



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

ROGÉRIO JUCÁ DOS SANTOS FILHO

AÇÃO DA TORTA DE MAMONA E DE ALGODÃO SOBRE O NEMATOIDE DE
CISTO DAS CACTÁCEAS (*Cactodera cacti*)

FORTALEZA

2024

ROGÉRIO JUCÁ DOS SANTOS FILHO

AÇÃO DA TORTA DE MAMONA E DE ALGODÃO SOBRE O NEMATOIDE DE CISTO
DAS CACTÁCEAS (*Cactodera cacti*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Souza Lima
Coorientadora: Prof^a Dr^a Carmem Dolores Gonzaga Santos.

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S238 Santos Filho, Rogério Jucá dos.
Ação da torta de mamona e de algodão sobre o nematoide de cisto das cactáceas (*Cactodera cacti*) / Rogério Jucá dos Santos Filho. – 2024.
68 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Cristiano Souza Lima.
Coorientação: Profa. Dra. Carmem Dolores Gonzaga Santos.
1. *Hylocereus*. 2. Heteroderídeos. 3. Fitonematoides. 4. Mamona. 5. Algodão. I. Título.
CDD 630
-

ROGÉRIO JUCÁ DOS SANTOS FILHO

AÇÃO DA TORTA DE MAMONA E DE ALGODÃO SOBRE O NEMATOIDE DE CISTO
DAS CACTÁCEAS (*Cactodera cacti*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia
Área de concentração: Fitotecnia.

Aprovada em: 31/07/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Cristiano Souza Lima (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Carmem Dolores Gonzaga Santos (Coorientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcio Cléber de Medeiros Corrêa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Francisco Jorge Carlos de Souza Junior
Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA)

A Deus.

Aos meus pais, Rogério e Gláucia.

Ao meu Irmão Jhonatan.

À toda minha família e amigos.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

A Deus, por ser minha fortaleza em todos os momentos, principalmente naqueles em que nem eu mesmo acreditei em mim.

À Universidade Federal do Ceará, pela minha formação acadêmica e pelo suporte estrutural ao meu projeto de pesquisa ao longo dos dois anos em que conduzi essa dissertação.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico FUNCAP, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Aos meus pais, Rogério e Gláucia, pelo grande suporte dado a minha trajetória como estudante. Sem vocês, não teria conseguido finalizar esta etapa em minha vida.

Ao meu irmão, Jhonatan, por todo suporte (principalmente logístico). Foi necessário para o vencimento desta etapa.

À toda minha família e amigos.

Aos técnicos e colegas que direta ou indiretamente me auxiliaram na conclusão deste mestrado.

À orientadora Prof. Dra. Carmem Dolores Gonzaga Santos, pela excelente orientação, correções, ensinamentos, pelo apoio para que eu persistisse no programa e pela flexibilidade quanto a escolha do tema e, com certeza, pela paciência. É um exemplo de profissional!

Ao Dr. Bruno Café, pelo acompanhamento, ajuda e disponibilidade para sanar todas as minhas dúvidas.

Ao Lucas, por gentilmente me levar a Fortaleza em algumas segundas-feiras quando precisei desse apoio.

Aos meus pets Melody e Preta, as duas calopsitas e alguns agregados, como a Branca. Foram meu suporte e alívio em momentos de estresse.

Aos bolsistas do Programa de Iniciação Acadêmica da PRAE-UFC, Ana Raquel e Leonardo Brandão, pelo grande suporte dado na execução das atividades e pelo ótimo convívio que tivemos.

A todos os meus amigos da pós-graduação, em especial, Bruna, Fabiana, Edilaine, Izabella que estiveram comigo durante todo este período e que, com certeza, me ajudaram muito com os estudos em grupo nas atividades das disciplinas, e pelo agradável convívio e até mesmo pelo suporte emocional.

A todos os meus amigos pessoais, em especial Brenda e Bruna, pela convivência e pelas chamadas de vídeo que fizemos, que começaram desde a graduação até o presente persistindo a boa amizade. Os conselhos e conversas foram fundamentais!

Ao corpo docente do curso de graduação de Agronomia da UFC e do Programa da Pós-Graduação Agronomia/Fitotecnia, responsável por todo o conhecimento científico e técnico que adquiri com as numerosas disciplinas que cursei e que me permitiram prosseguir nos estudos e finalizar com êxito a pós-graduação.

