leitura em espectrofotometro após 30 minutos. O procedimento foi realizado em triplicata e repetido com padrão de quercetina (3,74 µg/mL) e Trelox (4,09 µg/mL). Utilizou-se metanol como branco.

O percentual de redução do DPPH, que também pode ser denominado atividade de captura o radical livre, foi calculado utilizando-se a seguinte equação:

### **Equação de redução do DPPH**

$$\% \text{redução} = \frac{(A_{\text{controle}} - A_{\text{amostra}})}{A_{\text{controle}}} \times 100$$

Onde A controle= Absorvância da solução de DPPH;

A amostra=Absorvância da solução do extrato do colmo da *G. angustifolia* com DPPH após 30 minutos.

## **4.13 Ensaio de ecotoxicidade**

### **4.13.1 *Lactuca sativa***

Conforme apresentado no trabalho de Lyu e colaboradores (2018) a *Lactuca sativa* é considerada como modelo para teste de fito-toxicidade, sendo recomendada por diversas organizações internacionais (ISSO, EPA, OECD) para determinação dos efeitos ecológicos de substâncias tóxicas e padronização dos ensaios de toxicidade.

Neste trabalho foram preparadas placas de Petri contendo um papel filtro, nas quais foram adicionadas 5 mL de soluções contendo 25, 50, 75 e 100 ppm de extrato brutos do colmo da *G. angustifolia* acompanhados de grupos controles água destilada (EPA, 1996), NaCl 1, 2, 4, 8, 16mg/mL e Tris-HCl 50 mM, este foi utilizado como tampão para extração do pó do colmo da *G. angustifolia*. Em seguida, procedeu-se à

adição de 15 sementes de *L. sativa* para cada placa e foram armazenadas em caixas de isopor para evitar o contato com a luz durante um período de 8 dias.

Decorrido o período de incubação, as placas foram retiradas, e realizada à observação do total de sementes germinadas e medição do tamanho das radículas, sendo os valores utilizados para a determinação dos índices de germinação (IG) e crescimento relativo (ICR), com base nas Equações X e Y (YOUNG *et al.*, 2012).

#### **Equação X**

$$\text{ICR} = \text{CRA} / \text{CRC}$$

#### **Equação Y**

$$\text{IG} = \text{ICR} \times (\text{SGA}/\text{SGC}) \times 100$$

Onde CRA é o comprimento médio das radículas da amostra, CRC o comprimento médio das radículas do controle, SGA o número de sementes da amostra e SGC é o número de sementes germinadas do controle. A partir dos valores obtidos foram traçados os gráficos comparativos entre cada tratamento e o efluente a partir do software Excel®.

#### **4.13.2 *Artemia salina***

A *Artemia salina*, crustáceo que se desenvolve em ambientes com alto teor de sais foi selecionado para realização de ensaios bem difundidos na literatura (KUMAR *et al.*, 2016; CANSIAN *et al.*, 2017), onde foram adquiridos cistos de *A. salina* em loja especializada em produtos para aquário e levados ao Laboratório Eletroquímica Aplicada B (LEApB), para o experimento foi coletado água do mar oriunda da praia de Cruz das Almas – Maceió – AL.

A solução de água do mar foi previamente aerada durante 30 minutos e então realizada a incubação de 50 mg de cistos de *A. salina* por 48 horas em béquer, onde durante esse período os cistos foram mantidos em iluminação de 10 W (lâmpada de led), sendo realizado o controle de temperatura para manter a variação máxima entre 25 a 30 °C.

Foi coletado 10 mL de solução contendo 25, 50, 75 e 100 ppm de extrato do colmo da *G. angustifolia* em tudo de ensaio, em regime de quadruplicatas, assim como a realização de ensaios com grupos controles contendo água destilada (EPA, 1996),



NaCl 1, 2, 4, 8, 16mg/mL e Tris-HCl 50 mM, este foi utilizado como tampão para extração.

Após a eclosão das larvas foram dispensados cada tubo 10 larvas de *A. salina*, os quais permaneceram em contato com a solução durante um período de 24 horas. Após esse período, foi realizada a contagem de animais vivos e mortos expostos durante o bioensaio, sendo este comparado com um grupo controle que recebeu apenas 10 mL de água do mar (ABNT, 2016) e tampão Tris-HCl 50 mM pH 8,0, meio de extração utilizado junto ao pó do colmo do bambu. Foram considerados vivos os organismos que apresentaram movimento quando observados próximos à fonte luminosa durante dez segundos.

A partir da verificação da mortalidade das espécies de teste foi determinada a CL50 para as amostras em estudo por meio do tratamento estatístico usando o software GraphPad Prism® 6.0. Os resultados obtidos foram expressos graficamente a partir do percentual das concentrações das amostras do colmo da *G. angustifolia*, em mg/L, necessária para provocar a morte de 50% dos indivíduos.

Todavia, para os casos em que não houve a possibilidade de determinação da CL50 em virtude do baixo efeito tóxico, procedeu-se à apresentação dos dados por meio de tabelas comparando o total de larvas vivas expostas as amostras com extrato do bambu e tratados após o período de 24 horas.

#### **4.14 Bioensaios**

##### **4.14.1 Análises de bioensaio com inseto adulto do *T. castaneum***

###### **4.14.1.1 Preparo das soluções testadas nas análises de bioensaio**

O extrato do colmo da *G. angustifolia*, descrito no item 4.2 foi pesado, para se obter as doses de 25, 50 e 100 mg de extrato/mg de farinha de trigo comercial da marca Sarandi sem fermento, seguindo a metodologia adotada por Napoleão et. al., (2013). Para a lectina GaL foram utilizadas as doses de 0,50 mg ; 0,75 mg ; 1 mg. Em seguida, os volumes das soluções foram completados para 5 mL com tampão de extração e lectina misturados em 2g de farinha, a fim de serem pipetados nas placas com os insetos (como descrito posteriormente).

#### 4.14.1.2 Obtenção dos insetos utilizados no bioensaio

Os insetos de *T. castaneum* utilizados neste trabalho foram obtidos de uma colônia do Laboratório de Bioquímica e Fisiologia de Insetos da Universidade Federal de Alagoas. As colônias foram mantidas a 30 °C com umidade relativa entre 70 e 80% e fotoperíodo claro/escuro de 12h. Nos experimentos foram testados os insetos adultos coletados após 14 dias após a coleta dos ovos. A utilização dos insetos foi autorizada pelo SISGEN (processo n. A375285)

#### 4.14.1.3 Avaliação da atividade inseticida do extrato e GaL

Após o preparo das concentrações a serem avaliadas, 5 alíquotas de 200µL da suspensão foram colocadas na placa de Petri e incubadas a 46 °C por 12 horas (Figura 12). Após este período foram adicionados 10 insetos adultos de *T. castaneum*.

A mortalidade ao longo do tempo (durante 30 dias ou até a morte de 100% dos indivíduos) foi avaliada sendo considerados mortos quando não respondiam aos estímulos táteis. O ensaio foi realizado em quadruplicata e os controles negativos foram realizados com o tampão de extração, Tris-HCl 50mM pH 8,0.

**Figura 12 - Bioensaio utilizando oferta de dieta com extrato do colmo da *G. angustifolia* e GaL em placa de petri ao inseto adulto *T. castaneum***



Fonte: elaborado pela autora, 2022

#### 4.14.1.3.1 Efeitos sobre a deterrência, taxa de consumo relativo, sobrevivência e índice nutricional

Utilizando a metodologia descrita no item 4.14 foi possível avaliar o índice de deterrência do extrato de *G. angustifolia* e GaL por um período de 30 dias ininterruptos, através de sua incorporação à dieta artificial. O índice de deterrência (ID) foi determinado pelo seguinte equação matemática:  $ID (\%) = 100 \times (A-B)/(A)$ , onde A é a massa de alimento ingerida pelo inseto no ensaio controle, e B é a massa de alimento ingerida pelo inseto no ensaio com o extrato do colmo da *G. angustifolia* e GaL. As amostras com base na deterrência alimentar classificam-se em: sem deterrência alimentar ( $IDA < 20\%$ ), fraca deterrência alimentar ( $50\% > IDA > 20\%$ ), moderada deterrência alimentar ( $70\% > IDA > 50\%$ ), ou forte deterrência alimentar ( $IDA > 70\%$ ) (Liu et al., 2007).

Foram também avaliados os índices nutricionais: (1) taxa de consumo relativo =  $C/(D \times \text{dias})$ , onde C é a massa do alimento ingerido em mg e D corresponde à biomassa inicial do inseto em mg; (2) taxa de crescimento relativa =  $E/(D \times \text{dias})$  em que E corresponde à biomassa obtida em mg; (3) eficiência de conversão do alimento ingerido =  $E/(C \times 100)$ .

#### 2.14.1.3.2 Avaliação da taxa de eclosão de larvas do inseto adulto do *T. castaneum*

Durante a realização do bioensaio foi avaliado a capacidade de reprodução dos insetos após 30 dias na dieta artificial contendo extrato de *G. angustifolia* e GaL, sendo avaliada a contagem do número de larvas que emergiram durante o bioensaio. Todos os testes foram realizados em quadruplicata com um tampão Tris-HCl 50mM pH 8,0 como controle negativo.

#### 4.14.1.3.3 Determinação da proteína, glicose, colesterol e triglicerídeos

Os insetos foram avaliados após o término do bioensaio ao serem expostas a dieta adicionada a diferentes doses de extrato bruto do colmo da *G. angustifolia* e GaL. Para esta avaliação, 10 insetos foram macerados em 600  $\mu\text{l}$  de tampão Tris-HCl

50mM. Em seguida, o homogenato foi centrifugado por 15 min a  $10.000 \times g$  a  $4^{\circ}\text{C}$  e o sobrenadante foi coletado.

As amostras foram quantificadas pelo método de Bradford (1976) para quantificação de proteínas com albumina sérica bovina (BSA) como proteína padrão (0,009-250  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ). Para as análises de glicose, colesterol e triacilglicerol, foi utilizada a metodologia padrão dos kits comerciais (Labtest Diagnóstica S.A., Lagoa Santa, Brasil). Todos os testes foram realizados em quadruplicata com um tampão Tris-HCl 50mM pH 8,0 como controle negativo.

#### 4.14.3.4 Análise Estatística

Os resultados das análises inseticida obtido com extrato aquoso da *G. angustifolia* e GaL foram estatisticamente avaliados por método ANOVA a fim de analisar os pressupostos paramétricos de normalidade e homogeneidade das variâncias dos resíduos, e uma vez esclarecidos foram aplicados testes de detecção de diferença significativa, assim como a comparação entre tratamentos pelo teste de *Tukey* utilizando o software GraphPad Prism versão 6.0.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Extração do colmo da *G. angustifolia*

Os resultados obtidos a partir da análise da quantificação proteica e AHE dos extratos aquosos do colmo da *G. angustifolia* frente às diferentes soluções de extração testadas estão apresentadas na tabela 2.

**Tabela 2 -Teste hemaglutinante e quantificação proteica do extrato**

MEIO DE EXTRAÇÃO	PROTEINA TOTAL (MG)	AH	AHE
TRIS-HCL 50MM pH8,0	0,59	64	108,47
NACL 0,15M	0,13	8	60,15
NAH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0,5 M pH 7,2	0,15	8	52,28

Fonte: elaborado pela autora, 2022

A escolha do meio e as condições de extração devem ser selecionadas a fim de obter maior solubilização da biomolécula-alvo em sua forma ativa em solução extratora. Dentre os meios estudados o Tris-HCl 50mM pH 8,0 apresentou maior eficiência ao ser observado que, em 10g de pó do colmo do bambu obteve-se uma maior quantificação de proteína total (0,59 mg) e uma AHE de 108,47.

Diversos são os trabalhos reportados na literatura envolvendo a utilização de Tris-HCl como meio de extração proteica (PAN et al., 2010; KOOSHA et al., 2013; FERRERAS et al., 2021), etapa primordial para o estudo do potencial biológico do vegetal. A identificação da AHE no extrato obtido com o colmo da *G. angustifolia* reforça a possibilidade da existência de lectina na amostra estudada, importante passo para confirmação da sua presença e para avaliar o potencial inseticida frente ao inseto adulto do *T. castaneum*.

### 5.1.1 Análise fitoquímica do extrato aquoso do colmo da *G. angustifolia*

Após a obtenção do extrato bruto do colmo do bambu, de acordo com o procedimento descrito em 4.2, foi realizada análise fitoquímica, no qual revelou a presença de diversas classes de metabólitos secundários, conforme apresentado na tabela 3.

A amostra estudada apresentou importantes compostos como taninos flobafênicos, flavonas, flavonóis, xantonas, flavononas, esteróides e saponinas (RODRIGUEZ-CASADO, 2016).

**Tabela 3 - Análise qualitativa dos principais componentes fitoquímicos do extrato aquoso de *G. angustifolia***

COMPONENTES FITOQUÍMICO	EXTRATO DE <i>G.</i> <i>angustifolia</i>
Fenóis	-
Taninos pirogálicos	-
Taninos flobafênicos	+
Antocianina e antocianidina	-
Flavonas, flavonóis e xantonas	+
Flavononóis	-
Chalconas e auronas	-
Flavononas	+
Leucoantocianidinas	-
Catequinas	-
Flavononas	-
Esteroides	+
Triterpenóides	-
Saponinas	+

**Teste positivo (+). Teste negativo (-)**

Fonte: elaborado pela autora, 2022

As gramíneas são fontes de importantes estudos fitoquímicos, principalmente em vegetais prontos para consumo e de importante suplementação alimentar como trigo, arroz e milho (BENINCASA et al, 2020; SEM; CHAKRABORTY; KALITA, 2020; DURU, 2020). Assim como identificado neste trabalho, Zhang e colaboradores (2010) evidenciaram a presença de flavonóides no colmo da espécie de bambu *Phyllostachys nigra* var. *henonis*, onde foi evidenciado que o extrato obtido da folha do bambu não

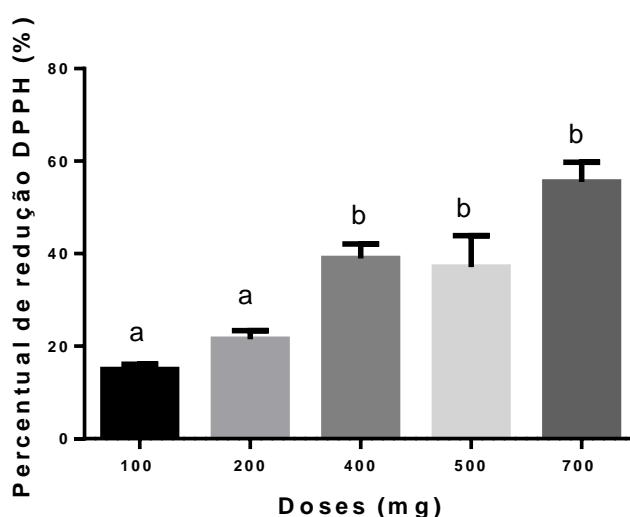
apresentava toxicidade alimentar, sendo uma importante alternativa de aplicação na área industrial, como nutracêutico e conservante de alimentos.

É possível identificar várias espécies de vegetais que apresentam atividade antioxidante e inseticida no qual podem ser atribuídas à ação isolada ou sinérgica de metabólitos secundários (GOMES et al., 2016), como as saponinas, flavonoides e fenóis descrito por Adusei et al (2019). Já os taninos e esteróides encontrados em extratos vegetais são descritos como tendo potencial inseticida, atuando com uma importante ação deterrente, interferindo no crescimento, sobrevivência e reprodução de insetos (STRONG, et al., 1984; SANTOS, et al., 2007, PAIVA et al., 2012; FONSECA et al., 2018).

### 5.1.2 Resultados da análise antioxidante do extrato do colmo da *G. angustifolia*

Os experimentos envolvendo o potencial antioxidante frente ao DPPH da amostra estudada demonstraram um aumento no efeito dose-resposta onde o aumento do percentual de sequestro do radical DPPH com o aumento da dose da amostra, atingindo 50% ao avaliar a dose de 700 mg/mL (Figura 13).

**Figura 13 - Atividade sequestradora de radicais DPPH em amostras do extrato do colmo da *G. angustifolia***



Fonte: elaborado pela autora, 2022. Cada barra corresponde à média  $\pm$  de quatro repetições. Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos pelo teste de Tukey.

Gong et al (2016) apresentam que o aumento gradativo da concentração do extrato do colmo do bambu rico em compostos fenólicos, após extração com éter dietílico, atingiu um percentual de 83% de eliminação de radicais livres na presença de DPPH na concentração de 8 µg/mL. A diferença na forma de extração dos compostos utilizada no presente trabalho, extração aquosa, provavelmente tenha relação com a diferença entre os resultados obtidos.

A escolha por extração em solventes aquosos deu-se porque objetivava-se também extrair lectina. Solventes aquosos são mais adequados para a extração de proteínas na sua forma ativa (LUCARINI et al., 2008). Além disso, como pretendia-se empregar o extrato na avaliação inseticida, solventes aquosos são potencialmente menos tóxicos ao meio ambiente e, portanto, apresentariam maior potencial biotecnológico (JOSHI et al., 2019; TAVARES et al., 2021).

Utilizando metodologia similar a aplicada no experimento com o colmo da *G. angustifolia*, duas importantes espécies de bambus encontrados na América do Sul também demonstram existir atividade antioxidante na presença de DPPH em folhas de *G. angustifolia* e *Bambusa nutans* (VALENCIA et al., 2011; THIPATHI et al., 2015).

Em nossos experimentos, o extrato do colmo da *G. angustifolia* apresentou importantes compostos fenólicos em sua análise fitoquímica, sendo uma importante evidência para justificar sua propriedade antioxidante. Resultado similar também foi encontrado por Lu et al, (2005) onde compostos polifenólicos, como flavonóides, foram identificados em folhas da espécie de bambu *Phyllostachys nigra* var. *henonis*.

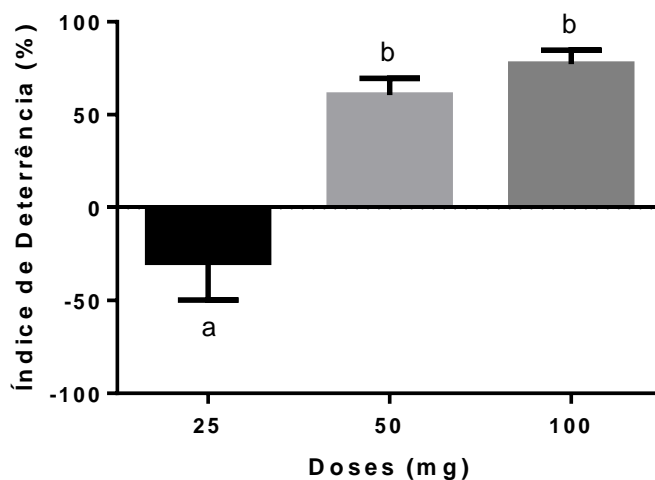
A espécie estudada apresentou importantes compostos de interesse agrícola e terapêutico o que a torna uma amostra promissora para estudos fitoquímicos quantitativos e de suas aplicações biotecnológicas com potencial inseticida e antioxidante (RODRIGUEZ-CASADO, 2016; ALSEEKH, et. al., 2020; KUNATSA et al., 2020).

### 5.1.3 Resultados dos Bioensaios com o extrato do colmo da *G. angustifolia*

O resultado obtido a partir da ingestão do extrato aquoso do colmo da *G. angustifolia* durante 30 dias de experimento refletiu na mudança do desenvolvimento dos insetos adultos de *T. castaneum*, foi observada uma diminuição do consumo relativo da dieta, mostrando ser moderadamente deterrente (Figuras 14).



**Figura 14 - Deterrência alimentar dos insetos adultos de *T. castaneum* tratados com diferentes doses do extrato de *G. angustifolia*.**

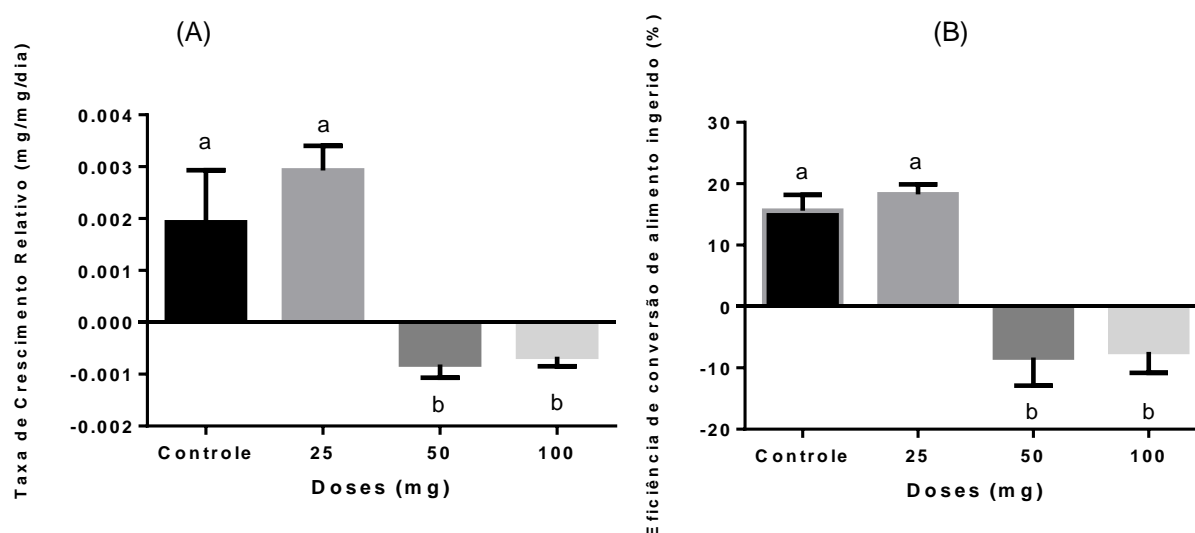


Fonte: elaborado pela autora, 2022. Cada barra corresponde à média  $\pm$  DP de quatro repetições. Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos pelo teste de Tukey.

Os dados obtidos no gráfico de crescimento do inseto e conversão em biomassa da dieta ofertada corroboram com as alterações no consumo relativo do alimento (Figura 15 A e B). Foi possível observar que, ao término do bioensaio, os resultados obtidos nas maiores doses estudadas, 50 e 100 mg, foram significativamente iguais ( $p < 0,05$ ). Os insetos apresentaram redução da taxa de crescimento relativo (figura 15 A) não conseguindo converter o alimento em biomassa (Figura 15 B), obtendo valores negativos quando comparados ao grupo controle.

Semelhante a esse resultado, também foram detectados a perda de biomassa e mortalidade nos bioensaios envolvendo adultos *S. zeamais* submetidos à dieta com ar-turmerona isolada do óleo essencial do rizoma *Curcuma longa* (Zingiberaceae) (TAVARES *et al.*, 2013) importante inseto praga de cultivares de milho.

**Figura 15 - Parâmetros nutricionais de adultos de *T. castaneum* mantidos em dietas artificiais constituídas por discos de farinha de trigo preparados com Tris-HCl 50 mM (controles) ou extratos do colmo da *G. angustifolia*. A taxa de crescimento relativo (A) indica a quantidade de biomassa em mg obtida todos os dias por mg de peso corporal inicial (B) (%) indica a quantidade de alimento ingerido pelos insetos como biomassa.**

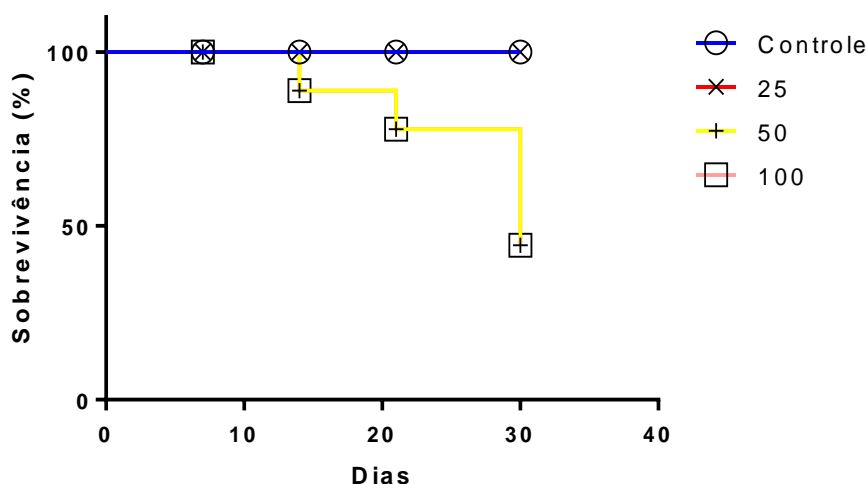


Fonte: elaborado pela autora, 2022. Cada barra corresponde à média  $\pm$  DP de quatro repetições. Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos pelo teste de Tukey.

Foi observado uma taxa de mortalidade de 50% ao longo de 30 dias de exposição com a dose de 50 mg e 100 mg (Figura 16). A dose de 25 mg não causou mortalidade no inseto.

O uso de metabólitos secundários são uma das alternativas empregada para o controle de insetos-praga sendo responsável por afetar seu hábito alimentar e sobrevivência (CAMAROTI et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2020). Saponinas, detectadas no extrato de colmo de *G. angustifolia*, são reportadas na literatura com potencial inseticida, como nos estudos apresentados por SANTIAGO et al., 2005, possuindo dose letal 18,6  $\mu\text{g/mL}$  para o estado larval de *Aedes aegypti* obtidas a partir do extrato da planta *Pentaclethra macroloba*.

**Figura 16 - Sobrevivência dos adultos de *T. castaneum* tratados com diferentes doses do extrato o colmo da *G. angustifolia* expressos pela curva de Kaplan-Meier**



Fonte: elaborado pela autora, 2022

A presença de taninos e saponinas atuam como um importante composto fagoinibidor presente em extratos vegetais e responsáveis pelo potencial inseticida em diferentes bioensaios (SHANTIBALA et al, 2012; GUIMARÃES et al., 2014). Além disso, a presença destes metabólitos secundários apresentou uma importante ação deterrente, como observado no bioensaio utilizando o extrato das sementes *M. oleifera* frente ao inseto *S. zeamais* (DE OLIVEIRA et al. 2020).

Efeitos citotóxicos e antimicrobianos atribuídos as saponinas por interagir com as membranas celulares, provoca a indução da formação de poros e causando distúrbios na permeabilidade celular (WINK, 2003) ou seja, a amostra estudada apresenta substâncias sintetizadas pertencente ao metabolismo secundário com importante ação biológica contra pragas que infestam grãos armazenados (SCHWAN-ESTRADA et al., 2005).

Já os compostos fenólicos também apresentaram potencial antimicrobiano sendo sugerido como mecanismo de ação a capacidade de ligações a adesinas e complexação a parede celular do microrganismo (COWAN, 1999), interagindo com várias proteínas através de ligações de hidrogênio ou interações iônicas e induzindo alterações conformacionais que podem levar à perda da atividade e função das

proteínas (PAIVA et al., 2012). Tais substâncias podem ser responsáveis por alterar a microbiota que habita o intestino do inseto, alterando sua fisiologia e contribuindo para a deficiência do crescimento do inseto (JARUSEVICIUS, 2018).

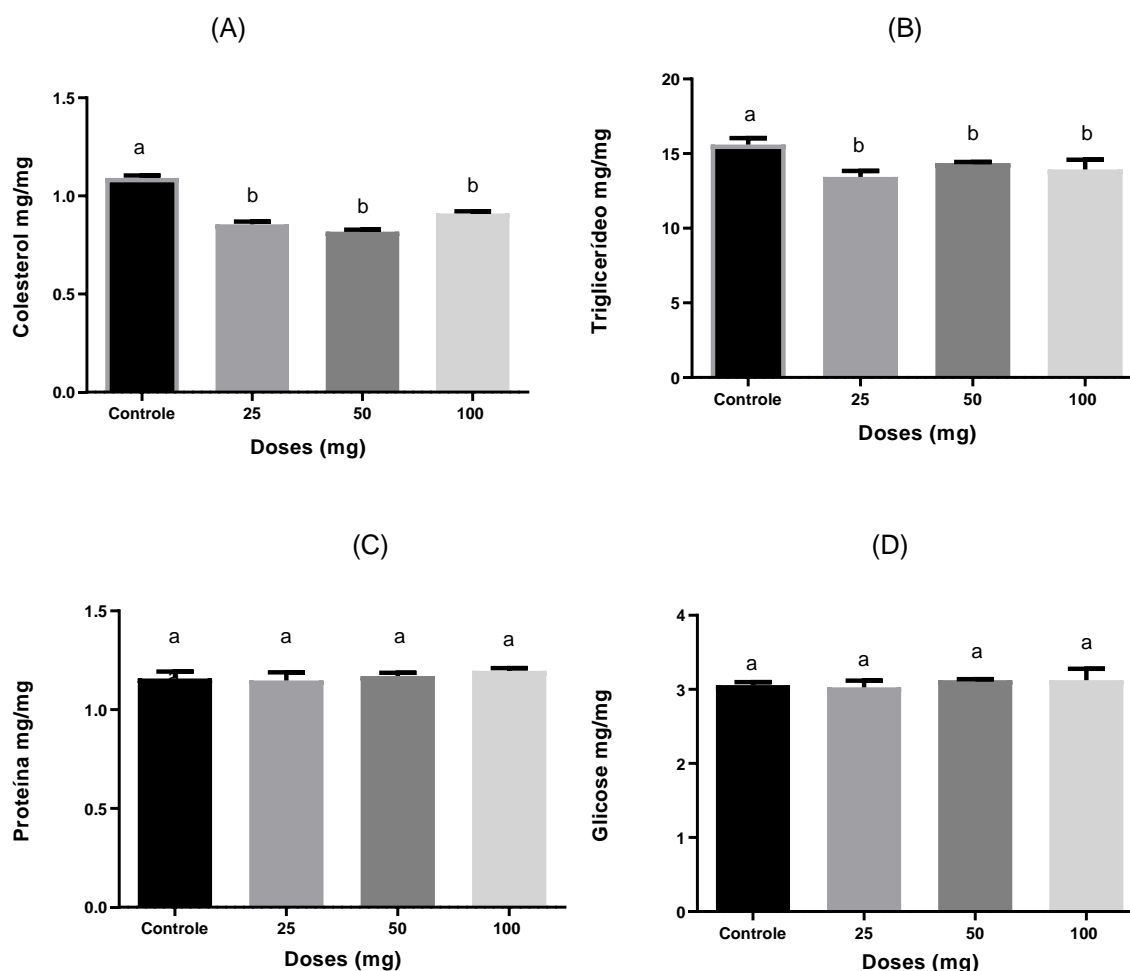
Além dos metabólitos secundários, o extrato aquoso do colmo de *G. angustifolia* contém lectina, como mostrado no presente trabalho. As lectinas também podem interferir nos aspectos nutricionais e levar prejuízo no seu desenvolvimento ou ainda a mortalidade de insetos.

#### 5.1.4 Alteração metabólica do *T. castaneum* mantido em dieta artificial

A determinação dos teores de proteína, glicose, colesterol e triglicerídeos mostrou nas doses analisadas houve uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) nas dosagens de colesterol e triglicerídeos quando comparadas ao grupo controle. Não apresentando diferença significativa nos parâmetros proteína e glicose quando comparada ao grupo controle (Figura 17).

Apesar do conhecimento acerca do metabolismo lipídico do inseto ser ainda limitado, a absorção acontece pelas células do epitélio intestinal, penetram na hemolinfa e em seguida são distribuídos em todo o organismo (ATELLA e colaboradores, 2012). Dessa forma sugere-se que ao longo dos 30 dias de bioensaio possa ter houve uma mobilização das reservas lipídicas para atender às necessidades do inseto, já que o extrato do colmo da *G. angustifolia* apresentou ação moderada deterrente.

**Figura 17 - Perfil bioquímico de adultos de *T. castaneum* tratados com diferentes dieta artificial contendo extrato do colmo da *G. angustifolia*. (A) Colesterol; (B) Triglicerídeo; (C) Proteína; (D) Glicose.**

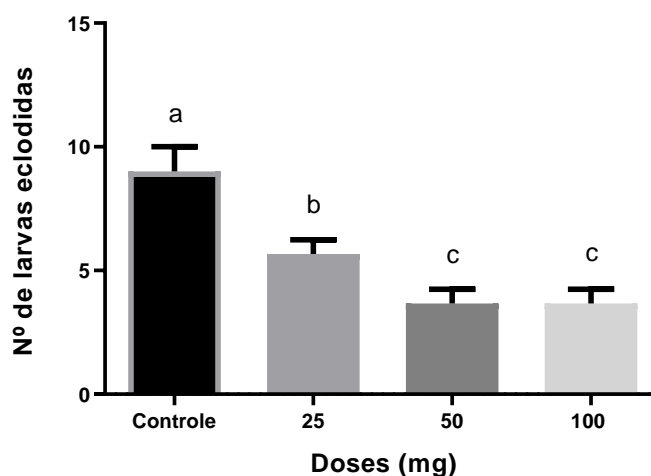


Fonte: elaborado pela autora, 2022. Letras diferentes indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos pelo teste de Turkey ( $n=4$ ).

#### 5.1.5. Efeito do extrato de *G. angustifolia* na eclosão de larvas do *T. castaneum*

Nos experimentos envolvendo a análise de eclosão de larvas, foi possível observar uma redução significativa ( $p < 0,05$ ) na porcentagem de larvas eclodidas em todos os tratamentos em relação ao controle. As maiores doses estudadas (50 e 100 mg) apresentaram 60% de redução da eclosão larval quando comparados ao grupo controle (Figura 18).

**Figura 18 - Inibição da eclosão de larvas de *T. castaneum* tratados com diferentes doses do extrato do colmo da *G. angustifolia***



Fonte: elaborado pela autora, 2022. Letras diferentes indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos pelo teste de Turkey ( $n=4$ ).

Para que os insetos realize a oviposição é preciso que haja o acúmulo de uma grande quantidade de reservas nutritivas como proteínas, carboidratos e lipídeos necessários para o desenvolvimento do embrião (ATELLA e colaboradores, 2012). Assim com o extrato do colmo da *G. angustifolia*, o extrato da casca *Genipa americana* também apresentou redução no número de larvas de *T. castaneum* em bioensios no decorrer de 28 dias (LIMA et al., 2020) contribuindo para a redução da proliferação do inseto em ambiente laboratorial.

Panizzi (2009) descreve que para manter a fisiologia regular, os insetos necessitam de lipídeos para sua sobrevivência, como no caso das fêmeas que utilizam reserva lipídica para os maturação dos ovócitos ou ainda em casos de processo de muda que requer um alto custo energético e para crescer e aumentar o peso necessita aumentar as reservas energéticas.

#### 5.1.6 Avaliação de toxicidade através do bioindicador

##### 5.1.6.1 Taxa de sobrevivência da *A. salina* e avaliação da germinação e crescimento de hipocótilos e radículas de *L.sativa*



Resultados diferentes foram encontrados em estudos conduzidos por Napoleão (2013) onde o extrato da folha de *Schinus terebinthifolius* apresentou toxicidade em bioensaios envolvendo *A. salina*, sendo considerado não seguro para ambientes que contenham água e alimentos para consumo humano.

A forma com que os extratos foram avaliados, através de incorporação em dietas artificiais (TAVARES et al, 2021) , permite com que elas possam ser aplicadas futuramente na forma de iscas dietéticas em, por exemplo, galpões e armazéns, a fim de conferir resistência aos grãos armazenados contra insetos. Pode-se ainda no futuro acrescentar nas preparações estimulantes de apetite como óleo de semente de algodão, ésteres de ácido graxo de fitol, ésteres de ácido graxo de geraniol geraniol, extratos de plantas, álcoois de plantas e suas combinações para aumentar a atração do inseto alvo (SANTOS, 2007; MENGES et al., 2014; EL-SHAFIL; FALEITO; 2017).

Diante do exposto, é válido ressaltar a importância do uso da amostra estudada, na qual apresenta substâncias naturais pertencentes ao metabolismo primário e secundário com importante ação biológica contra pragas que infestam grãos armazenados (SCHWAN-ESTRADA et al., 2005).

## **5.2 Isolamento da lectina (GaL)**

### **5.2.1 Fracionamento salino do extrato da *G. angustifolia***

Após a definição do meio de extração com maior capacidade de obtenção da lectina, essa amostra foi submetida ao processo de fracionamento salino com sulfato de amônio, como pode ser observado na tabela 4.



**Tabela 4 - Concentração e AHE das frações oriundas do fracionamento salino com sulfato de amônio -  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  frente a amostra do extrato do colmo da *G. angustifolia***

AMOSTRA	PROTEÍNA (MG)	AH	AHE
Extrato	29,565	64	108,47
F1- F0-20% (precipitado)	1,653	128	387,87
F2- F20-40% (precipitado)	0,980	-	-
F3- F40-60% (precipitado)	0,708	-	-
F4- F60-80% (precipitado)	0,551	-	-
F5 – F80-100% (precipitado)	0,398	-	-

Fonte: elaborado pela autora, 2020. AH: atividade hemaglutinante. AHE: atividade hemaglutinante específica.

Após as etapas realizadas de fracionamento salino foi possível observar que a AHE ficou concentrada na fração 20%, obtendo um acréscimo 3 vezes maior quando comparada ao material de partida. Acredita-se que o processo de pré purificação tenha contribuído para a eliminação de compostos metabólitos encontrados no extrato bruto (GOMES et al, 2012), como os taninos identificados na amostra estudada.

Para a etapa de pré-purificação, o extrato bruto do colmo da *G. angustifolia* foi submetido as propriedades que o sulfato de amônio possui, favorecem a agregação dos resíduos hidrofóbicos, auxiliam no processo de concentração da amostra (LUCARINI et al., 2008). Outras lectinas também foram purificada utilizando tal técnica contribuindo para as próxima etapa cromatográfica (CRUZ, et al., 2015; NAIK et al., 2017; NUBI et al., 2021).

As propriedades que o sulfato de amônio, favorecem a agregação dos resíduos hidrofóbicos, auxiliam no processo de concentração da amostra, sendo uma importante etapa no processo de pré-purificação (LUCARINI et al., 2008). Cavada (2019) também utilizou sulfato de amônio, encontrando a fração ideal a 60% de saturação para concentrar a amostra vegetal de semente de *Parkia panurensis* antes da etapa cromatográfica de purificação da lectina PpL, que utilizou dois passos cromatográficos em coluna sepharose-manose e dietilaminoetilcelulose (DEAE).