Aos professores participantes da banca examinadora Dr. Cristiano Souza Lima e Dr. Marcio Cléber de Medeiros Corrêa pelo tempo dedicado à leitura desse trabalho, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Ao Dr. Francisco Jorge Carlos de Souza Junior pelo aceite em fazer parte da avaliação deste trabalho e pelas importantes sugestões.

“Quando você faz uma descoberta - mesmo se
você for a última pessoa na Terra a ver a luz-
você jamais vai se esquecer.” (CARL SAGAN,
2006).

RESUMO

Os fitonematoides são patógenos capazes de parasitar plantas e causar sérios danos. Por isso, objetivando investigar o efeito de tortas de mamona e de algodão, de conhecida ação nematicida, sobre a população de *C. cacti* foram realizados três experimentos com esse patógeno. O primeiro ensaio consistiu da avaliação das seguintes concentrações de torta de mamona: 0; 0,5; 1; 2 e 4 g por litro de água as quais foram filtradas decorridas 24 horas da imersão, os filtrados foram distribuídos em placas de Petri, as quais continham 1 mL de suspensão contendo 50 ovos de *C. cacti*. As placas foram observadas diariamente por 20 dias para observação da eclosão dos juvenis de segundo estágio. Ensaio com a torta de algodão *in vitro* não foram viáveis. O segundo ensaio foi conduzido com mudas de pitaya inoculadas com o nematoide. Inicialmente, 10 cistos do patógeno foram depositados em sacos plásticos contendo 1 quilograma de substrato autoclavado. Aos sacos foram também adicionadas seis concentrações de torta de mamona e de torta de algodão (0; 0,5; 1; 2; 4 e 5 g) procedendo a uniformização das tortas com o substrato e, em seguida, a mistura foi vertida em vasos de 2 quilogramas. Duas semanas depois, nos referidos vasos foram transplantadas mudas de pitaya e após 45 dias avaliou-se o efeito das tortas sobre o nematoide. Os cladódios foram conduzidos ao laboratório para extração do patógeno das raízes. A suspensão de nematoides foi levada para microscópio estereoscópio. Os ensaios *in vitro* e *in vivo* foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado com 5 repetições. Os resultados do ensaio *in vitro* com os 5 tratamentos da torta de mamona demonstraram que, em geral, houve redução da taxa de eclosão de juvenis, sendo maior no tratamento com a dose de torta mais elevada (4,0 g), na qual eclodiram em média 6,8 juvenis por placa, correspondendo a 13,6% de eclosão. Nos demais tratamentos, os valores foram de 20,8%, 34,0%, 40,0% de eclosão, conforme a redução da dose da torta de mamona (2; 1 e 0,5 g). No controle, a taxa de eclosão foi de 57,2%. No segundo experimento, observou-se que o número médio de cistos foi de 94,4. Nos tratamentos com a torta de mamona houve redução no número de cistos em 48,7%; 56,1%; 58,9%; 97,2% e 98,9%, respectivamente, em relação à testemunha, para as doses de 0,5; 1; 2; 4 e 5 g. No terceiro ensaio, observou-se um número médio de 96,2 cistos presentes nas raízes das plantas do controle. Para os tratamentos com a torta de algodão ocorreu a diminuição do número de cistos de 32,2%; 49,5%; 58,8%; 92,9% e 97,1% para as doses de 0,5; 1; 2; 4 e 5 g, respectivamente. Os resultados *in vivo* demonstraram que a torta de mamona e de algodão nas doses de 4,0 e 5,0 g reduziram significativamente o número de cistos do patógeno, sugerindo que podem ser empregadas no manejo do *C. cacti*.

Palavras-chave: *Hylocereus*; heterododerídeos; fitonematoides; mamona; algodão.