### 5.2.2 Avaliação da especificidade da lectina do colmo da *G. angustifolia* a carboidratos e glicoproteínas

Lectinas são capazes de reconhecer e se ligar de forma reversível e específica a mono, oligo ou polissacarídeos, bem como a glicoconjugados. A Tabela 5 demonstra dentre os carboidratos e glicoproteínas testados, o monossacarídeo N-acetilglicosamina, o dissacarídeo maltose e a glicoproteína fetuína inibiram a atividade hemaglutinante da amostra estudada, realizando uma redução da AH de 64 para 2. Os demais carboidratos testados não inibiram (NI) a atividade hemaglutinante.

**Tabela 5 - Teste de inibição da atividade hemaglutinante do extrato bruto de *G. angustifolia* por carboidratos e glicoproteína**

LIGANTE	ATIVIDADE HEMAGLUTINANTE DO EXTRATO
D-Frutose	NI
D-Ribose	NI
D-Glicose	NI
D-Arabinose	NI
D-Fucose	NI
D-Galactose	NI
D-Manose	NI
Raminose	NI
Piranose	NI
Glicopiranose	NI
N-acetilglicosamina	2
N-acetilmonosamina	NI
N-acetilgalactosamina	NI
D-Maltose	2
D-Lactose	NI
Fetuína (glicoproteína)	2

Fonte: elaborado pela autora, 2022. NI: não inibiu

Outras lectinas apresentam a mesma característica quanto à especificidade ao N-acetilglicosamina. A PgTeL, extraída do fruto da *Punica granatum*, apresentou uma forte inibição em sua atividade hemaglutinante quando tratada com 200 mM do carboidrato (SILVA et al., 2016).

Tal propriedade norteia a escolha da matriz de quitina, composta por longas cadeias de N-acetilglicosamina, para o próximo passo, o isolamento da lectina do colmo da *G. angustifolia*, assim como também estimula a avaliação da lectina na ação inseticida. A literatura relata diversas lectinas com especificidade ao N-acetilglicosamina com ação inseticida contra insetos da ordem Coleoptera. WSMoL diminuiu a taxa de ganho relativo de biomassa e a eficiência na conversão de alimentos ingeridos, o que pode ter impactos a longo prazo ao inseto *S. zeamais*. A ação de enzimas intestinais ( $\beta$ -glicosidase e  $\alpha$ -amilase) dessa mesma espécie de inseto foi reduzida em presença da lectina do rizoma de *Microgramma vacciniifolia* (MvRL). Ambas as lectinas são reconhecedoras de N-acetilglicosamina e foram isoladas em coluna de quitina (ALBUQUERQUE et al., 2020; DE OLIVEIRA et al., 2020).

### 5.2.3 Purificação da GaL

O resumo do perfil de purificação está descrito na tabela 6, onde pode ser observado os teores de proteína, AH, AHE e grau de purificação da nova lectina. A lectina foi purificada com uma única etapa de cromatografia em coluna de quitina, equilibrada com Tris-HCl 50 mM pH 8,0, sendo possível observar a formação de um pico proteico com atividade hemaglutinante eluído com ácido acético 0,5 M. A amostra ao ser submetida ao ensaio de AH apresentou um título com um valor de 64 e após a diálise de 2 horas em Tris-HCl 50 mM pH 8,0 apresentou uma queda na titulação para 32 (Figura 20).

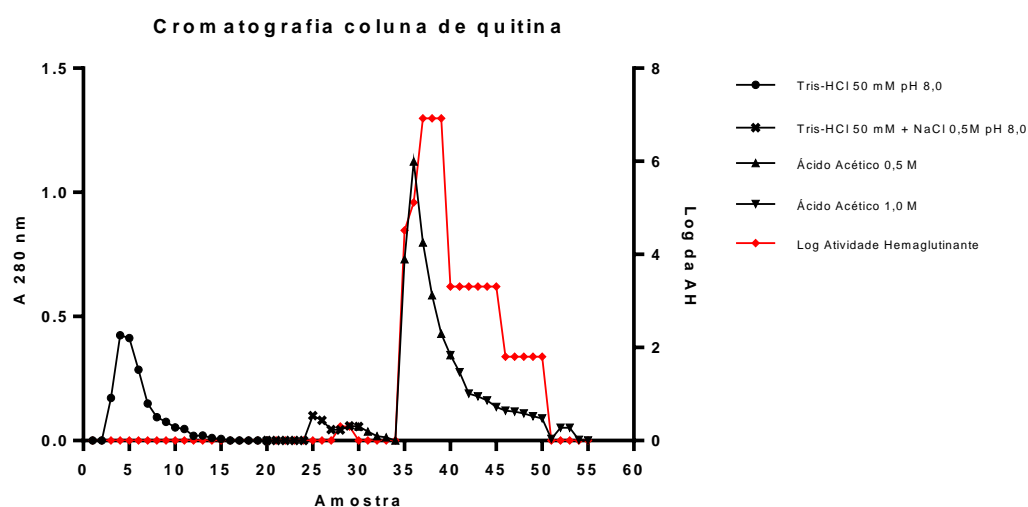
**Tabela 6 - Purificação da proteína do colmo da *G. angustifolia***

AMOSTRA	PROTEÍNA(mg)	AH	AHE (HAU/mg)	FATOR DE PURIFICAÇÃO	RENDIMENTO (%)
<b>EXTRATO BRUTO</b>	29,564	64	108,47	1	100
<b>F 20%</b>	1,653	128	387,20	1,0	20
<b>GaL</b>	0,88	32	2935,80	7,5	80

Fonte: elaborado pela autora, 2022. AH: atividade hemaglutinante. AHE: atividade hemaglutinante específica. HAU/mg: unidade de atividade hemaglutinante específica/miligrama.

Com rendimento total de 80%, a lectina purificada apresentou uma AHE de 2935,80 HAU/mg. A partir de 10 g do colmo do bambu foi possível isolar 0,088 mg de GAL com um rendimento de 80% e um fator de purificação de 7,5 vezes em relação ao extrato bruto. A partir do perfil de eluição da lectina, foi obtido um pico com uma AH de 32 unidade de hemaglutinação. No processo de purificação da GaBL também foi possível observar um acréscimo no rendimento ao analisar o extrato bruto (100%), fração 20 (40%) e GaBL (100%) (COSTA et al 2018). Esse acréscimo pode ser decorrente da remoção durante o processo cromatográfico de algum agente presente na fração que estava interferindo na atividade hemaglutinante da lectina. Gomes e colaboradores (2013) relatam que compostos fenólicos podem formar complexos insolúveis com proteínas, interferindo com sua atividade biológica. Na análise fitoquímica realizada anteriormente foi verificada a presença de fenóis no extrato.

**Figura 20 - Perfil de eluição da lectina purificada GaL por Cromatografia em coluna de quitina**



Fonte: elaborado pela autora, 20

A cromatografia apresentou boa resolução, obtendo um pico em absorbância a 280 nm na mesma região que apresentou atividade hemaglutinante, nas frações 34 a 50 (figura 20). Foi possível identificar diversos trabalhos envolvendo a utilização de cromatografia em matriz de quitina para purificação de proteínas de origem vegetal, como exemplos podemos citar a lectina MvRL (isolado do rizoma *Microgramma*

*vaccinifolia*) (ALBUQUERQUE et al., 2012), Copel, Stell (isolada da folha da *S. terebinthifolius* e WSMol (isolada da semente *Moringa oleifera*) (ALBUQUERQUE et al., 2012; GOMES et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2017) e lectinas de cogumelo *Boletus edulis* (REID et al., 2022).

As lectinas vegetais estão entre as primeiras proteínas a serem purificadas e caracterizadas associando a técnicas de cromatografia de afinidade, sendo uma ferramenta de escolha para obter preparações altamente purificadas, permitindo a caracterização bioquímica das proteínas e determinação de suas atividades biológicas (SILVA et al., 2016; DE CONINCK; VANDANNE, 2021).

A fração obtida da lectina isolada foi denominada de GaL e a pureza do material foi evidenciada em eletroforese em gel de poliacrilamida, em condição desnaturante (SDS-PAGE) e redutoras.

#### **5.2.3.1 Eletroforese em gel de poliacrilamida com SDS (SDS-PAGE).**

Na figura 21 pode ser visualizado, da esquerda para direita, na canaleta 1 a massa molecular padrão (MM) e, na canaleta 2, a proteína isolada. A metodologia proposta favoreceu a purificação da proteína do colmo da *G. angustifolia* em um só processo cromatográfico, sendo visualizado a massa da proteica purificada estimada em aproximadamente 18,4 kDa.

Semelhante a este resultado, destacam-se os trabalhos com lectinas isolada de conchas o mar *Ruditapes philippinarum* onde a proteína isolada apresentou um peso molecular de 17,7 kDa (ZHANG et al., 2019), a da flor da espécie *Chondrilla caribensis* 17 kDa (MARQUES et al, 2018) do broto de uma importante espécie de bambu, *Phyllostachys pubescens* com 13 kDa (KAWAGISHI et al., 2001) e raiz de *Microgramma vaccinifolia* com 17 kDa (ALBUQUERQUE et al., 2012) .

Já na ausência de  $\beta$ -mercaptanol a amostra não conseguiu penetrar no gel de poliacrilamida, não sendo possível visualizar nenhuma banda proteica. Outros ensaios experimentais serão necessários para confirmar o peso molecular da lectina na ausência de agente redutor. Procópio (2017) relata a afinidade das lectinas as porções glicídicas de glicoconjugados, viabilizando a formação de densos aglomerados proteicos, dificultando a penetração da amostra nas canaletas de gel de poliacrilamida.

**Figura 21 - Eletroforese SDS-PAGE 11% em condições desnaturante e redutora da lectina de *G. angustifolia* (GaL). MM: marcador de peso molecular; C1: GaL com  $\beta$ -mercaptanol.**



Fonte: elaborado pela autora, 2022

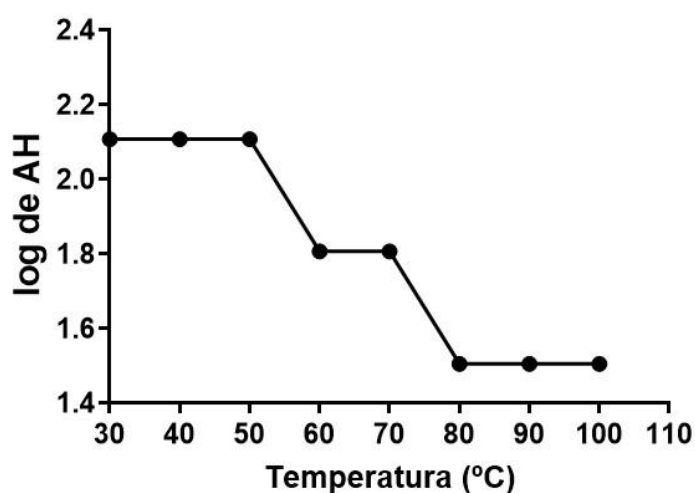
As lectinas estão presentes em maior quantidade em grãos de leguminosas e gramíneas (ROSSI et al., 1984). Em 1991, Chrispeels e Raikhel (1991) já demonstraram que lectinas presente em sementes de gramíneas com trigo (WGA), cevada (BL) e arroz (RL) apresentaram afinidade a matriz de quitina e uma grande homologia, possuindo 43 resíduos de aminoácidos ricos em glicina e cisteína. Lectinas ligadoras de quitina são caracterizadas por possuir massa molecular entre 3,1 a 20 kDa, (THEIS; STAHL, 2004), corroborando com os dados obtidos nos experimentos realizados com colmo da *G. angustifolia*. No entanto, a massa molecular de lectinas pode ser maior do que 20 kDa. Silva (2016) conseguiu isolar a lectina PgTeL da semente da *Punica granatum* utilizando sulfato de amônio, obtendo melhor fração a 30% de saturação, e utilizando um único passo cromatográfico em coluna de quitina, obtendo uma proteína de 26 kDa.

### 5.2.3.1.1 Efeito da temperatura e do pH na AH em amostras de GaL

Conhecer o perfil de fatores físico-químicos que favorece sua condição ideal de uma proteína permite conhecer e condicionar o meio para a manutenção e integridade da estrutura nativa e conseqüentemente futura aplicação biotecnológica. (SILVA, et al., 2009).

A GaL foi aquecida durante 60 minutos em faixa de temperatura de 30 a 100 °C e teve sua AH mantida até 50°C, em seguida perdendo 30% de sua atividade ao atingir 80°C e a partir desta temperatura se mantendo estável até 100°C, como pode ser observado na figura 22.

**Figura 22 - Efeito da temperatura na AH**



Fonte: elaborado pela autora, 2022. Análises das amostras realizadas ao decorrer 60 minutos de exposição no decorrer de hora de experimento

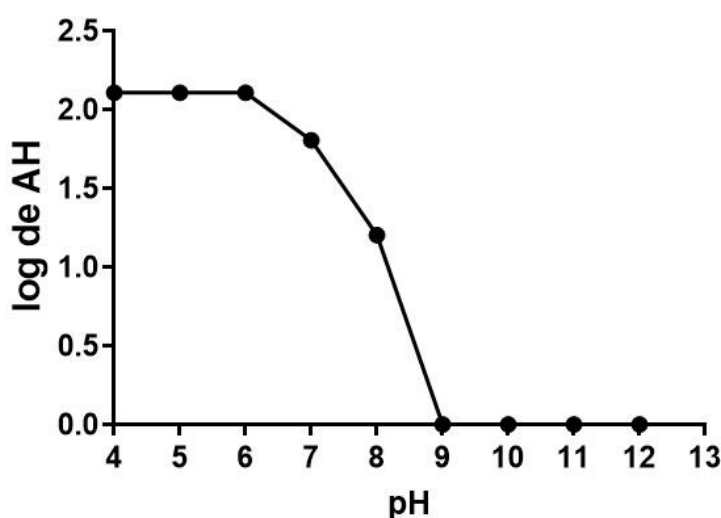
Lectinas como a GaBL também houve uma redução da sua atividade hemaglutinante ao longo da exposição, porém sem perder a atividade completamente (COSTA et al., 2018), contudo algumas lectinas são sensíveis a alteração de temperatura como a lectinas PruduNRL extraída da semente *Prunus dulcis* (KRISHNAVENI et al., 2021).

A estabilidade proteica em altas temperaturas podem ser atribuída a presença de ligações dissulfeto em proteínas de plantas que sobrevivem em habitat quente,

como lectinas isoladas de espécies presentes na Mata Atlântica como a *Apuleia leiocarpa* e *Bauninia forticata* (SILVA et al., 2012; VAZ, 2013; SILVA et al., 2019; FELIPPI et al., 2012; CARVALHO et al., 2015).

Envolvendo experimentos de estudo de estabilidade da lectina em diferentes valores de pH, foi possível observar manutenção da AH de GaL entre a faixa de pH 4-6, havendo uma redução de 50% ao ser exposta ao pH 8 e perdendo atividade ao ser dialisada em solução na faixa de pH igual ou maior que 9 como pode ser visualizado na figura 23.

**Figura 23 - Efeito do pH na AH**



Fonte: elaborado pela autora, 2022

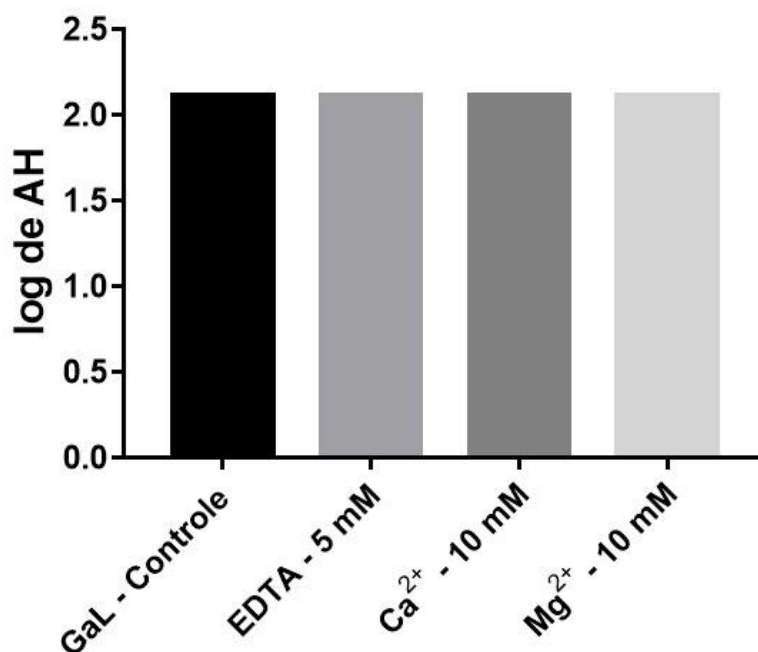
Resultado similar foi encontrado com a exposição de Drfl e PeRoL evidenciando caráter ácido e ligeiramente básico da lectina extraída de sementes de *Dioclea reflexa* Hook e da raiz da *Portulaca elatior* respectivamente (PINTO-JUNIOR et al., 2017; SILVA et al., 2019). A atividade da lectina em pH ácido e neutro incentivam também a investigação dos efeitos da lectina na nutrição do inseto, considerando que a digestão de proteínas e a digestão final dos carboidratos ocorre no intestino médio, local em que o pH varia de ácido a neutro (SILVA et al., 2012).



### 5.2.3.1.2 Efeito do EDTA e íons divalentes na AH

Após a exposição da GaL ao EDTA e íons metálicos foi possível evidenciar que não houve redução da atividade hemaglutinante (Figura 24).

**Figura 24 - Avaliação do efeito de íons divalentes na AH**



Fonte: elaborado pela autora, 2022

Tal resultado sugere que a proteína em estudo não necessita de íons divalentes para sua atividade, ou provavelmente eles estão fortemente ligados a proteína e a diálise com EDTA não foi capaz de interferir na estrutura proteica, sendo quelada por esses íons (SANTIAGO et al., 2014).

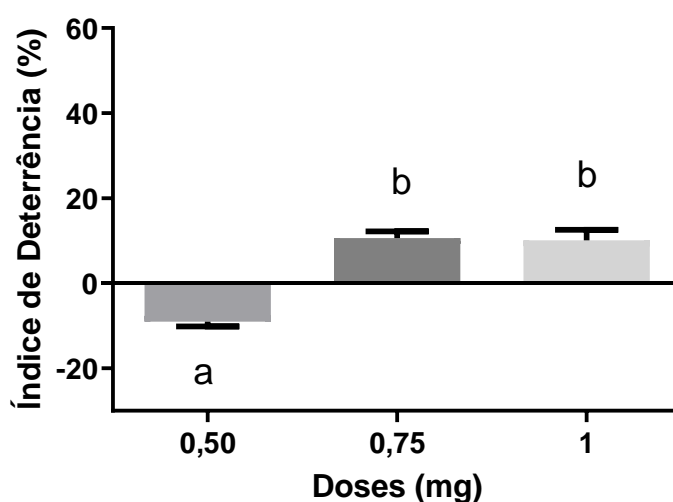
Outras lectinas como CviLL, ALL, GaBL e JamuLL também não tiveram sua atividade hemaglutinante alterada na presença de EDTA e íons (LOSSIO et al., 2017, CARNEIRO et al, 2017; COSTA et al., 2018; SANTOS, 2020. A não interferência de íons na atividade da lectina torna-se essencial para avaliação de atividade inseticida visto que os insetos regulam as concentrações de Ca<sup>2+</sup> na hemolinfa para manter a saúde dos tecidos e órgãos internos (BROWNE, 2018). Já o Mg<sup>2+</sup> detectado em

invaginações das células do túbulo de Malpighi em insetos estão envolvidos no transporte ativo de moléculas para a hemolinfa (DE AZEREDO-OLIVEIRA *et al.*, 2012)

#### 5.2.4 Bioensaio inseticida de GaL contra *T. castaneum*

Após conhecer o perfil da nossa proteína em estudo, foi realizado bioensaio como descrito no tópico 4.14. Os resultados obtidos apresentaram uma baixa taxa de deterrência (< 20%) após a exposição do inseto adulto do *T. castaneum* a dietas acrescidas de GaL nas doses de 0,75 mg e 1 mg (Figura 25).

**Figura 25 - Deterrência alimentar dos insetos adultos de *T. castaneum* tratados com diferentes doses de GaL**

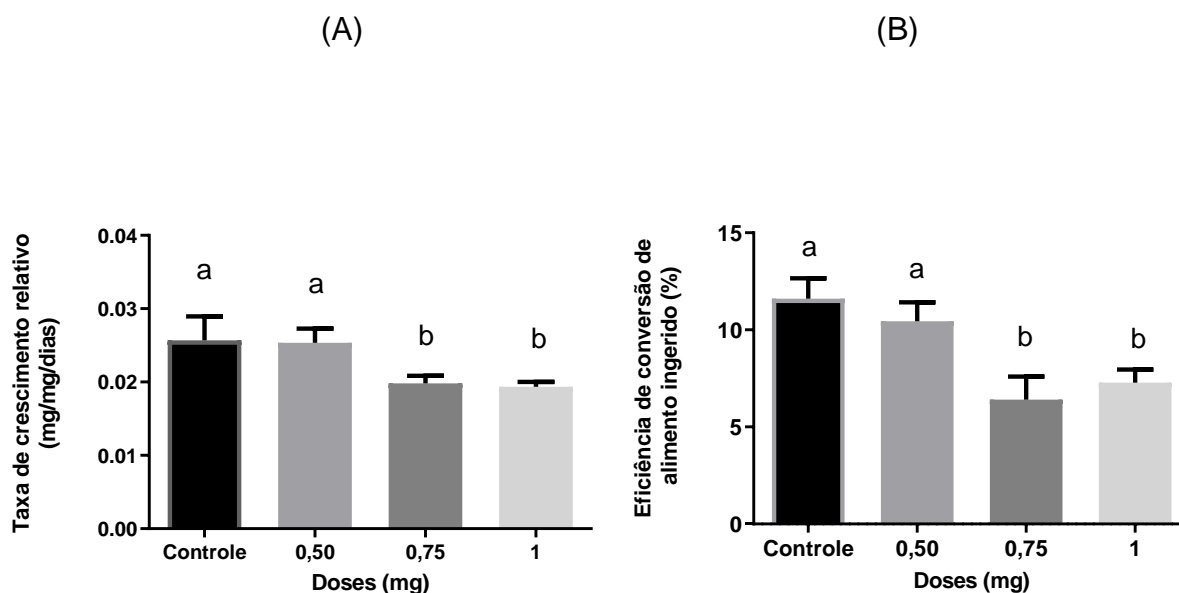


Fonte: elaborado pela autora, 2022. Cada barra corresponde à média  $\pm$  DP de quatro repetições. Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos pelo teste de Tukey.

Os insetos expostos a dieta acrescida de Gal conseguiram realizar a alimentação, porém nas maiores doses estudadas foi evidenciado uma pequena redução dessa quantidade ingerida quando comparada ao grupo controle (Figura 26). Acredita-se que a presença da lectina em meio a dieta ofertada ao inseto contribuiu para a redução da busca pela alimentação.

Assim como a GaL a lectina PAA e PHA não apresentaram efeito deterrente ou apresentaram baixa atividade deterrente ao ser ofertada com a dieta para *Myzus persicae* e *Sitibion avenal* respectivamente (SPRAWKA et al., 2010; ZAPARA et al., 2016) perturbando seu comportamento alimentar.

**Figura 26 - Parâmetros nutricionais de adultos de *T. castaneum* mantidos em dietas artificiais constituídas por discos de farinha de trigo preparados com Tris-HCl 50 mM (controles) e GaL. A taxa de crescimento relativo (A) indica a quantidade de biomassa em mg obtida todos os dias por mg de peso corporal inicial (B) (%) indica a quantidade de alimento ingerido pelos insetos como biomassa.**



Fonte: Elaborado pela autora. Cada barra corresponde à média  $\pm$  DP de quatro repetições. Letras diferentes indicam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos pelo teste de Tukey.

Ao término do bioensaio, foi possível observar que nas maiores doses estudadas houve um menor crescimento do inseto e conversão da dieta ofertada em biomassa quando comparados ao grupo controle. Não houve diferença significativa entre controle e a menor dose estudada (0,5 mg).

De Oliveira et al. (2020) ao estudar o efeito da lectina WSMoL em bioensaios envolvendo um importante inseto-praga *S. zeamais* que infesta galpões de grãos armazenados identificou que houve uma diminuição da taxa relativa de ganho de

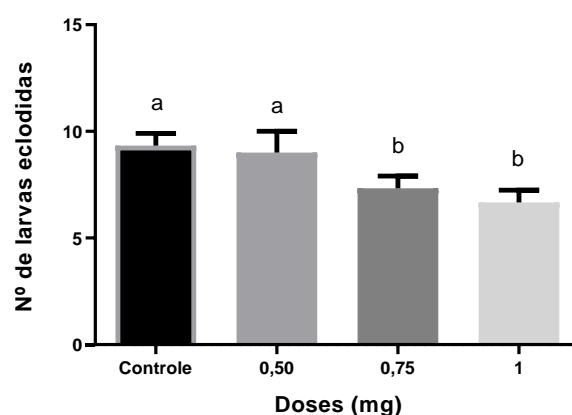
biomassa e a eficiência na conversão de alimentos ingeridos, mas não exerceu ação deterrente em bioensaios, afetando negativamente a fisiologia nutricional do inseto.

Um dos mecanismos de ação proposto para a atuação de lectinas com potencial inseticida deve-se a sua propriedade de realizar ligação com glicoconjugados presentes nas células epiteliais ao longo do trato digestivo de insetos, interagindo com componentes de quitina no intestino do inseto e resíduos de N-acetilglicosamina da matriz peritrófica e/ou ligações à porção de açúcar de enzimas digestivas glicosiladas (MACEDO et al., 2007; FITCHES et al., 2008; NAPOLEÃO et al., 2013), prejudicando a integridade de estruturas de proteção do inseto, o mecanismo de absorção do alimento ingerido e conseqüentemente o desenvolvimento do inseto em seu habitat.

#### 5.2.4.1 Efeito da GaL na taxa de sobrevivência e taxa de eclosão de larvas do inseto adulto do *T. castaneum*

Foi evidenciado uma redução no número de larvas eclodidas nas maiores doses estudadas ao longo do 30 dias de observação do bioensaio (Figura 27). Outros insetos como *Anagasta kuehniella* e *Aedes aegypti* também sofreram a interferência na etapa de reprodução na presença de lectinas WSMoL e MuBL/MuHL, respectivamente (De OLIVEIRA et al., 2017; ALVES et al., 2020) prejudicando multiplicação das espécies.

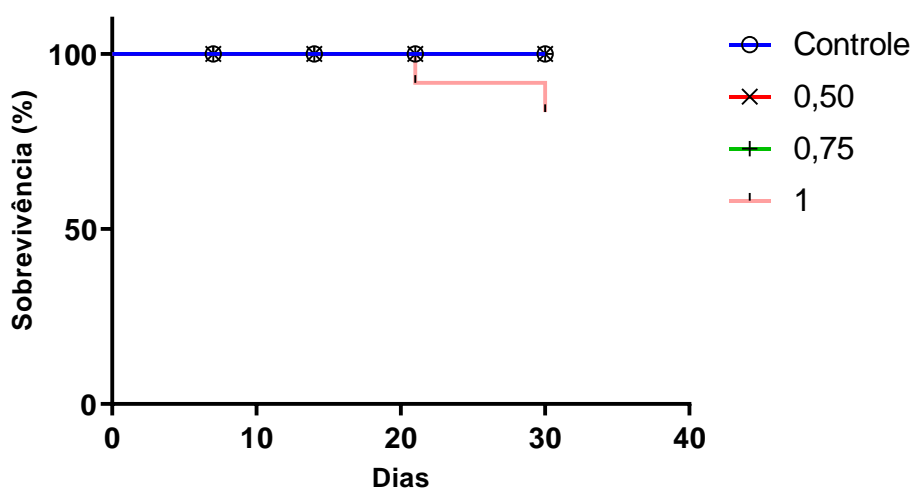
**Figura 27 - Inibição da eclosão de larvas de *T. castaneum* tratados com diferentes doses de GaL**



Fonte: Elaborado pela autora

Com relação a taxa de sobrevivência, foi notificado 10% de mortalidade dos insetos adultos na maior dose estudada (1 mg) após 30 dias de experimento (Figura 28).

**Figura 28 - Sobrevivência dos adultos de *T. castaneum* tratados com diferentes doses de GaL expressos pela curva de Kaplan-Meier**

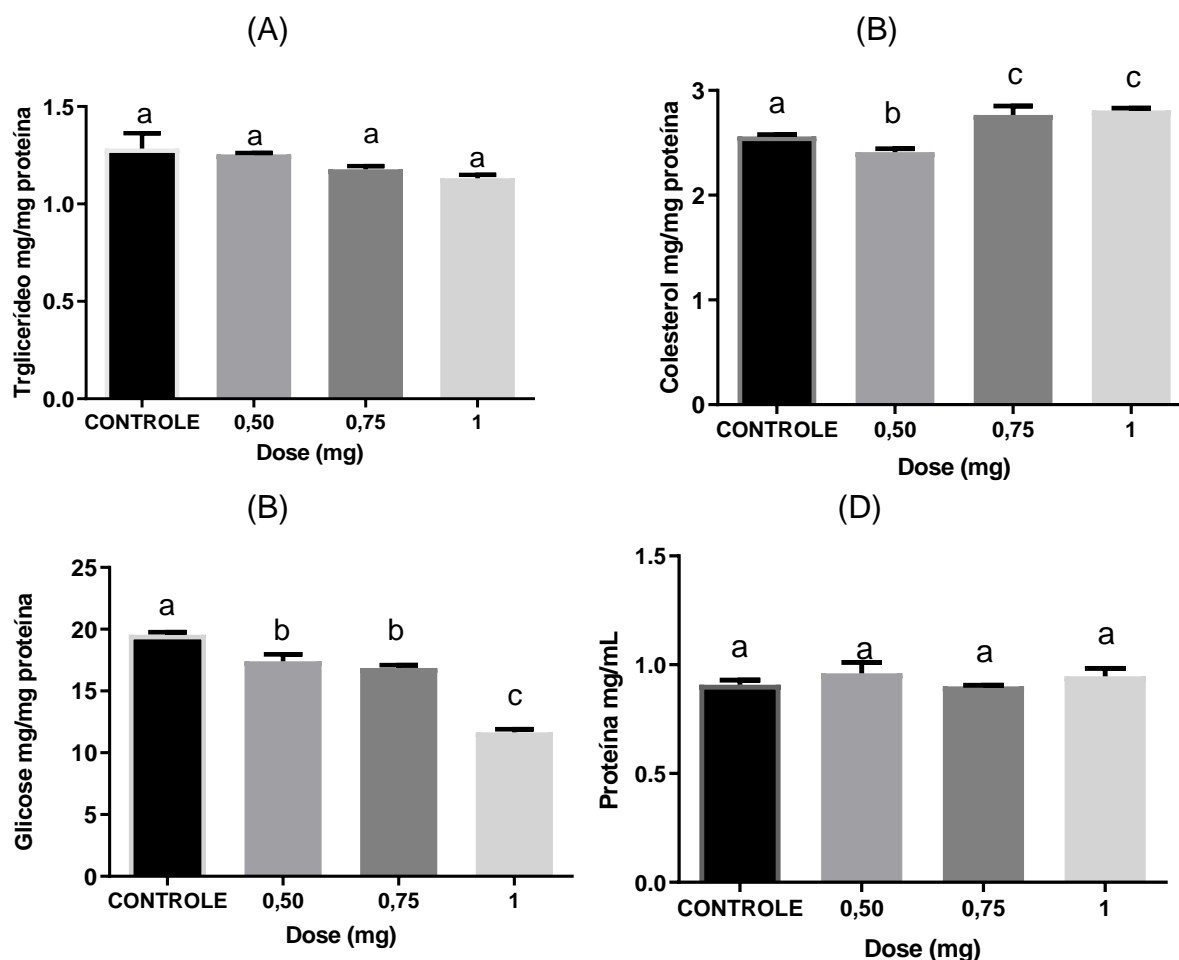


Fonte: Elaborado pela autora, 2022

Assim como outras lectinas a GaL pode prejudicar a integridade de estruturas de proteção do inseto presente na matriz peritrófica, prejudicando os mecanismos de absorção do alimento ingerido e conseqüentemente interferindo no desenvolvimento do inseto em seu habitat. Assim como a GaL em bioensaios envolvendo lectina GNA frente *Myzus persicae* foi observada uma taxa inferior a 10% de mortalidade em 14 dias de observação (DOWN et al., 2006).

Ao realizar análise bioquímica do inseto foi possível observar redução do teor glicose, discretas variações no nível de colesterol e não foi evidenciado alteração dos parâmetros envolvendo triglicerídeo e proteínas após a exposição a dieta contendo GaL quando comparado ao grupo controle ao longo de 30 dias (Figura 29). Essa redução no nível de glicose sugere que ela tenha sido consumida devido a privação alimentar durante a realização do bioensaio, e que diante disso não seria possível a síntese de trealose, principal molécula de armazenamento de glicose na hemolinfa, e que é comumente requerida em casos de privação alimentar.

**Figura 29 - Perfil bioquímico de adultos de *T. castaneum* tratados com diferentes dieta artificial contendo do GaL. (A) Colesterol; (B) Triglicerídeo; (C) Glicose; (D) Proteína.**



Fonte: Elaborado pela autora, 2022. Letras diferentes indicam diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos pelo teste de Turkey ( $n=4$ ). Autor 2022

Em estudos envolvendo as lectina OfiL e MuLL, foi evidenciado a não ocorrência de mortalidade aguda, mas a capacidade de afetar negativamente a fisiologia nutricional dos insetos *S. zeamais*, o que pode causar impacto negativo a longo prazo (SOUZA et al., 2018; DE SANTANA SOUZA et al., 2018) contribuindo para a redução do comportamento destrutivo do inseto.

Diante dos resultados obtidos, há perspectiva de utilização em plantas geneticamente modificadas, uma importante estratégia para o Manejo Integrado de Pragas (MIP), é possível futuramente ser feita a inserção de genes das lectinas em

plantas sensíveis para a expressão ou produção aumentada dessas proteínas inseticidas, tal qual sugere o depósito da patente PI 9405668-4.

## CONCLUSÃO

- *G. angustifolia* mostrou ser uma espécie promissora para os estudos de prospecção fitoquímica, apresentando uma grande quantidade de substâncias fenólicas em sua composição;
- Os resultados iniciais dos ensaios do extrato do colmo da *G. angustifolia* com agente redutor DDPH demonstraram ser sensível às concentrações de compostos fenólicos presentes no extrato, demonstrando ser uma amostra com potencial antioxidante;
- O extrato a 50 e 100 mg da *G. angustifolia* foi capaz de apresentar moderada atividade deterrente e causar a mortalidade de 50% dos insetos adultos de *T. castaneum*.
- O extrato da *G. angustifolia* mostrou não ser tóxica contra organismos não-alvos (*L. sativa* e *A. salina*) nas concentrações avaliadas ;
- As maiores doses do extrato estudadas (50 e 100 mg) apresentaram 60% de redução da eclosão larval do *T. castaneum*.
- A presente tese contribui para o “estado da arte” no estudo da atividade inseticida obtido de extrato bruto do colmo da *G. angustifolia*;
- Uma nova lectina ligadora de quitina, denominada GaL, foi isolada do colmo da *G. angustifolia*, com uma massa molecular de 18,4 kDa;
- GaL é uma lectina que apresentou resistência a uma ampla variação de temperatura e pH, além de não apresentar perda da sua atividade na presença de íons. A atividade hemaglutinante de GaL foi inibida na presença de N-acetilglicosamina, maltose e fetuína;
- GaL apresentou baixo efeito deterrente alimentar, redução da taxa de conversão de alimento e crescimento do inseto, promovendo 10% da mortalidade de *T. castaneum*;
- GaL constitui uma nova alternativa biodegradável a ser considerada no controle desta praga de grãos armazenados.



**REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

ADAMUDE, F. A. et al. Identification and characterization of Lectin gene isolated from an indigenous *Albizia lebbek* Seeds. **Scientific african**. v.18, p.1-11, 2019.

ADUSEI, S. et al. Phytochemical analysis, antioxidant and metal chelating capacity of *Tetrapleura tetraptera*. **Heliyon**. v. 5, p. 1-5, 2019.

AFONSO, D. G.; SILVA, Z. A. G. P. Bambu nativo: alternativa de desenvolvimento econômico e sustentável para o estado do Acre. **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. 1º ed. Rio de Janeiro, 2017, p. 290-306.

AHMAD, Faheem et al. Comparative insecticidal activity of different plant materials from six common plant species against *Tribolium castaneum* (Herbst)(Coleoptera: Tenebrionidae). **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 7, p. 1804-1808, 2019.

ALBUQUERQUE, F. M. dos S. .; FREITAS, E. C. B. F.; NASCIMENTO, D. V. do; ALMEIDA, W. A. de; NOVA, I. C. V.; PAIVA, P. M. G. .; NAPOLEÃO, T. H.; BARROS, R.; PONTUAL, E. V. Sodium chloride reduces the viability of eggs, larvae, and pupae of *Spodoptera frugiperda*, as well as delays its development. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. e29311427232, 2022.

ALBUQUERQUE, L. P. et al. Effect of *Microgramma vacciniifolia* rhizome lectin on survival and digestive enzymes of *Nasutitermes corniger* (Isoptera, Termitidae). **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 75, p. 158–166, 2012.

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. A.; FERREIRA, L.G.; COSTA, A. R.; PIMENTEL, M. A. G. Qualidade de milho armazenado e infestado por *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum*. **Reveng Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.19, n.1, p.09-18, 2011.

ALEXOVICA, M., et al. Recent advances in robotic protein sample preparation for clinical analysis and other biomedical applications. **Clinica chimica acta**, v. 507, p. 104-116, 2020.

ALMEIDA, J. G. Bambu como insumo industrial no Brasil: reflexão sobre o papel da pesquisa na produção do bambu laminado colado (BaLC). **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. 1º ed. Rio de Janeiro. p. 439-455, 2017.

ALSEEKH, S., PEREZ DE SOUZA, L., BENINA, M. AND FERNIE, A.R. The style and substance of plant flavonoid decoration; towards defining both structure and function. **Phytochemistry**. v. 174, p. 1-15, 2020.

ALVAREZ, I. A.; KIILL, L. H. P. Arborização, floricultura e paisagismo com plantas da Caatinga. **Abrates**, Brasília, v. 24, n. 3, p. 63-67, 2014.

ALVES, M. F. A.; et al., Antihyperglycemic and antioxidant activities of a lectin from the marine red algae, *Bryothamnion seaforthii*, in rats with streptozotocin-induced

diabetes. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 158, p 773-780, 2020.