ABSTRACT

Plantnematodes are pathogens capable of parasitizing plants and causing serious damage. Therefore, to investigate the effect of castor bean and cottonseed cakes, on the population of *C. cacti*, three experiments were conducted with this pathogen. The first trial consisted of evaluating the following concentrations of castor bean cake: 0; 0.5; 1; 2 and 4 g per liter of water, which were filtered after 24 hours of immersion. The filtrates were distributed in Petri dishes, which contained 1 mL of suspension containing 50 *C. cacti* eggs. The dishes were observed daily for 20 days to observe the hatching of second-stage juveniles. *In vitro* trials with cottonseed cake were not viable. The second trial was conducted with pitaya seedlings inoculated with the nematode. Initially, 10 cysts of the pathogen were deposited in plastic bags containing 1 kg of autoclaved substrate. Six concentrations of castor bean cake and cottonseed cake (0; 0.5; 1; 2; 4 and 5 g) were also added to the bags, and the cakes were standardized with the substrate. The mixture was then poured into 2 kg pots. Two weeks later, pitaya seedlings were transplanted into the pots above and, after 45 days, the effect of the cakes on the nematode was evaluated. The cladodes were taken to the laboratory for extraction of the pathogen from the roots. The nematode suspension was taken to a stereomicroscope. The *in vitro* and *in vivo* tests were conducted in a completely randomized design with 5 replicates. The results of the *in vitro* test with the 5 castor bean cake treatments demonstrated that, in general, there was a reduction in the hatching rate of juveniles, being greater in the treatment with the highest cake dose (4.0 g), in which an average of 6.8 juveniles hatched per plate, corresponding to 13.6% hatching. In the other treatments, the values were 20.8%, 34.0%, and 40.0% hatching, according to the reduction in the castor bean cake dose (2; 1, and 0.5 g). In the control, the hatching rate was 57.2%. In the second experiment, it was observed that the average number of cysts was 94.4. In the treatments with castor bean cake, there was a reduction in the number of cysts of 48.7%; 56.1%; 58.9%; 97.2%, and 98.9%, respectively, about the control, for the doses of 0.5; 1; 2; 4, and 5 g. In the third trial, 96.2 cysts were observed in the roots of the control plants. For the treatments with cottonseed cake, the number of cysts decreased by 32.2%; 49.5%; 58.8%; 92.9%, and 97.1% for the doses of 0.5; 1; 2; 4, and 5 g, respectively. The *in vivo* results demonstrated that castor bean and cottonseed cake at doses of 4.0 and 5.0 g significantly reduced the number of pathogen cysts, suggesting that they can be used in the management of *C. cacti*.