ALVES, R. R. V. et al. Ovicidal lectins from *Moringa oleifera* and *Myracrodruon urundeuva* cause alterations in chorionic surface and penetrate the embryos of *Aedes aegypti* eggs, **Pest Management Science**, v.76, 2020.

ALVES, A. W. D. S.; et al. *Codium isthmocladum* lectin 1 (CiL-1): Interaction with N-glycans explains antinociceptive and anti-inflammatory activities in adult zebrafish (*Danio rerio*). **Int J Biol Macromol**. 2022 May 31; 208, p. 1082-1089, 2022.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 66, n. 1, p. 1-9, 2007.

AÑAZCO, M. Estudio de vulnerabilidad del bambú (*Guadua angustifolia*) al cambio climático en la costa del Ecuador y norte Perú. **Quito: Unión Europea, Red Internacional del Bambú y Ratán**, p.134, 2013.

ARAÚJO, E. L.; **Em Biodiversidade, Conservação e Uso Sustentável da Flora do Brasil**. Eds.; Imprensa Universitária: UFRPE, Recife, 2002.

ARTAZA-ARTABE, I. et al. The relationship between nutrition and frailty: Effects of protein intake, nutritional supplementation, vitamin D and exercise on muscle metabolism in the elderly. A systematic review. **Maturitas**. v. 93, p. 89 - 99, 2016.

ATHIÉ, I.; PAULA, D. C. **Insetos de grãos armazenados: aspectos biológicos e identificação**. 2ª ed. São Paulo, 2002.

AURICCHIO, M. T., BACCHI, E.; M. – Folhas de *Eugenia uniflora* L. (pitanga): Revisão. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, São Paulo, v.62, p. 55 - 61, 2003.

AVELLO, V. A. et al. Variation in phenolic compounds of *Ugni molinae* populations and their potential use as antioxidante supplement. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 23, p. 44-50, jan/fev, 2013.

AZEVEDO, C. F. et al. Aspectos anatômicos de plantas *Foeniculum vulgare* Mill. **Rev bras plantas med**. v. 14, p. 197-204, 2012.

BABY, S.; JOHNSON, A. J.; GOVINDAN, B. Secondary metabolites from Ganoderma. **Phytochemistry**, v. 114, p. 66-101, 2015.

BALDIN, E. L. L.; LOURENÇÃO, A. L.; SCHLICK-SOUZA, E. C. Outbreaks of *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) in common bean and castor bean in São Paulo State, Brazil. **Bragantia**, Piracicaba, v. 73, p. 458-461, 2014.

BALDUINO JUNIOR, A. L. et al. Energetic potential of bamboo culms for industrial and domestic use in Southern Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.46, n.11, p.1963-1968, 2016.

- BENAVIDES, A. S.; FERENHOF, J. H.; VALLE, A.; LIBRELOTTO, L. Ensaios Potenciais para Avaliação da Durabilidade do Bambu em Edificações: Busca Sistemática. **Mix Sustentável**. Florianópolis, v.5, n.3, p.55-64, jul. 2019.
- BENINCASA, P. et al. M. Phenolic content and antioxidant activity of einkorn and emmer sprouts and wheatgrass obtained under different radiation wavelengths. **Annals of agricultural Sciences**. v.X, p. 1-1, 2020.
- BERALDO, A. L.; AZZINI, A.; GHAVAMI, R.; PEREIRA, A. R. Bambu: características e aplicações. In: FREIRE, W. J.; BERALDO, A. L. (eds.): **Tecnologias e materiais alternativos de construção**. Campinas, 2003.
- BEZERRA, G. A.; et al. Structural Studies of an Anti-Inflammatory Lectin from *Canavalia boliviana* Seeds in Complex with Dimannosides. **PLoS ONE**, v.9, n.5, p.1-12, 2014.
- BIANCO, E. M.; SANTOS, C. A. M. Propriedades antioxidantes de folhas e caules de *Bauhinia microstachya* (Raddi) J. F. MACBR, **Revista Brasileira de Biociência**. v. 3, n. 3, p. 238-241, 2010.
- BOUTERFAS K, et al. Antioxidant activity and total phenolic and flavonoids content variations of leaves extracts of white Horehound (*Marrubium vulgare* Linné) from three geographical origins. **Ann Pharm Fr**. v. 471, p. 1-10, 2016.
- BOYD, W. C. & SHAPLEIGH, E. Specific precipitating activity of planta aggins (lectins). **Science**, p. 419, 1954.
- BPG (Bamboo Phylogeny Group). An updated tribal and subtribal classification of the bamboos (Poaceae: Bambusoideae). **Bamboo Science and Culture: The Journal of the American Bamboo Society**, v. 24, p.1-10, 2012.
- BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of micrograms quantities for proteins utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador**. Agrotóxicos na ótica do Sistema Único de Saúde / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. – Brasília: Ministério da Saúde, 2018.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio: Brasil 2018/19 a 2028/29 projeções de longo prazo / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. – Brasília: MAPA/ACE, 2019. 126 p.
- BRASIL. Lei nº 12.484 de 2011 – Dispões sobre a política nacional de incentivo ao manejo sustentado e ao cultivo do bambu, 2011. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 08 set. 2011**. Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2011/lei/l12484.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12484.htm)>. Acesso em: 10 abril 2019.

BROWNE, Austin. **CALCIUM TRANSPORT BY INSECT MALPIGHIAN TUBULES**. 2018. Tese de Doutorado.

BROWN, D. G. The cost of plant defense: an experimental analysis with inducible proteinase inhibitors in tomato. **Oecologia**, v. 76, p. 467-470, 1988.

BUENO, A. F., Panizzi, A. R.; Hunt TE, Dourado PM, Pitta RM, Gonçalves J. Challenges for adoption of integrated pest management (IPM): the soybean example. *Neotropical Entomology*, v.50, page 5-20, 2021.

CALEGARI, L. et al. Desempenho físico-mecânico de painéis fabricados com bambu (*Bambusa vulgaris* Schr.) em combinação com madeira. **Cerne**, v. 13, n.1, p.57-63, 2007.

CAMAROTI, J. R. S. L. et al. *Sitophilus zeamais* adults have survival and nutrition affected by *Schinus terebinthifolius* leaf extract and its lectin (SteLL). **Industrial Crops & Products**, v. 116. p. 81–89. 2018.

CARNEIRO, F. F. et al. Segurança Alimentar e nutricional e saúde. Parte 1. In CARNEIRO, Fernando Ferreira et al. (org.) **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015. Disponível em: Acesso: 15 jun. 2022.

CARNEIRO, R. F. et al. Isolation, biochemical characterization and antibiofilm effect of a lectin from the marine sponge *Aplysina lactuca*. **International journal of biological macromolecules**, v. 99, p. 213-222, 2017.

CARMO, F. L. Z.; AMARAL, E. F.; BARDALES, N. G.; Ocorrência, biomassa, perdas e exploração de bambu em florestas da Amazônia no Acre, Brasil. **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. 1º ed. Rio de Janeiro. 2017, p. 655.

CARVALHO, A. et al. Purification, characterization and antibacterial potential of a lectin isolated from *Apuleia leiocarpa* seeds. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.75, p. 402–408, 2015.

CARVALHO, A. S.; SILVA, M. V; GOMES, F. S. et al Purification, characterization and antibacterial potential of a lectin isolated from *Apuleia leiocarpa* seeds, **Int. J. Biol. Macromol.** 75; 402–408, 2015.

CASTANHEIRA, L. et al. Insights into anti-parasitism induced by a C-type lectin from *Bothrops pauloensis* venom on *Toxoplasma gondii*. **Int J Biol Macromol.**, v. 74, p. 568-74, 2015.

CAVADA, B. S.; BARI, A. U.; PINTO-JUNIOR, V. R. et al. Purification and partial characterization of a new lectin from *Parkia panurensis* Benth. ex H.C. Hopkins seeds

(Leguminosae family; Mimosoideae subfamily) and evaluation of its biological effects. **Int J Biol Macromol.** Fev 15;145: p.845-855, 2020.

CHAKRABORTY, R., KALITA. An ethnobotanical survey of medicinal plants used by ethnic, People of Thoubal and Kakching District, Manipur. **Herbal Medicine in India**, p. 620, 2020.

CHAMPEET, P. C.; HARVEY, R. A.; FERRIER, D. R. **Bioquímica Ilustrada**. 4. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2008, p. 533.

CHEN, L.; GONG, J.; FU, B.; HUANG, Z. Effect of land use conversion on soil organic carbon sequestration in the loess hilly area, loess plateau of China. **Ecology Research**, v.22, p.641-648, 2007.

CHEN, CS., CHEN, CY., RAVINATH, D.M. et al. Functional characterization of chitin-binding lectin from *Solanum integrifolium* containing anti-fungal and insecticidal activities. **BMC Plant Biol**, **18**, 3, 2018.

CHONGTHAM, N.; BISHT, M. S.; HAORONGBAM, S. Nutritional properties of bamboo shoots: potential and prospects for utilization as a health food. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.10, p.153-168, maio, 2011.

CHOLAK, I. S.; ABUDAYEH, Z. H. M.; KARPIUK, U. V.; ABUALASSAL, Q.; HASSOUNEH, L. K. M. A study of lectin activity in buds of *Sophora japonica* L. **Tropical Journal of Pharmaceutical Research**. v. 15, p. 1877-1881, 2016.

CHRISPEELS, M. J.; RAIKHEL, N. V. Lectins, lectin genes, and their role in plant defense. **Plant Cell**, v.3, p.1-9, 1991.

CHUANG, Kai-Jen et al. Investigation of the antioxidant capacity, insecticidal ability and oxidation stability of *Chenopodium formosanum* seed extract. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 9, p. 2726, 2018.

CLAYTON, W. D.; RENVOIZE, S. A. (1986) *Genera Graminum. Grasses of the World*. Her Majesty's Stationery Office, London.

COELHO, L. C. B. B.; SILVA, M. B. R. Simple method to purify milligram quantities of the galactose-specific lectin from the leaves of *Bauhinia monandra*. **Phytochemical Analysis**, v. 11, p. 295-300, 2000.

COLEPICOLO, P.; GUARATINI, T.; MEDEIROS, M. H. G. Antioxidantes na manutenção do Equilíbrio Redox cutâneo: Uso e Avaliação de sua Eficácia. **Química Nova**, v. 30, p. 206-213, 2007.

**CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br>. Acesso em março 2020.

CONTINI, E. et al. Milho: Caracterização e desafios tecnológicos. Brasília, **Embrapa**. 2019, p. 45.

- CORRÊA, J. C. R.; SALGADO, H. R. N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. **Rev. Bras. Pl. Med.** v.13, n.4, p.500-506, 2011.
- CORREIA, W. F. M.; CAMPOS, F. F. C.; BARROS, M. L. Design sustentável em produtos de bambu. **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia.** 1º ed., p.428-438, 2017
- COSTA, J. B. P. et al. Reduced availability of large seeds constrains Atlantic forest regeneration. **Acta Oecologica**, v. 39, p. 61–66, fev. 2012.
- COSTA, R. B. C. Purification and characterization of a lectin with refolding ability from *Genipa americana* bark. **International Journal of Biological Macromolecules.** v. 119. p. 517–523, 2018.
- COWAN, M. M. Plant products as antimicrobial agentes. **Clinical Microbiology Reviews**, Washington, v. 12, n.4, p. 564-82, 1999.
- CRUZ, H. **Bambu Guadua: *Guadua angustifolia* Kunth.** Gráficas: Olimpica S.A, Colombia, 2009.
- CRUZ, D. R. R.1 ; FELIX, W. P. ; BEZERRA, G. S. ; SOUSA, F. D. ; MORENO, F. B. M. B.2 ; LOBO, M. D. P. ; MOREIRA, R. A.; MOREIRA, A. C. O. M. Journal of the Brazilian Chemical Society, 2015
- DANG, L. VAN DAMME, E. J.M. **Review: Toxic proteins in plants.** Phytochemistry, v. 117, p. 51-64, 2015.
- DARNELL, J.; LODISH, H.; BALTIMORE, D. Molecular Cell Biology. **Scientific American Books**; New York, 1990.
- DATTA, R; KAUR, A; SARAF, I; SINGH, IP; KAUR, S. Effect of crude extracts and purified compounds of *Alpinia galanga* on nutritional physiology of a polyphagous lepidopteran pest, *Spodoptera litura* (Fabricius). **Ecotoxicology and Environmental Safety.** Jan;168:324-329, 2019.
- DE CONINCK, T., VAN DAMME, E. J. M. Review: The multiple roles of plant lectins. **Plant Science**, n. 313, 2021.
- DEEPTHI, S., SATHEE SHKUMMAR. K. Enhanced camptothecin production induced by elicitors in the cell suspension cultures of *Ophiorrhiza mungos* Linn. **Plant Cell Tissue Organ Cult**, v. 124, p.483-93, 2015.
- DE ALBUQUERQUE, Lidiane Pereira et al. Antinutritional effects of the chitin-binding lectin from *Microgramma vacciniifolia* rhizome (MvRL) on *Sitophilus zeamais*. **Journal of Stored Products Research**, v. 88, p. 101652, 2020.

DE AZEREDO-OLIVEIRA, M. T., DA SILVA, T. L, MELLO, M. L. Mg<sup>2+</sup>-dependent ATPase activity in Malpighian tubules of *Triatoma infestans* Klug. **Micron**. Feb; 43 (2-3):298-304, 2012.

DE CONINCK, T.; VAN DAMME, E. J. M. Review: The multiple roles of plant lectins. **Plant Sci**. 2021 Dec;313:111096.

DE MORAIS, L. A. S.; MARINHO-PRADO, J. S. Plantas com atividade inseticida. Embrapa Agroindústria de Alimentos. In: HALFELD-VIEIRA, et al. **Defensivos agrícolas naturais: uso e perspectivas**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. Cap. 19. 1<sup>o</sup> ed. p.542-593, 2016.

DE OLIVEIRA, Ana Patrícia Silva et al. Evaluation of the insecticidal activity of Moringa oleifera seed extract and lectin (WSMoL) against *Sitophilus zeamais*. **Journal of stored products research**, v. 87, p. 101615, 2020.

DE SANTANA SOUZA, C., PROCÓPIO, T.F., DO REGO BELMONTE, B. et al. Effects of *Opuntia ficus-indica* lectin on feeding, survival, and gut enzymes of maize weevil, *Sitophilus zeamais*. **Appl Biol Chem** **61**, 337–343, 2018.

DEVI, M. B.; DEVI, N. Biology of rust-red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst) (Tenebrionidae: Coleoptera). **Indian Journal of Entomology**, 77(1): 81-82. (2015).

DFRS. Review of Developed Western Markets for Bamboo and Rattan Commodities of Nepal. Market Development of Bamboo and Rattan Products with Potential (MDBRPP) Project. Department of Forest Research and Survey, Kathmandu, Nepal. 2010.

DIAS L. P. et al. A trypsin inhibitor purified from *Cassia leiandra* seeds has insecticidal activity against *Aedes aegypti*. **Process Biochemical**, v. 57, p. 228–238, 2017.

DOWN RE, FITCHES EC, WILES DP, CORTI P, BELL HA, GATEHOUSE JA, EDWARDS JP. Insecticidal spider venom toxin fused to snowdrop lectin is toxic to the peach-potato aphid, *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) and the rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae). **Pest Manag Sci**. Jan;62(1):77-85. 2006

DRUMOND, P. M.; WIEDMAN, G.; *Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia*. 1<sup>o</sup> ed. Rio de Janeiro. 2017, p. 655.

DURU, C. E. Mineral and phytochemical evaluation of *Zea mays* husk. **Scientific african**, v. 7, p. 1-8, 2020.

EL-MARADNY Y. A, EL-FAKHARANY E. M, ABU-SERIE M. M, HASHISH M. H., SELIM H. S. Lectins purified from medicinal and edible mushrooms: Insights into their antiviral activity against pathogenic viruses. **Int J Biol Macromol**,. May 15;179:239-258, 2021.

**EMBRAPA–Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2016. Qualidade de sementes e grãos comerciais de soja no Brasil – safra 2014/15 [recurso eletrônico]: / Irineu Lorini (editor técnico). – Londrina : Embrapa Soja, 2016. 190 p. il. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937 ; 378). 1.Soja-semente-qualidade. 2.Soja-grão-qualidade. I.Lorini, Irineu. II.Título. III.Série. 2016

**EMBRAPA–Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em 10 de jan. de 2020.

**EMBRAPA–Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Controle biológico de pragas da agricultura / Eliana Maria Gouveia Fontes, Maria Cleria Valadares-Ingliš, editoras técnicas. – Brasília, DF, 2020.

FACCHINI, P. J.; LUCA, V. Opium poppy and Madagascar periwinkle: model non-model systems to investigate alkaloid biosynthesis in plants. **The Plant Journal**, v. 54, n. 4, p.763-84, 2008.

**FAO – Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação.**

Disponível em: <https://www.fao.org>. Acesso em 10 de mar. de 2020.

FELIPPI, M.; MAFFRA, C. R. B.; CANTARELLI, E. B.; ARAÚJO, M. M. & LONGHI, S. J. Fenologia, morfologia e análise de sementes de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr. **Ciência Florestal**, 22, p. 477-491, 2012.

FERREIRA, A. L. A.; MATSUBARA, L. S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 61-68, 1997.

FERREIRA, S. B.; DANTAS, I. C.; CATÃO, R. M. R. Evaluation of the antimicrobial activity of the essential oil of sucupira (*Pterodon emarginatus*). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.16, Botucatu abr/jun. 2014.

FERRERA, T.S. Substâncias fenólicas, flavonoides e capacidade antioxidante em erva-de-são-paulo sob diferentes coberturas do solo e sombreamentos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v.18, n.2, p.588-596, 2016.

FERRERAS, J.M, CLEMENCIA, M.C.M, HIZON-FRADEJAS, A. U.Y. LY, TORIO M.A. Isolation, Purification and Characterization of Proteins in “Señorita” Banana (*Musa acuminata* (AAA) ‘Señorita’) Pulp with Bioactive Peptides Exhibiting Antihypertensive and Antioxidant Activities. **Applied Sciences**. v.11, p. 2190, 2021;

FIALHO, E. G.; SILVA, A. P.; TONHOLO, J. Desenvolvimento da cadeia produtiva do bambu: uma oportunidade para empreender. In: XI Simpósio Latino-Ibero-americano de Gestion Tecnológica – ALTEC, 2005, Salvador. Anais do XI ALTEC: ALTEC-PGT/USP, v.1, p. v. 1-10, 2005.

FILGUEIRAS, T. S.; OLIVEIRA, R. P.; SFAIR, J. C.; MONTEIRO, N. P.; BORGES, R. A. X. Poaceae. In: MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. (Ed.). Livro vermelho da flora



do Brasil. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013, p. 858-881.

FILGUEIRAS, T. S.; VIANA, P. L. Bambus brasileiros: morfologia, taxonomia, distribuição e conservação. **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. 1º ed. Rio de Janeiro. 2017, p. 10-27, 2017.

FILGUEIRAS, T. S. et al. Poaceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB193>>. Acesso em 20 de mai. de 2019.

FONSECA, J., COUTO, I. F. S., SILVA, R. M., FIORATTI, C. A. G., PEREIRA, F. F., M. MAUAD & R.M. MUSSURY. Efeito de extratos metanólicos de *Stryphnodendron adstringens* (Mart) Coville na alimentação e reprodução de *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). **Interciencia**, v. 43, p. 182-187, 2018.