Keywords: Hylocereus; heterododerids; plantnematodes; castor bean; cotton.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Principais espécies de pitaya. A: <i>Hylocereus setaceus</i> . B: <i>Hylocereus megalanthus</i> . C: <i>Hylocereus costaricensis</i> e D: <i>Hylocereus undatus</i>	18
Figura 2 – Cone vulvar de <i>Cactodera cacti</i> , evidenciando cisto circunfrenestrado, ânus com ausência de fenestração ao redor. Barra da escala = 50µm.....	25
Figura 3 – A-B. Torta de mamona em água após passagem em peneira de 200 mesh.....	32
Figura 4 – A-B. Aspecto da torta de algodão em água.....	33
Figura 5 – Beckers contendo diferentes doses de torta de mamona após agitação e 24 horas de descanso.....	33
Figura 6 – Cisto aberto de <i>Cactodera cacti</i> , expondo ovos.....	34
Figura 7 – Adição das doses de torta de mamona às placas contendo 50 ovos de <i>Cactodera cacti</i>	34
Figura 8 – Cistos obtidos após o processo de extração sob visualização do microscópio estereoscópico.....	36
Figura 9 – Processo de pesagem do substrato em sacos plásticos.....	37
Figura 10 – Processo de infestação do solo, sendo depositado o conteúdo do microtubo em sulco.....	37
Figura 11 – A-B. Pesagem de doses das tortas de algodão e de mamona.....	37
Figura 12 – Adição de torta ao solo.....	38
Figura 13 – A-B: Vasos com as tortas deixados sob bancada em casa de vegetação para decomposição.....	38
Figura 14 – A-B. Processo de transplântio das pitayas. C: Vasos com pitayas já transplantadas sob bancada.....	39
Figura 15 – Fases de <i>Cactodera cacti</i> encontradas no teste <i>in vitro</i> . A: Ovo; B e C: Eclosão de J2; D: J2 eclodido.....	41
Figura 16 – Fases de <i>Cactodera cacti</i> obtidos de pitaya em casa de vegetação após 45 dias. A: J2. B: J3. C: J4. D: Fêmea jovem; E: Fêmea iniciando a produção de ovos; F: Fêmea madura; G: Cisto amarelo-pálido; H: Cisto caramelo; I: Cisto marrom.....	45
Figura 17 – Fêmea (A) e cistos (B) de <i>Cactodera cacti</i> , presentes nas raízes de pitaya.....	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Eclosão acumulada de juvenis com as diferentes doses de torta de mamona, durante 20 dias.....	42
Gráfico 2 – Regressão da eclosão com doses da torta de mamona.....	42
Gráfico 3 – Análise da taxa de eclosão com as doses de torta de mamona do ensaio <i>in vitro</i>	43
Gráfico 4 – Análise de regressão do número médio de cistos obtidos de raízes de pitaya e as doses de torta de mamona após 45 dias.....	47
Gráfico 5 – Análise de regressão do número médio de cistos obtidos de raízes de pitaya e as doses de torta de algodão após 45 dias cistos.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número total de indivíduos (J3, J4, fêmeas e cistos) em raízes de pitaya, conforme a adição de 10 cistos ao solo e doses das tortas de mamona e de algodão, após 45 dias.....	44
Tabela 2 – Número total de cistos em raízes de pitaya após 45 dias, conforme as doses da torta de mamona adicionadas ao substrato.....	46
Tabela 3 – Número total de cistos em raízes de pitaya após 45 dias, conforme as doses da torta de algodão adicionadas ao substrato.....	46
Tabela 4 – Tipos de cistos por repetição na dose 0 g da torta de mamona.....	64
Tabela 5 – Tipos de cistos por repetição na dose 0,5 g da torta de mamona.....	64
Tabela 6 – Tipos de cistos por repetição na dose 1,0 g da torta de mamona.....	64
Tabela 7 – Tipos de cistos por repetição na dose 2,0 g da torta de mamona.....	65
Tabela 8 – Tipos de cistos por repetição na dose 4,0 g da torta de mamona.....	65
Tabela 9 – Tipos de cistos por repetição na dose 5,0 g da torta de mamona.....	65
Tabela 10 – Número de cistos na dose 0 g da torta de algodão.....	66
Tabela 11 – Tipos de cistos por repetição na dose 0,5 g da torta de algodão.....	66
Tabela 12 – Tipos de cistos por repetição na dose 1,0 g da torta de algodão.....	66
Tabela 13 – Tipos de cistos por repetição na dose 2,0 g da torta de algodão.....	67
Tabela 14 – Tipos de cistos por repetição na dose 4,0 g da torta de algodão.....	67
Tabela 15 – Tipos de cistos por repetição na dose 5,0 g da torta de algodão.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

J1	Juvenil de primeiro estádio
J2	Juvenil de segundo estádio
J3	Juvenil de terceiro estádio
J4	Juvenil de quarto estádio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1	Família Cactaceae.....	16
2.1.1	<i>Cultura da pitaya.....</i>	17
2.2	Fitonematoides.....	20
2.2.1	<i>Família Heteroderidae.....</i>	22
2.2.1.1	<i>Gênero Cactodera.....</i>	23
2.2.3	<i>Controle de fitonematoides.....</i>	26
2.3	Torta de mamona.....	28
2.4	Torta de algodão.....	30
3	METODOLOGIA.....	32
3.1	Experimento <i>in vitro</i>.....	32
3.1.2	<i>Adição do inóculo.....</i>	33
3.1.3	<i>Análises laboratoriais.....</i>	34
3.1.4	<i>Análise estatística.....</i>	34
3.2	Experimento em casa de vegetação.....	35
3.2.1	<i>Uniformização de substrato e autoclavagem.....</i>	35
3.2.2	<i>Obtenção das mudas.....</i>	35
3.2.3	<i>Obtenção do inóculo.....</i>	35
3.2.4	<i>Pesagem do substrato.....</i>	36
3.2.5	<i>Infestação do substrato.....</i>	37
3.2.6	<i>Adição de torta ao substrato.....</i>	38
3.2.7	<i>Deposição do substrato em vasos.....</i>	38
3.2.8	<i>Transplântio de pitaya.....</i>	39
3.2.9	<i>Avaliação das raízes de pitaya e extração de cistos.....</i>	39
3.2.10	<i>Análises laboratoriais.....</i>	39
3.2.11	<i>Análise estatística.....</i>	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
5	CONCLUSÃO.....	52
	REFERÊNCIAS.....	53