FORZZA, et al., R. C. Catálogo de plantas e fungos do Brasil, Volumes I e II. Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010.

FREIRE, F. C. O.; VASCONCELOS, F. R.; COUTINHO, I. B. L. Fungos endofíticos: uma fonte de produtos bioativos de importância para a humanidade. **Ciências Agrárias/Microbiologia**, v. 16, p. 61-102, 2014.

FREIRE, C. C. S. D. **Metabolismo de lipídeos em inseto coleóptero: digestão e transporte de ácidos graxos**. 2018. Tese (Doutorado em Bioquímica e Biologia Molecular) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018.

FREITAS, S. M.; SAMPAIO, R. M.; OLIVEIRA, M. D. M.; NACHILUK, K.; ZEFERINO, M. Impactos das Adversidades Climáticas sobre o Comércio Exterior Brasileiro de Produtos Seleccionados, São Paulo, v. 16, n. 8, p. 1-15, 2021. Disponível em: <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=15953>  
Acesso em: 04 de junho de 2022.

FUMAGALI, E.; GONÇALVES, R. A. C.; MACHADO, M. F. P. S.; VIDOTI, G. J.; OLIVEIRA, A. J. B. Produção de metabólitos secundários em cultura de células e tecidos de plantas: O exemplo dos gêneros *Tabernaemontana* e *Aspidosperma*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, p. 627-641, 2008.

GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.1, p.107-114, 2005.

GHAVAMI, K.; BARBOSA, N. P.; MOREIRA, L. E. Bambu como Material de Engenharia. In book: **Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras: Conforto Ambiental**, Durabilidade e Pós-Ocupação. Porto Alegre: ANTAC, p. 305-348, 2017.

GILARDONI, P.A.; HETTENHAUSEN, C.; BALDWIN, I.T G. Bonaventure, *Nicotiana attenuata* lectin receptor kinase1 suppresses the insect-mediated inhibition of

- induced defense responses during *Manduca sexta* herbivory. **Plant Cell**, 23, p. 3512–3532, 2011.
- GOMES, B. S. et al. Antifungal activity of lectins against yeast of vaginal secretion. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 43, n. 2, p. 770-778, 2012.
- GOMES, F. S. et al. Antimicrobial lectin from *Schinus terebintifolius* leaf. **Journal of applied microbiology**, v. 114, n. 3, p. 672-679, 2013.
- GOMES, E. M. C. et al. Composição fitoquímica e ação fungicida de extratos brutos de *Cinnamomum zeylanicum* sobre *Quambalaria eucalypti*. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 6, n. 4, p. 54-58, 2016.
- GONG, J.Y. et al. Antioxidant capacities of fractions of bamboo shaving extract and their antioxidant components. **Molecules**, v 21, 996, 2016.
- GORDTS, S.C. et al. NICTABA and UDA, two GlcNAc-binding lectins with unique antiviral activity profiles. **Journal Antimicrobial Chemotherapy**, v.70, p.1674-1685, 2015.
- GOSWAMI, S. et al. Comparative antioxidant and antimicrobial potentials of leaf successive extract fractions of poison bulb, *Crinum asiaticum* L. **Industrial Crops & Products**, v.154, 2020.
- GREAY, S. J.; HAMMER, K. A. Recent developments in the bioactivity of mono and diterpenes: anticancer and antimicrobial activity. **Phytochemistry Reviews**, v. 14, p. 1-6, 2015.
- GRECO, T. M.; PINTO, M. M.; TOMBOLATO, A. F. C. **Diversity of bamboo in Brazil**. **Journal of Tropical and Subtropical Botany**, v.23, p.1-16, 2011.
- GUIMARAES, S. S. et al. Pepper extracts as a repellent, insecticide and anti-feeding activity on the maize weevil. **Arquivo do Instituto Biológico**, v.81, p.322-328, 2014.
- GURU-PIRASANNA-PANDI. et al. Toxicological effect of underutilized plant, *Cleistanthus collinus* leaf extracts against two major stored grain pests, the rice weevil, *Sitophilus oryzae* and red flour beetle, *Tribolium castaneum*. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 154, p. 92-99, 2018.
- HEGEDUS, D.; ERLANDSON, M.; GILLOTT, C.; TOPRAK, U. New insights into peritrophic matrix synthesis, architecture, and function. **Annual Review of Entomology, Stanford**. v. 54, p. 285-302, 2009.
- HERRERA, E.; SABOGAL, A. **Una alternativa sostenible: la guadua técnicas de cultivo y manejo**, Armenia, CO: Corporación Autónoma Regional del Quindío, 1992. 192 p.
- HIDALGO LOPEZ, O. **Bamboo: The gift of the Gods**. 1.ed. Bogotá, Colombia: D'vinni Ltda., 2003, 553p.

HIRABAYASHI, J.; OHKURA, T. Lectins: Methods and Protocols, **Methods in Molecular Biology**, v. 12, p.79-82, 2014

HIREMATH, K. Y. et al. A lectin with anti-microbial and anti proliferative activities from *Lantana camara*, a medicinal plant. **Protein Expression and Purification**, v. 170, p. 1-8, 2020.

HOSSAIN, M. A.; AL-RAQMI, K. A. S.; AL-MIJIZY, Z. H.; WELI, M. A.; AL-RIYAMI, Q. Study of total phenol, flavonoids contents and phytochemical screening of various leaves crude extracts of locally grown *thymus vulgaris*. **Asian Pacific Journal Tropical Biomedicine**, v. 3, p.705–710, 2013.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p.1841-1856, 2005.

HU, C. H., ZHANG, Y., & DAVID, D. K. Evaluation of antioxidant and prooxidant activities of bamboo *Phyllostachys nigra* var. *henonis* leaf extract in vitro. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 3170–3176, 2000.

**IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em fevereiro 2020.

**INBAR – International Bamboo and Rattan Organisation**. Disponível em: <https://www.inbar.int>. Acesso em abril 2020.

**INBAR. INTERNATIONAL NETWORK FOR BAMBOO AND RATTAN. CAN BAMBOO TRANSFORM BIOENERGY?**. October 15, 2014. Disponível em: <<http://www.inbar.int/2014/10/can-bamboo-transformbioenergy/>> Acesso em: 12/06/2022.

IMBERT, A. Structure of the lectins from *Pseudomonas aeruginosa*: insights into the molecular basis for host glycan recognition. **Microbes and Infection**, v. 6, p. 221-228, 2004.

ISMAN, M. B. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop Protection**, Guildford, v. 19, n. 8-10, p. 603-608, 2000.

ITAKURA, YOKO et al. Sugar-binding profiles of chitin-binding lectins from the hevein family: A comprehensive study. **International journal of molecular sciences**, v. 18, n. 6, p. 1160, 2017.

JAVIER VIOQUE, M. A., MEGIAS, C., CORTÉS-GIRALDO, I., GIRON-CALLE, J., ALAIZ, M. Purification and partial characterization of seed lectins from *Vicias* belonging to subgenus *Vicilla* section *Cracca*. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v.19. 2019.

JIANG, SHU-YE *et al.* Evolutionary history and stress regulation of the lectin superfamily in higher plants. **BMC evolutionary biology**, v. 10, n. 1, p. 79, 2010.

Johnson, et al. The antioxidative effects of bioactive products from *Sargassum polycystum* C. Agardh and *Sargassum duplicatum* J. Agardh against inflammation and other pathological issues. **Complementary Therapies in Medicine**, 46, 19–23, 2019.

JUNIOR, Francisco do Nascimento Pereira. **Caracterização Estrutural Parcial e Biológica de uma Lectina de Semente de *Dioclea reflexa* Hook F.** 2014. Tese (Doutorado em Bioquímica) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

KABIR, S. R., REZA, M. A. Antibacterial Activity of *Kaempferia rotunda* Rhizome Lectin and Its Induction of Apoptosis in Ehrlich Ascites Carcinoma Cells. **Appl Biochem Biotechnol**, v. 172, p. 2866–2876, 2014.

KALEESWARAN G.; FIRAKE, D. M.; SANJUKTA, R.; BEHERE G. T, NGACHAN S. V. Bamboo-Leaf Prickly Ash extract: A potential bio-pesticide against oriental leaf worm, *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae). **J Environ Manage**, fev 15; 208, p. 46-55, 2018.

KARANIKA, C. et al. Insecticidal efficacy of a binary combination of cyphenothrin and prallethrin, applied as surface treatment against four major stored-product insects. **Journal of Stored Products Research**, v. 80, p. 41-49, 2019.

KARBAN, R. Costs and benefits of induced resistance and plant density for a native shrub, *Gossypium thurberi*. **Ecology**, New York, v. 74, p. 9-19, 1993.

KAUR, M.; SINGH, K.; RUP, P. J.; SAXENA, A. K.; KHAN, R. H.; ASHRAF, M. T.; KAMBOJ, S. S.; SINGH, J. A tuber lectin from *Arisaema helleborifolium* Schott with antiinsect activity against melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) and anti-cancer effect on human cancer cell. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 445, p. 156 -165, 2006.

KAWAGISHI, H.; HENMI, K. OIWAKE, Y.; MURATA, T.; TAICHI, U. A Lectin from the Shoots of Bamboo *Phyllostachys pubescens*. **Journal of Applied Glycoscience**, v. 48, n.2, p. 99-103, 2001.

KELLOGG, E. A. Evolutionary History of the Grasses. **Plant physiology**, v. 125, p. 1198-1205, 2001.

KENNEDY, J. F. *et al.* Lectins, versatile proteins of recognition: a review. **Carbohydrate Polymers**, v. 26, p. 219-30, 1995.

KIRAN, S.; PRAKASH, Bhanu. Toxicity and biochemical efficacy of chemically characterized *Rosmarinus officinalis* essential oil against *Sitophilus oryzae* and *Oryzaephilus surinamensis*. **Industrial Crops and Products**, v. 74, p. 817-823, 2015.

KOOSHA, M., ABAI, M.R., ABOLHASANI, M. CHAREDAR, S. AND BASSERI, H.R. Lectin activity in gut extract of *Culex pipiens*. **Journal of Arthropod-Borne Diseases**. v. 7, p. 23–30, 2013.

KRISHNAVENI, M.; JAYASUDHA, M.; JAYASUDHA, J. B. Extraction and characterization of lectin from *Cicerarietinum black* and *Prunusdulcis* nut raw, its anti-inflammatory, antibacterial activity Against oral pathogens. **Material Today: Proceedings**. 16 de Jun, 2022.

KROYMANN, J. Natural diversity and adaptation in plant secondary metabolism. **Current Opinion in Plant Biology**, 14, 2011.

KUETE, V. Health effects of alkaloids from african medicinal plants. In: KUETE, V. **Toxicological Survey of African Medicinal Plants**, cap. 21, p. 611-633, 2014.

KUMAR, DEEPAK; KALITA, Prasanta. Reducing postharvest losses during storage of grain crops to strengthen food security in developing countries. **Foods**, v. 6, n. 1, p. 8, 2017.

KUNATSA, Y., CHIDEWE, C., ZVIDZAI, C. Phytochemical and anti-nutrient composite from selected marginalized Zimbabwean edible insects and vegetables. **Journal of Agriculture and Food Research**. v. 2, 2020.

ISHAAYA, I. Nutritional and allelochemic insect - plant interations relating to digestion and food intake: some examples. In: MILLER, J.R., MILLER, T.A **Insect - Plant Interactions**. New York: Springer - Verlog Inc., 1986. p. 191 - 223.

JAKOBEK, Lidija. Interactions of polyphenols with carbohydrates, lipides and proteins. **Food Chemistry**,. v. 175, p. 556-567, 2005.

JANSSEN, J. J. A. Designing and building with bamboo. Beijing, **China: International Network for Bamboo and Rattan (INBAR)**, 2000, Technical report n.20, 2000.

JONES, T. H. et al. Novel antifungal activity for the lectin scytovirin: inhibition of *Cryptococcus neoformans* and *Cryptococcus gattii*. *Frontiers in Microbiology*, v. 8, artigo 755, 2017.

JOSHI, Dirgha Raj; ADHIKARI, Nisha. An overview on common organic solvents and their toxicity. **Journal of Pharmaceutical Research International**, p. 1-18, 2019.

LACERDA, J. T. J. G. et al. New insights into lectin from *Abelmoschus esculentus* seeds as a Kunitz-type inhibitor and its toxic effects on *Ceratitis capitata* and root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. **Process Biochemistry**, v. 63, p. 96-104, 2017.

LAEMMLI, U. K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. **Nature**, v. 227, n. 5259, p. 680, 1970.

LAN, S. K.; NG, T. B. Lectins: production and practical applications. **Appl Microbiol Biotechnol**, v. 89, p. 45-55, 2011.

- LANDSTEINER, K. & RAUBITSCHKEK, H. Beobachtungen über Hamolyse und Hamagglutination. **Zentralbl. Bakteriol. Parasitenk. Infektionskr. Hyg. Abt. 1: Orig.**, v.45, p.660-667, 1907.
- LANNON, N, VAN DAMME, E. J. M. Lectin domains at the frontiers of plant defense. **Front Plant Sci**, v. 5, p.397- 405, 2014.
- JARUSEVICIUS, J. **Avaliação da diversidade microbiana intestinal de populações naturais do mosquito *Aedes aegypti***. 2018. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2018.
- LEITE, L.L.; CORADIN, L. Introdução. In: Coradin, L.; Siminski, A.; Reis, A. (eds). **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico atual ou Potencial – Plantas para o Futuro – Região Sul**. Brasil. Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Série Biodiversidade 40. Brasília: MMA, p.17-24. 2011.
- LEWINSOHN, T. M.; PRADO, P. I. Síntese do conhecimento atual da biodiversidade brasileira. In: LEWINSOHN, T. M. **Avaliação do Estado do Conhecimento da Biodiversidade Brasileira, Biodiversidade**. Ministério do Meio Ambiente, v. 1, p. 21-109, 2006.
- LI, D. Z. Taxonomy and biogeography of the Bambuseae (Gramineae: Bambusoideae). **Proceedings of the National Academy of Science of the U.S.A.**, 107: 4623-4628, 2010.
- LI, Y. X., CHENG, F. R., JIN, Y. C., YUAN, K. Studies on the active components and antioxidant activity of the extracts from different parts of bamboo. **Asian Journal of Chemistry**, v. 25, p. 6354-6360, 2013.
- LIBRALATO, G et al. A review of toxicity testing protocols and endpoints with *Artemia* spp. **Ecological Indicators**, v.69, p.35–49, 2016.
- LIESE, W. **The anatomy of bamboo culms**. INBAR – International Network for bamboo and rattan, 1998.China. Technical Report. 204 p.
- LIMA, T. A. et al. Termiticidal lectins from *Myracrodruon urundeuva* (Anacardiaceae) cause midgut damages when ingested by *Nasutitermes corniger* (Isoptera; Termitidae) workers. **Pest Management Science**, 2017.
- LIMA NETO, G.A. et al. Quantificação de metabólitos secundários e avaliação da atividade antimicrobiana e antioxidante de algumas plantas selecionadas do Cerrado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. vol. 17, p. 1069-1077, 2015.
- LIS H, SHARON N. Lectins: Carbohydrate-Specific Proteins That Mediate Cellular Recognition. **Chem Rev.**, v. 2, p. 637-674, 1998.

LIS, H. SHARON, N. History of lectins: from hemagglutinins to biological recognition molecules. **Glycobiology**, v. 14, p. 53-62, 2004.

Lista de Espécies da Flora do Brasil – LEFB. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em 20 mai. 2018.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde Debate**, v. 42, n. 117, p. 518-534, abr/jun 2018.

LOSSIO, C.F.; MOREIRA, C.G.; AMORIM, R.M.F.; NOBRE, C.S.; SILVA, M.T.L.; NETO, C.C.; PINTO-JUNIOR, V.R.; SILVA, I.B.; CAMPOS, J.; ASSREUY, A.M.S.; CAVADA, B. S.; NASCIMENTO, K. S. Lectin from *Canavalia villosa* seeds: A glucose/mannose-specific protein and a new tool for inflammation studies. **Int. J. Biol. Macromol.** 105, 272–280, 2017.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. 2008. **Plantas Medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2ª ed. Nova Odessa, Instituto Plantarum, 2000 p.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A.; HENNING, F. A. **Manejo Integrado de Pragas de Grãos e Sementes Armazenadas**. Embrapa. Brasília, DF. 2015.

LORINI, I. Perdas Anuais em Grãos Chegam a 10% da Produção Nacional. **Visão Agrícola**, n.13, p.127-129, 2015.

LORIS, R. et al. Structural basis of oligomannose recognition by the *Pterocarpus angolensis* seed lectin. **Journal of Molecular Biology**, v. 335, p. 1227-1140, 2004.

LONDOÑO, X; CAMAYO, G. C; RIAÑO, N. M; LÓPEZ, Y. Characterization of the anatomy of *Guadua angustifolia* (Poaceae: Bambusoideae) culms. **Bamboo Science and Culture**, v. 16, n. 1, p. 18-31, 2002.

LYSON, T. A. Advanced agricultural biotechnologies and sustainable agriculture. **Trends in Biotechnology**, v. 20, n. 5, p. 193–196, 2002.

LUCARINI, A. C.; KILIKIN, B. V.; PESSOA JÚNIOR, A. Precipitação. In: PESSOA JÚNIOR, A.; KILIKIAN, B. V. **Livro de purificação de produtos biotecnológicos**, 2º ed, cap. 4, p 37-88, 2008.

LU B.Y., TIE, X.W., WU, X.Q, ZHANG, Y, ZHANG, Y. Toxicologia e segurança do antioxidante das folhas de bambu. Parte I: Estudos de toxicidade aguda e subcrônica em antioxidantes de folhas de bambu. **Food Chem Toxicol.** v. 43, p. 783-92, 2005.

LU, H. L. et al. Insect Immunity to Entomopathogenic Fungi. **Adv. Gent**, 2016.

MACEDO, M.L.R. et al. Insecticidal action of Bauhinia monandra leaf lectin (BmoLL) against *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae), *Zabrotes subfasciatus* and

*Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). Comparative Biochemistry and Physiology Part A, **Molecular & Integrative Physiology**, v. 146, p. 486-498, 2007.

MAGALHÃES, C. R. I. et al. Potencial inseticida de óleos essenciais sobre *Tribolium castaneum* em milho armazenado. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 1150-1158, 2015.

MALEKPOOR, F.; SALIMI, A.; PIRBALOUTI, A.G. Effect of jasmonic acid on total phenolic content and antioxidant activity of extract from the green and purple landraces of sweet basil. **Acta Poloniae Pharmaceutica**, v. 73, p.1229–1234, 2016.

MANIKANDAN, B. & RAMAR, M. Detection and characterization of natural and inducible lectins in human serum. **Results in immunology**, v. 2, p. 132-141, 2012.

MAPA, Nota nº 15-2021/CGAPI/DCI/SPA/MAPA, 05 de julho de 2021. Projeção do Agronegócio – Projeções de longo prazo Brasil 2020-21 a 2030-31. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio>>. Acesso em: 01 de jun. 2022.

MARQUES, D. N. et al. Antibacterial activity of a new lectin isolated from the marine sponge *Chondrilla caribensis*. **Int J Biol Macromol**. Apr 1;109:1292-1301, 2018.