APÊNDICE A- TABELAS DE NÚMEROS TOTAIS DE CISTOS POR CADA TRATAMENTO.....	64
---	-----------

1 INTRODUÇÃO

Os nematoides são animais amplamente distribuídos ao redor do mundo, podendo ser indivíduos de vida livre, parasitas de animais, do homem ou de plantas. Estes últimos recebem a denominação de fitonematoides (TIHOHOD, 1993).

Nas plantas provocam o desvio de nutrientes e causam grandes prejuízos morfológicos e fisiológicos, responsáveis por perdas econômicas muito sérias nas culturas. O quadro sintomatológico pode iniciar com a clorose das folhas e subdesenvolvimento. Em estágios mais avançados ou na presença de altas taxas populacionais do fitoparasita, a espécie vegetal parasitada apresenta redução na produção, podendo, inclusive, não sobreviver (FERRAZ; BROWN, 2016).

Um problema ocasionado pela presença de sintomas secundários, oriundos do parasitismo de fitonematoides, é a atribuição incorreta feita a déficits nutricionais, levando o produtor a adotar manejos de adubação ineficazes, gerando gastos desnecessários. A disseminação de nematoides em uma área cultivada ocorre principalmente pela movimentação de solo e água (FERRAZ; BROWN, 2016).

O fitonematoide *Cactodera cacti* (Filipjev & Schuurmans Stekhoven, 1941) foi relatado pela primeira vez ocorrendo em campo no estado do Ceará parasitando mandacaru (*Cereus jamacaru* D.C.). Nos estudos iniciais conduzidos no setor da Fitossanidade do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, foi possível verificar que a pitaya vermelha (*Hylocereus costaricensis* (F.A.C.Weber) Britton & Rose) é uma boa hospedeira do patógeno (CAFÉ, 2019; CAFÉ *et al.*, 2021), o que representa uma potencial ameaça para a cactácea frutífera, atualmente em crescente exploração no estado do Ceará.

O controle de fitonematoides não é uma tarefa fácil, uma vez que esses fitoparasitas reproduzem-se facilmente em suas hospedeiras, as quais podem ser culturas de interesse econômico ou vegetação espontânea. Além disso, a maioria das espécies parasitas afeta a parte subterrânea das culturas, não sendo possível a visualização deste ataque nas raízes (TIHOHOD, 1993).

Alguns gêneros de fitonematoides formam estruturas de resistência, sobrevivendo sob condições adversas por longo período de tempo, como acontece com *C. cacti*, fitonematoide formador de cistos. Cistos são estruturas formadas pela retenção de ovos no corpo de fêmeas, o que provoca o deslocamento e compressão dos órgãos internos, seguida de formação de cutícula enrijecida que paulatinamente escurece até adquirir tom marrom. Essa lignificação do corpo das fêmeas protege os ovos garantindo a sobrevivência do nematoide por longos períodos na ausência de plantas hospedeiras (CAFÉ, 2019; TIHOHOD, 1993).

Os métodos de controle são variados, englobando práticas físicas, genéticas, químicas, biológicas e culturais que agem sobre o desenvolvimento e reprodução destes patógenos (FERRAZ e BROWN, 2016; ROSSKOPF *et al.*, 2020).

O uso de matéria orgânica (controle cultural) para controle de fitonematoides tem sido frequentemente relatado como uma prática eficaz devido a liberação de compostos tóxicos a fitonematoides durante a sua decomposição, pelo uso como substrato para os antagonistas de patógenos de solo e por melhorar a nutrição das plantas, que conseguem se defender melhor sob a condição de parasitismo (ROSSKOPF *et al.*, 2020).

A adição de tortas oleaginosas tem demonstrado bons resultados no controle de nematoides que afetam plantas e animais e por liberarem compostos tóxicos. Tortas de algodão e de mamona, subprodutos oriundos da extração de óleo dessas espécies, e que comumente são empregados na nutrição de plantas, liberam fenóis, aldeídos, amônio e compostos orgânicos voláteis que são tóxicos a fitonematoides (ISMAIL *et al.*, 2011; ESTUPIÑAN-LÓPEZ *et al.*, 2017; PEDROSO *et al.*, 2019; PEDROSO *et al.*, 2020).