MARTINS, J. G. P. **Atividade antimicrobiana de produtos naturais: erva mate e resíduos agroindustriais**. 2011. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

MARÍN, D.; GUEDEZ, Y.; HERNÁNDEZ, L.D. Las plantaciones de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) y bambú (*Bambusa vulgaris* Schrad.) de San Javier, estado Yaracuy, Venezuela. III. Estructura de las plantaciones y balance de nutrimentos. **Revista Facultad de Agronomía**, v.28, p.441-459. 2011.

MASQUES, D. N.; ALMEIDA, A. S.; SOUSA, A. R. O.; PEREIRA, R.; ANDRADE, A. L.; CHAVES, R. P.; CARNEIRO, R. F. Antibacterial activity of a new lectin isolated from the marine sponge *Chondrilla caribensis*. **International Journal Biological Macromolecules**, v. 109, p.1292-1301, 2018.

MARZZOCO, A.; TORRES, B.B. **Bioquímica Básica**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 736p. 2007.

MATOS, F. J. A. **Introdução à fitoquímica experimental**. Fortaleza. UFC. 1988. 150p.

MENCHAVEZ, M. T.; CATIPAY, J. D.; ESPRA, A. S.; CASTILLO II, P. M. Antibacterial properties of *Bambusa vulgaris* (Bamboo) leaves and *Eryngium foetidum* (Culantro) leaves against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* bacteria. **Global Journal of Medicinal Plant Research**. v. 6, p.6 -13, 2018.

MENEZES, E.L.A. **Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modos de ação e uso agrícola**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005.



MIRANDA, Carlos Alberto Cunha. **A arte de curar nos tempos da colônia: limites e espaços da cura**. – 3. ed. rev., ampl. e atual. – Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2017, 528p.

MIRANDA, R. A. de. Uma história de sucesso da civilização. **A Granja**, v. 74, n. 829, p. 24-27, jan. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Bioma Caatinga. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>>. Data de acesso: 10/02/2020.

MOOTOOSAMY, A.; MAHOMOODALLY, M. F. Ethnomedicinal application of native remedies used against diabetes and related complications in Mauritius. **Journal of Ethnopharmacology**. v.151, p. 413–444, 2014.

MONTOYA, L. E. M; SERNA, L. R. O; LOS RÍOS, D; TRUJILLO, E. E. Estudio de las propiedades mecánicas de haces de fibra de *Guadua angustifolia*. **Ingeniería y Desarrollo**, n. 20, p. 125-133, 2006.

MOURA, A. P. **Manejo Integrado de Pragas: Estratégias e Táticas de Manejo para o Controle de Insetos e Ácaros-praga em Hortaliças**. Circular Técnica n. 141, MAPA - Embrapa, Abr. 2015.

NAIK, S, RAWAT, RS, KHANDAI, S, KUMAR, M, JENA, SS, VIJAYALAKSHMI, MA, KUMAR, S. Biochemical characterisation of lectin from Indian hyacinth plant bulbs with potential inhibitory action against human cancer cells. *Int J Biol Macromol*. 2017 Dec;105(Pt 1):1349-1356.

NAPOLEÃO, T. H. et al. Deleterious effects of *Myracrodruon urundeuva* leaf extract and lectin on the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). **Journal of stored products research**. v. 54, p. 26-33, 2013.

NAPOLEÃO, T.H. et al. Insect midgut structures and molecules as targets of plant-derived protease inhibitors and lectins. **Pest Management**, v.75, p.1212-1222, 2018.

NAYAK, L.; MISHRA, S. P. Prospect of bamboo as a renewable textile fiber, historical overview, labeling, controversies and regulation. **Fashion and Textiles**, v. 3, n. 2, p. 1-23, 2016.

NELSON, David L.; COX, Michael, M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. Artmed Editora, 2014

NIRMALA, C., BISHT, M. S., BAJWA, H. K., & SANTOS, H, O. Bamboo: A rich source of natural antioxidants and its applications in the food and pharmaceutical industry. **Trends in Food Science & Technology**, v. 77, p. 91–99, 2018.

NOBREGA, R.; BORGES, C. P.; HABERT, A.C. Processos de separação por membrana. In: PESSOA JÚNIOR, A.; KILIKIAN, B. V. **Livro de purificação de produtos biotecnológicos**, 2<sup>o</sup> ed, cap. 4, 2008, p 37-88.

NOGUEIRA, Claudia de Lima. **Ciência do material bambu e tecnologia de sua aplicação em vigas laminadas coladas de seção transversal composta**. 2013. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo, 2013.

NUBI, T, ADEWOLE, T. S, AGUNBIADE, T.O, OSUKOYA, O. A, KUKU, A. Purification and erythrocyte-membrane perturbing activity of a ketose-specific lectin from *Moringa oleifera* seeds. **Biotechnol Rep** (Amst). 2021 Jun 19;31:e00650.

NUNES, C. R.; BERNARDES, N. R.; GLORIA, L. L.; OLIVEIRA, D. B. Flavonoides em *Anonaceae*: ocorrências e propriedades biológicas. **Vértices**, v.14, n.1, p.39-57, 2012.

OLIC, A. B.; LORENZETTI, E. R. Tratamentos Preservativos em Bambu (*Dendrocalamus giganteus*) no Controle de Organismos Xilófagos.

OLIVEIRA, C.N.S.; LEITE, L.L. Iniciativa Plantas pra o Futuro. In: Coradin, L.; Camilo, J.; Pareyn, F.G.C. **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico atual ou Potencial – Plantas para o Futuro – Região Nordeste**. Brasil. Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Série Biodiversidade. Brasília: MMA, p.33-72, 2011.

OLIVEIRA A. P. S, et al. Biotechnological value of *Moringa oleifera* seed cake as source of insecticidal lectin against *Aedes aegypti*. **Process Biochem**. v. 51, p. 1683–1690, 2016.

OLIVEIRA, C. F. R. et al. A chitin-binding lectin from *Moringa oleifera* seeds (WSMol) impairs digestive physiology of the Mediterranean flour larvae, *Anagasta kuehniella*. **Pest Biochem Physiol**. v. 142, p. 67-76, 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA (FAO). A América Latina e o Caribe celebram o Ano Internacional dos Solos 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/270863>> Acesso em: 17 jun.2021.

OSTERNE, V. J. S. **Estudos de estrutura-função da lectina de sementes de *Canavalia virosa* com atividade inflamatória e citotóxica: uma potencial ferramenta anticâncer**. 2016. 93 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia de Recursos Naturais) – Pós-Graduação em Biotecnologia de Recursos Naturais, Universidade Federal do Ceará, 2016.

PAJIC, Ivana et al. A novel lectin from the sponge *Haliclona cratera*: isolation, characterization and biological activity. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: **Toxicology & Pharmacology**, v. 132, n. 2, p. 213-221, 2002.

PAN, S.; TANG, J.; GU, X. Isolation and characterization of a novel fucose-binding lectin from the gill of bighead carp (*Aristichthys nobilis*). **Vet. Immunol Immunopathol**. v. 133, p. 154-164, 2010.

PAIVA, P. M., COELHO, L. C. Purification and partial characterization of two lectin isoforms from *Cratylia mollis* mart. (camaratu bean). **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.36, p. 113-118, 1992.

PAIVA, P. M. G. *et al.* Antimicrobial activity of secondary metabolites and lectins from plants. **Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology**, v. 1, p. 396-406, 2010.

PAIVA, P. M. G.; NAPOLEÃO, T. H. Insecticide Activity of Lectins and Secondary Metabolites. Insecticides - **Advances in Integrated Pest Management**, v. 25, p. 579–598, 2012.

PAIVA, P.M.G. *et al.* Lectins and trypsin inhibitors from plants: biochemical characteristics and adverse effects on insect larvae. **Nova Science Publishers**, Inc., New York, p. 52, 2013.

PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Londrina: Embrapa Soja, 2009.

PEDLOWSKI, M. A. *et al* Modes of pesticides utilization by Brazilian smallholders and their implicatios for human health and the environment. **Crop Protection**, Guildford, v. 31, n. 1, p. 113 – 118, 2012.

PEI, R.; LIU, X.; BOLLING, B. Flavonoids and gut health. **Current Opinion in Biotechnology**. v. 61, p. 153-159, 2000.

PERAZZELLI, B., PEREIRA, M. **O Uso do Bambu Laminado Colado na Confecção de Mobiliário. Estudos em Design – UNESP**. 10º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, São Luís (MA), 2012: Disponível em: <https://eed.emnuvens.com.br/design/article/view/155/151>.

PERVAIZ, I. *et al.* Multidirectional insights into the phytochemical, biological, and multivariate analysis of the famine food plant (*Calligonum polygonoides* L).: A novel source of bioactive pshytocompounds. **Food Research International**, 2000.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. **Bambu de corpo e alma**. 2. ed. Bauru,SP: Canal 6, 2016. 352 p.

PERES, L. E. P. *Metabolismo Secundário*. Piracicaba – São Paulo: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. ESALQ/Universidade de São Paulo, p. 1-10, 2004. Disponível em: [ciagri.usp.br](http://ciagri.usp.br). Acesso em: 15 de Fevereiro de 2020.

PETROVIC, J. *et al.*, Lectin from *Laetiporus sulphureus* effectively inhibits angiogenesis and tumor development in the zebrafish xenograf models of colorectal carcinoma and melanoma. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.148, p.129-139, 2020.

PEUMNMANS, W.J., VAN DAMME E. J. M. Lectin as plant defence proteins. **Plant Physiology**, v.109, p. 347-52, 1995.

PEUMANS, W.J., VAN DAMME, E.J.M. Prevalence, biological activity and genetic manipulation of lectins in foods. **Trends Food Science Technology**, Cambridge, v.7, n.4, p.132-138, 1996.

PISOSCHI, A. M.; NEGULESCU, G. P. Methods for antioxidante activity determination: A review. **Biochemistry & Analitical Biochemistry**, v. 1, 2011.

PONCE, D. A. L. **Características de Preservación por el Método de Inmersión del Tallo de *Guadua angustifolia* Kunth (bambú), proveniente del Distrito de La Florida, Cajamarca.** Universidad Nacional Agraria La Molina, 2010.

PROCÓPIO, T. F. et al. Casu: A new lectin isolated from *Calliandra surinamensis* leaf pinnulae with cytotoxicity to cancer cells , antimicrobial activity and antibiofilm effect. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 98, p. 419–429, 2017.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, P. N. PLANTAS MEDICINAIS: Fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Quimica Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

PINTO, C. P. G.; MESQUITA FILHO, J. A digestão dos insetos mastigadores: fisiologia e potencial uso no manejo integrado de pragas (MIP). **Biológico**. Governo de São Paulo/UNESP, São Paulo, v.81, n. 1, p.1-13, 2019.

PINTO-JUNIOR, V.R.; OSTERNE, V.J.; SANTIAGO, M.Q.; CORREIA, J.L.; PEREIRA-JUNIOR, F.N.; LEAL, R.B.; PEREIRA, M.G.; CHICAS, L.S.; NAGANO, C.S.; ROCHA, B.A. Structural studies of a vasorelaxant lectin from *Dioclea reflexa* Hook seeds: Crystal structure, molecular docking and dynamics. **Int. J. Biol. Macromol.** 98, 12–23, 2017.

PROCÓPIO, T F., BELMONTE, B.R., PAIVA, P.M.G., AGRA-NETO, A.C., PONTUAL, E.V., NAPOLEÃO, T.H. Interferência do extrato aquoso de folhas de *Tradescantia spathacea* na fisiologia nutricional do gorgulho do milho, *Sitophilus zeamais*. **Arrudea**, v. 01, p. 23-27, 2015.

PROCÓPIO, T. F., et al.. CasuL: A new lectin isolated from *Calliandra surinamensis* leaf pinnulae with cytotoxicity to cancer cells, antimicrobial activity and antibiofilm effect. **International Journal of Biological Macromolecules**, 98, 2017.

PROCÓPIO, T. F. et al. CasuL : A new lectin isolated from *Calliandra surinamensis* leaf pinnulae with cytotoxicity to cancer cells , antimicrobial activity and antibiofilm effect. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 98, p. 419–429, 2017.

PUSZTAI, A. et al. Nutritional evaluation of kidney beans (*Phaseolus vulgaris*): chemical composition, lectin content and nutritional value of selected cultivars. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v.30, n.9, p.843-848, 1979.

- PUSZTAI, A. Lectins. In: CHEEK, P.R. *Toxicants of plant origin: proteins and aminoacids*. Boca Raton : CRC Press, 1989. v.3: p.29-71.
- QU, W. et al. Quantitative determination of major polyphenol constituents in pomegranate products. **Food Chemistry**, v. 132, n. 3, p. 1585-1591, 2012.
- RAHIMI, V. et al. Toxicity and physiological effects of an extracted lectin from *Polygonum persicaria* L. on *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Physiological and Molecular Plant Pathology**. v.101, p. 38–44, 2018.
- RAJKUMAR, Ramanathan et al. Preparation and characterization of Chitosan nanocomposites material using silver nanoparticle synthesized *Carmona retusa* (Vahl) Masam leaf extract for antioxidant, anti-cancerous and insecticidal application. **Journal of Cluster Science**, v. 30, n. 4, p. 1145-1155, 2019.
- RANGEL, E. L. P. Defesa agropecuária perdas e danos para o agronegócio. **Agroanalysis**, p. 30-31, mai 2015.
- RANKE, F. F. B. et al. Ethanol from rice byproduct using amylases secreted by *Rhizopus microsporus* var. *oligosporus*. Enzyme partial purification and characterization. **Journal of Environmental Management**. v. 266, 2020.
- RECHT, C. WETTERWALD, M. F. **Bamboos**. 1º edição, editora B. T. Batsford Lts. p. 127, 1992.
- REDDY, G. V. P., ANTWI, F.B. Toxicity of natural insecticides on the larvae of wheat head armyworm, *Dargida diffusa* (Lepidoptera: Noctuidae). **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 42, p. 156-162, 2016.
- REID T, FORE F, CHIDZWONDO F, KASHANGURA C, STRAY-PEDERSEN B, MDULUZA T. Screening of mushrooms from the woodlands of Zimbabwe: Occurrence of lectins and partial purification of a mucin specific lectin from *Boletus edulis*. **PLoS One**. Apr 14;17(4), 2022.
- RIBEIRO, I. A. T. A. et al. Chemical characterization and insecticidal effect against *Sitophilus zeamais* (maize weevil) of essential oil from *Croton rudolphianus* leaves. **Crop Protection**, v. 129, p. 105043, 2020.
- ROCKSTRÖM, J. et al. Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. **Ambio**, v. 46, n. 1, p. 4–17, 2017.
- RODRIGUEZ-CASADO, A. The health potential of fruits and vegetable phytochemicals: notable examples, **Crit. Rev. Food Sci. Nutr.** 56, p.1097–1107, 2016.
- ROJAS QUIROGA, R. A.; LI, T.; LORA, G.; ANDERSEN, L. E. A measurement of the carbon sequestration potential of *Guadua angustifolia* in the Carrasco National Park, Bolivia, Development Research Working Paper Series, Nº. 04/2013, **Institute for Advanced Development Studies (INESAD)**, La Paz. 2013

ROSSI, M.A.; MANCINI FILHO, J.; LAJOLO, F.M. Jejunal ultrastructural-changes induced by kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) lectins in rats. **British Journal Experimental Pathology**, v. 65, p. 117-123, 1984.

RAFALUK-MMOHR et al. Cryptic changes in immune response and fitness in *Tribolium castaneum* as a consequence of coevolution with *Beauveria bassana*, J. Invertebr. **Pathol**, 2018.

SAATH, K. C. O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da Demanda Mundial de Alimentos e Restrições do Fator Terra no Brasil. **RESR**. v. 56, n. 02, p. 195-212, 2018.

SÁ, R. A. et al. Larvicidal activity of lectins from *Myracrodruon urundeuva* on *Aedes aegypti*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 149, n. 3, p. 300-306, 2009a.

SALEEM, M., SAEED, M. T.: Potential application of waste fruit peels (orange, yellow lemon and banana) as wide range natural antimicrobial agent. **Journal of King Saud University Science**, v.32, p. 805–810, 2019.

SANGEGHA, R.; DIEA, Y. K. T.; CHAITRA, C.; MALVI, P. G. K. The amazing bamboo: a review on its medicinal and pharmacological potencial. **Indan Journal of Nutrition**, v. 2, p. 1-7, 2015.

SANQUETTA, C. R. et al., Estimativa de volume aparente do colmo de três espécies de bambus exóticos. **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. 1º ed. Rio de Janeiro. 2017, p. 60-70, 2017.

SANGUIGNI, V., MANCO, M., SORGE, R., GNESSI, L., FRANCOMANO, D. Natural antioxidant ice cream acutely reduces oxidative stress and improves vascular function and physical performance in healthy individuals. **Nutrition**, v. 33, p. 225–233. 2017.

SANTIAGO, G. M. P. et. al. Contribuição da fitoquímica para o desenvolvimento de um país emergente. **Revista Brasileira Farmacognosia**. v.15, p. 187-190, 2005.

SANTIAGO, M.Q.; LEITÃO, C.C.; PEREIRA-JUNIOR, F.N. et. Purification, characterization and partial sequence of a pro-inflammatory lectin from seeds of *Canavalia oxyphylla* Standl. & LO Williams. **Journal of Molecular Recognition**, v. 27, n. 3, p. 117-123. 2014.

SANTANA, C. B.; SOUZA, J. G. L.; TOLEDO, A. G.; ALVES, L. F. A.; ALVES, D. S.; CORRÊA, J. M.; PINTO, F. G. S. Antimicrobial and insecticidal effects of essential oil and plant extracts of *Myrcia oblongata* DC in pathogenic bacteria and *Alphitobius diaperinus*. **Brazilian Journal of Biology**, vol. 82, e233425, 2022.

SANTIN, R.; LAJUS, C. R.; KLEIN, C. Potencial alelopático de diferentes extratos de aveia, azevém, nabo e consórcio no crescimento inicial do milho em laboratório e a

campo. **Seminário de Iniciação Científica, Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão e Mostra Universitária**, 2017.

SANTI, T. Bambu para toda obra. **Revista mensal de tecnologia em celulose e papel**. Ano LXXVI nº 4, abril 2015.

SARTIM, M. A. et al. Structural and binding studies of a C-type galactose-binding lectin from *Bothrops jararacuçu* snake venom. **Toxicon**. v. 126, fev 2017, p. 59-69, 2017.

SANZ-APARICIO, J.; HERMOSO J.; GRANJEIRO T. B.; CALVETTE, J. J.; CAVADA, B. S. The crystal structure of *Canavalia brasiliensis* lectin suggests a correlation between its quaternary conformation and its distinct biological properties from Concanavalin A. **FEBS Letters**, 405:114-118, 1997.

SANTOS, R. I. Metabolismo Básico e origem dos metabólitos secundários. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMAN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia – da planta ao medicamento**. 4. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da Universidade, 2007, p. 333-365.

SANTOS, A. F.S. *et al.* Coagulant properties of *Moringa oleifera* protein reparations: application to humic acid removal. **Environmental technology**, v. 33, p. 69-75, 2012.

SANTOS, P. L.; PRANDO, M.B.; MORANDO, R.; PEREIRA, G.V.N.; KRONKA, A.Z. Utilização de Extratos Vegetais em Proteção de Plantas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 557-572, 2013.

SANTOS, D. R. S. et al. Potencial de espécies de Bambu como fonte de energética. **Scientia Forestalis**, v. 44, n.111, p. 751-758, 2016.

SANTOS, N.D.L., et al. Effect of gamma irradiation of *Moringa oleifera* seed lectin on its larvicidal, ovicidal, and oviposition-stimulant activities against *Aedes aegypti*. **South African Journal. Botany**, v.129, p. 3-8, 2020.

SANZ-APARICIO, J. et al. The cristal structure of *Canavalia brasilienses* lecton suggests a 111 correlation between its quaternary conformation and its distinct biological propeties for an Concanavalin A. **FEBS Lett**, v. 405, p. 114-118, 1997.

SCHAAF, J. et. al. Primary metabolism in plant defense. **Plant Physiology**, 108, 1995, p. 949-960.

SCURLOCK, J. M. O.; DAYTON, D. C.; HAMES, B. Bamboo: An overlooked biomass resource?, v. 19, p. 229-244, 2000.

SCHEGGIA, C., PRISCO, A. E., DEY, P. M, DALEO, G.R., PONT LEZICA, R. Alteration of lectin pattern in potato tuber by vírus X. **Plant Science**, v.58, p. 9-14, 1988.

SCHULZ, D. G.; FORTES, A. M. T.; BOIAGO, N. P.; MACHADO, A.; Alelopatia de bambu (*Dendrocalamus giganteus* MURO). **Cultivando o Saber Cascavel**, v.3, n.3, p.31-39, 2010

SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R. Extratos e óleos essenciais de plantas medicinais na indução de resistência. In: CAVALCANTI, L. S.; DI PIERO, R. M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; RESENDE, M. L. V.; ROMEIRO, R. S. **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005. Cap. 5, p.125-138.

SEN, S. CHAKRABORTY, R., KALITA, P. Rice - not just a staple food: A comprehensive review on its phytochemicals and therapeutic potential. **Journal Pre-proof**, 2020.

SEPPIR. Secretaria Nacional de Políticas de Promoção da Igualdade Racial. Comunidades Tradicionais – O que são? Disponível em: <http://www.seppir.gov.br/comunidades-tradicionais/o-que-sao-comunidades-tradicionais>. Acesso em 6 de fevereiro de 2020.

SHARON, N.; LIS, H. A century of lectin research (1888-1988). **Trends in Biochemical Sciences**, 12, 488-491, 1987.

SHIRATSUCJI, L. S. **Tecnologia de aplicação de herbicidas**. Planaltina – DF. Embrapa. Cerrados, 2002. 30p.

SHANMUGAVEL, S. et al. Isolation and analysis of mannose/trehalose/maltose specific lectin from jack bean with antibruhid activity., v. 91, p.1-14, 2016.

SHANTIBALA, T.; LOKESHWARI, R. K., DEBARAJ, H. Nutritional and antinutritional composition of the five species of aquatic edible insects consumed in Manipur, India **Journal of Insect Science**, v.14, n.14, 2012.

SILVA, M. R. Fatores antinutricionais:inibidores de proteases e lectinas. **Rev. Nutr.** 13, abr. 2000.

SILVA, I. F. D.; PEREIRA, D. D. S.; SILVA, S. R. F. Estudos morfológicos do bambu (*Bambusa cf. vulgaris* L.), uma espécie invasora em área de mata atlântica no parque municipal de Maceió-Alagoas. **Revista Semente**, v. 6, n. 6, p. 99-109, 2011.

SILVA, C.P.; LEMOS, F.J.A.; SILVA, J.R. **Digestão em Insetos**. Tópicos Avançados em Entomologia Molecular Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Entomologia Molecular INCT – EM – 2012

SILVA, M. C. C.; SANTANA, L. A.; MENTELE, R.; FERREIRA, R.S; MIRANDA, A.; SILVA-LUCCA, R.A.; SAMPAIO, M.U.; CORREIA, M.T.S.; OLIVA, M.L.V. Purification, primary structure and potential functions of a novel lectin from *Bauhinia forficata* seeds, *Process Biochem.* 47 1049–1059, 2012.



SILVA, S. M. M.; PEREIRA, J. E. S.; SILVA, W. C. **Conservação e diversidade de bambu *Guadua* no Acre. Org.** Siviero, A. Santos, R. C.; Mattar, E. P. L. Conservação e tecnologias para o desenvolvimento agrícola e florestal do acre. 1º edição, 2019 p. 83.

SILVA, A. B., BRITO, J. M. Controle biológico de insetos-pragas e suas perspectivas para o futuro. **Agropecuária Técnica**, 36 (1), p. 248–258, 2015.

SILVA P. M., et al. The juicy sarcotesta of *Punica granatum* contains a lectin that affects growth, survival as well as adherence and invasive capacities of human pathogenic bacteria. **Journal Functional Foods**, v. 27, p. 695–702, 2016.

SILVA, J. D. F. et al. *Portulaca elatior* root contains a trehalose-binding lectin with antibacterial and antifungal activities. **International journal of biological macromolecules**, v. 126, p. 291-297, 2019.

SILVA, S. M. M.; PEREIRA, J. E. S.; SILVA, W. C. **Conservação e diversidade de bambu *Guadua* no Acre. Org.** Siviero, A. Santos, R. C.; Mattar, E. P. L. Conservação e tecnologias para o desenvolvimento agrícola e florestal do acre. 1º edição, 2019 p. 83.

SILVA; J. D. F.; SILVA, S. P.; SILVA, P. M.; VIEIRA, A. M; ARAÚJO, L. C. C; LIMA, T. A; OLIVEIRA, A. P. S; CARVALHO, L. V. N.; PITT, M. G. R; MELO, M. J. B. R.; PINHEIRO, I. O.; ZINGALI, R. B; CAVALCANTI, M. S. M; NAPOLEÃO, T. H.; PAIVA, P. M. G. *Portulaca elatior* root contains a trehalose-binding lectin with antibacterial and antifungal activities. **Inter. J. Biol. Macromol.**, 126, p. 291-297, 2019.

SILVEIRA, M. (2000). **Estudos sobre a diversidade florística e arbórea como subsídios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre (ZEE/AC)**. Relatório Técnico. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre/World Wildlife Fund. 148p

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: Da planta ao medicamento**. 6. ed. Porto Alegre/Florianópolis: Universidade/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul/ Da Universidade Federal de Santa Catarina, 2007, 1102 p.

SINGH, R. S.; THAKUR, S.R., KENNEDY, J. F. Purification and characterisation of a xylose-specific mitogenic lectin from *Dusarium sambucium*. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 152, 393 – 402, 2020.

SMITH, M.; NELSON, B. W. Fire favours expansion of bamboo-dominated forests in the south-west Amazon. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 27, n. 1, p. 59–64, 2011.

SNA. Disponível em: <https://www.sna.agr.br/potencial-do-bambu-desperta-interesse-economico>. Acesso em 01 de abr de 2020.

SGORLA, C. P.; NEVES, M. C. O. N. Quiosque de bambu do projeto do tucumã em Rio do Tucumã em Rio Branco, Acre. **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. 1º ed. Rio de Janeiro. 2017, p. 473-493. 2017.

SOARES, M. et al. Compostos Fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, v.30, n. 1, p. 59-64, 2008.

SOBRAL-SOUZA, C .E. et al. Therole of extracts from *Eugenia uniflora* L. against metal stress in eukaryotic and prokaryotic models. **South african journal of botany**. v. 131, p. 360-368, 2020.

SORENG, R. J. et al. A worldwide phylogenetic classification of the Poaceae (Gramineae). **Journal of Systematics and Evolution**, v.53, p.117-137, 2015.

SOUZA, A. M.; AVILA, C., J., PARRA, J., R. Consumo e Utilização de Alimento por *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Pyralidae), *Heliothis virescens* (Fabr.) e *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em Duas Temperaturas. **Neotropical Entomology**, 30, p. 11-17, 2001.

SOUZA FILHO, A. P. S.; ALVES, S. M. Alelopatia - princípios básicos e aspectos gerais. **Belém: Embrapa Amazônia Oriental**, 2006. 260p.

SOUZA, R. O. S. et al. Trypanocidal activity of polysaccharide extract from *Genipa americana* leaves. **Journal. Ethnopharmacology**, v.210, 311–317, 2018.

SOUZA, C. S., et al. Effects of *Opuntia ficus-indica* lectin on feeding, survival, and gut enzymes of maize weevil, *Sitophilus zeamais*. **Applied Biological. Chemistry**, v. 61, p. 337-343, 2018.

SOUSA, R. Z. P. et al. **Gestão de projetos aplicada à construção civil**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, ed. 01, vol. 01, p. 14-30, 2020.

SPARKS, Thomas C.; LORSBACH, Beth A. Perspectives on the agrochemical industry and agrochemical discovery. **Pest management science**, v. 73, n. 4, p. 672-677, 2017.

SPRAWKA, I., GOŁAWSKA, S. Effect of the lectin PHA on the feeding behavior of the grain aphid. **J Pest Sci**, 83, 149–155, 2010.

STRONG. D. R., J. H. LAWTON, AND R. SOUTHWOOD. **Insects on plants: community patterns and mechanisms**. Blackwell Scientific. Oxford. England. 1984.

STRYER, L.; BERG, J. M.; TYMOCZKO, J. L. **Biochemistry: International Edition**. 2008.

- SUNGKAEW, S.; STAPLETON, C. M. A.; HODKINSON, T.R. Non-monophyly of the woody bamboos (Bambuseae; Poaceae); a multi-gene region phylogenetic analysis of Bambusoideae. **Journal of Plant Research**, v.122, p.95-108, 2009.
- TACON, L. A, FREITAS L. A. P. Box–Behnken design to study the bergenin content and antioxidant activity of *Endopleura uchi* bark extracts obtained by dynamic maceration. **Rev Bras Farmacognosia**. n. 23, p. 65– 71. 2013.
- TANG, X.-T., IBANEZ, F., & TAMBORINDEGUY, C. Concanavalin A Toxicity Towards Potato Psyllid and Apoptosis Induction in Midgut Cells. *Insects*, v.11, p. 243, 2000.
- TANPICHAI, S. et al. Porosity, density and mechanical properties of the paper of steam exploded bamboo microfibrils controlled by nanofibrillated cellulose. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 8, p. 3612–3622, 2019.
- TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.
- TAVARES, W. S., et al. Ar-turmerone from *Curcuma longa* (Zingiberaceae) rhizomes and effects on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Industrial Crops and Products**, v. 46, p. 158–164, 2013.
- TAVARES, W. S.; FREITAS, S. S.; GEISEL HUDSONGRAZZIOTTI, G. H.; PARENTE, L. M. J.; LIÃO, L. M.; ZANUNCIO, J. C. Ar-turmerone from *Curcuma longa* (Zingiberaceae) rhizomes and effects on *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Industrial Crops and Products*, v. 46, april, p. 158-164, 2013.
- TAVARES, W. R.; BARRETO, M. D. C.; SECA, A. M. L. Aqueous and Ethanolic Plant Extracts as Bio-Insecticides—Establishing a Bridge between Raw Scientific Data and Practical Reality. **Plants**, 10, 920 2021.
- TENÓRIO, D. A., ROCHA, E. M. M., OLIVEIRA, J. E. 2004. Bambu semeia desenvolvimento econômico. **Fapeal Rumo: Ciência, tecnologia e inovação. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas**. Ano 2, nº 03, junho de 2004. p. 16-17.
- THAKUR, Randhir, P. S. et al. **Apparatus for cyclical deposition of thin films**. U. S. Patente. n. 7, v.713, 13 fev. 2007, p.175.
- THEIS, T., STAHL, U. Antifungal proteins: targets, mechanisms and prospective applications. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 61, p. 437-455, 2004.
- THIPATHI, Y. C.; JHUMKA, Z; ANJUN, N. Evaluation of total polyphenol and antioxidant activity of leaves of *Bambusa nutans* and *Bambusa vulgaris*. **Journal of Pharmacy Research**. v. 9, p. 271-277, 2015.

TRUJILLO, D. J. A; RAMAGE, M; CHANG, W. S. Lightly modified bamboo for structural applications. **Proceedings of the ICE-Construction Materials**, v. 166, n. 4, p. 238-247, 2013.

QUIDEAU, S.; DEFFIEUX, D.; DOUAT-CASASSUS, C.; POUYSEGU, L. Plant polyphenols: chemical properties, biological activities, and synthesis. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 50, n. 3, p. 586-621, 2011.

UNITED STATES. Environmental Protection Agency. **Integrated Risk Information System: IRIS**. Washington, DC: Environmental Protection Agency, c2019.

UPADHYAY, Neha et al. Essential oils as eco-friendly alternatives to synthetic pesticides for the control of *Tribolium castaneum* (Herbst), (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 21, n. 2, p. 282-297, 2018.

URQUIAGA, I. & LEIGHTON, F. Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. **Biological Research**, v.33, n.2, p.55- 64, 2000.

VALENCIA, M., DURANGO, S., PINILOS, J., GALLARDO, C. Extracción de fracciones con actividad antioxidante en hojas de *Guadua angustifolia* Kunth. **Revista Cubana de Plantas Medicinables**. v. 16: p. 364-373, 2011.

VAN DAMME, E. J. M., PEUMANS, W. J. BARRE, A., ROUGÉ, P. Plant lectins: a composite of several distinct families of structurally and evolutionarily related proteins with diverse biological role. **Critical Review in Plant Sciences**. v.17, p. 575-692, 1998.

VANTI, G. L. et al. Potent insect gut binding lectin from *Sclerotium rolfsii* impart resistance to sucking and chewing type insects in cotton. **Journal Biotechnology**, v. 30, p. 278- 287, 2018.

VAZ, A.M.S.F. 2013. *Bauhinia*. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013.

WAR, A. R.; PAULRAJ, M.G.; WAR, M.Y. IGNACIMUTHU S. Herbivore- and elicitor-induced resistance in groundnut to Asian armyworm, *Spodoptera litura* (Fab.) (Lepidoptera: Noctuidae). **Plant Signal Behav**, v.6, p. 1769-177, 2011.

WAR, A. R. et al. Mechanisms of Plant Defense against Insect Herbivores. **Plant Signaling & Behavior**, v. 7, p. 1306-1320, 2012.

WATSON, L.; DALLWITZ, M. J. The grass genera of the world. Cambridge: C.A.B. International, p 365-367, 1992.

WINK, M. Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. **Phytochemistry**, v.64, n.1, p.3-19. 2003.

WONG, F.; XIAO, J.; WANG, S.; EE, K.; CHAI, T. Advances on the antioxidant peptides from edible plant sources. **Trends in Food Science & Technology**, v. 99, p. 44-57, 2020.

WORLD BAMBOO. Disponível em <<http://www.worldbamboo.net>>. Data de acesso: 10/05/2020.

XIE Y. S.; FIILDS P. G.; ISMAN M. B. Repellency and toxicity of azadirachtin and neem to three store - product beetles. **Journal of Economic Entomology**, v.88, p. 1024-1031, 1996.

YEASMIN, L., ALI, M. N., GANTAIT, S., CHAKRABORTY, S. Bamboo: an overview on its genetic diversity and characterization. **Biotech**, v. 201, p. 1–11, 2015.

ZANON, Graciane. **Análise Fitoquímica e Estudo das Atividades Antimicrobiana, Antioxidante e de Inibição da Enzima Acetilcolinesterase das espécies *Zanthoxylum rhoifolium* e *Zanthoxylum hyemale***. 2010. 174f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

ZAPATA, N., VAN DAMME, E. J. M., VARGAS, M., DEVOTTO, L., & SMAGGHE, G. Insecticidal activity of a protein extracted from bulbs of *Phycella australis* Ravenna against the aphids *Acyrtosiphon pisum* Harris and *Myzus persicae* Sulzer. **Chilean Journal of Agricultural Research**, 76, 188–194, 2016.

ZHANG, J. et al. Antibacterial activity of water-phase extracts from bamboo shavings against food spoilage microorganisms. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, p. 7710-7717, 2010.

ZHANG, C. et al. *Momordica Charantia* lectin exhibits antitumor activity towards hepatocellular carcinoma. **Investigational New Drugs**, v. 33, p. 1–11, 2015.

ZHANG, J.; ZHANG, Y.; ZHAMG, L; WEI, Q.; LIU, YANG, DINGLONG, Y. A sialic acid-binding lectin with bactericidal and opsonic activities from *Ruditapes philippinarum*. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 79, p. 72-80, 2019.

ZENG, Q., LIN, F., ZENG, L., DENG, Y., LI, L. Purification and characterization of a novel immunomodulatory lectin from *Artocarpus hypargyreus* Hance. **International Immunopharmacology**, v. 71, 285-294, 2019.

ZHOU, B. Z.; FU, M. Y.; XIE, J. Z.; YANG, X. S.; LI, Z. C. Ecological functions of bamboo forest: Research and application. **Journal of Forestry Research.**, v.16, pag. 143-147, 2005.

## APÊNDICE

## Comprovante de submissão de depósito de patente



25/03/2020 870200039330  
16:01  
29409161917298004

Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2020 006006 6

Dados do Depositante (71)

---

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 24464109000148

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Instituição de Ensino e Pesquisa

Endereço: Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins

Cidade: Maceió

Estado: AL

CEP: 57072-970

País: Brasil

Telefone: 82-3214-1064

Fax: 82-3214-1035

Email: nit@propep.ufal.br

Dados do Pedido

---

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

**Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54):** Obtenção de inseticida a partir do colmo de *Guadua angustifolia* Kunth (Poaceae: Bambusoideae) contra o besouro *Tribolium castaneum* (Herbst 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae)

**Resumo:** O besouro castanho avermelhado, *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae), atualmente é um importante inseto praga causador de grandes prejuízos econômicos em grão armazenados na América do Sul. Dentre os diversos métodos alternativos explorados com a finalidade de controlar pragas de grãos, os extratos de plantas vem ganhando espaço por ser de fácil obtenção e manuseio, sendo uma importante alternativa para o plano de ações voltadas ao manejo integrado de pragas (MIP) e a redução do consumo de agrotóxicos. A *Guadua angustifolia* é uma espécie de bambu bastante utilizada pelo homem em diversas atividades, tais como fonte de alimento, medicamento e material de construção civil. Na presente invenção foram preparados o extrato do colmo pulverizado da *Guadua angustifolia* e foram submetidas a avaliação da atividade inseticida dos insetos adultos de *Tribolium castaneum*, resultando na interferência nos efeitos na sobrevivência (50% de mortalidade) e deterrência alimentar dos insetos tratados. Desta forma, a preparação do extrato do colmo da *Guadua angustifolia* apresenta ser uma importante ferramenta, funcionando como isca com potencial tóxico para utilização no controle de *Tribolium castaneum*.

**Figura a publicar:** 1

## 21

## Extratos de plantas com potencial inseticida do Bioma Brasileiro: um referencial teórico

| Camila Pereira de Lima **Chicuta**  
UFAL

| Andréa Carla de Almeida **Barros**  
UFAL

| Janaina Kívia Alves **Lima**  
UFAL


| Cristiane Canuto dos Santos **Tavares**  
UFAL

| Keilane Cruz **França**  
UFAL

| Marta Ângelo dos Santos  
UFAL

| Ruth Rufino do **Nascimento**  
UFAL

| Francis Soares **Gomes**  
UFAL

 10.37885/210504598

09

“ Lectinas: purificação,  
mecanismos de ação inseticida  
e potencial biotecnológico

| Andréa Carla de Almeida **Barros**  
UFAL

| Tatielle Pereira **Silva**  
FAINOR

| Anyelly Gomes **Santos**  
UFAL

| Stella Freitas de **Queiroz**  
UFAL

| Francis Soares **Gomes**  
UFAL