A ação tóxica de compostos liberados pelas tortas oleaginosas pode ser visualizada com a dissolução lipídica, desnaturação proteica, inibição de elétrons e inibição de enzimas vitais (ISMAIL *et al.*, 2011). Na literatura, porém, não há estudos que verifiquem a eficácia de tortas de oleaginosas sobre o nematoide de cisto das cactáceas *C. cacti*.

No estado do Ceará, existem indústrias que realizam processamento vegetal do caroço de algodão, sendo gerado, ao final, produtos agroindustriais como o óleo vegetal para consumo humano e torta como resíduo (ICOFORT, 2022; INDUSTRIA GOLFILHO, 2024).

Considerando que o nematoide do cisto das cactáceas pode ser um fator limitante para a produção de pitaya vermelha, e que o manejo para o controle do patógeno seria necessário para evitar sua dispersão, o estudo da ação de tortas de mamona e de algodão sobre o patógeno torna-se de interesse, pois além de afetar nematoides, são materiais relativamente de baixo custo, ecológicos e que ainda podem atuar na nutrição das plantas.

As tortas de mamona e de algodão foram testadas para verificar a hipótese de que possuem ação sobre a população de *C. cacti*, sendo verificado, no experimento *in vitro*, as taxas de eclosão sob as diferentes doses da torta de mamona, e nos experimentos *in vivo*, o efeito das diferentes doses na redução no número de cistos do patógeno em plantas de pitaya.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Família Cactaceae

A família Cactaceae possui 129 gêneros e 1.450 espécies em várias regiões do mundo. No Brasil ocorrem apenas três subfamílias, sendo elas Pereskioideae, Opuntioideae e Cactoideae com várias espécies ameaçadas de extinção (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2024; GOETTSCHE *et al.* 2015).

O Brasil apresenta-se como importante centro de diversidade das cactáceas, com 82 gêneros e 483 espécies. Os estados que mais se destacam em relação ao número de espécies catalogadas são: Minas Gerais, com 106 registros, seguido da Bahia e Rio Grande do Sul, que possuem 104 e 69 espécies catalogadas, respectivamente. O estado do Ceará apresenta 28 espécies catalogadas. Em um panorama geral, Sudeste e Nordeste correspondem às regiões com maiores números de espécies, possuindo 136 e 113 espécies, respectivamente (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2024; ZAPPI & TAYLOR 2020).

No Brasil, verificando-se a importância das culturas do ponto de vista de publicação de trabalhos acadêmicos, alguns gêneros de destaque são: *Cereus* Mill., *Hylocereus* Britton & Rose, *Melocactus* Link & Otto, *Opuntia* Mill., *Pilosocereus* Byles & G.D.Rowley e *Tancinga* Britton & Rose que são representados por mandacaru, pitaya, coroa-de-frade, palma, facheiro e rabo-de-rato, respectivamente (PESSOA *et al.*, 2023).

O potencial econômico da família Cactaceae é recente, sendo observado aumento no cultivo de cactáceas com a obtenção de renda pelo produtor, principalmente devido ao fácil manejo e grande capacidade adaptativa, pois são culturas que conseguem se adaptar aos mais diversos climas e solos, mesmo em regiões onde as ocorrências pluviométricas são escassas, resistindo por um longo período de estiagem. Essa capacidade adaptativa pode ser explicada por uma série de mudanças morfológicas e fisiológicas adquiridas pelas espécies ao longo do tempo, como por exemplo a ausência de folhas (com exceção de *Pereskia aculeata* Mill.), a abertura dos estômatos somente a noite, caules modificados para acúmulos de reservas, entre outros (SANTOS *et al.*, 2019).

As plantas desta família apresentam utilizações diversas, como por exemplo na alimentação animal e do homem, servem também como plantas ornamentais e cercas vivas. Além disso, a presença de metabólitos secundários fazem com que essas culturas tenham potencial para utilização na melhoria da saúde humana, atuando na melhoria da respiração e na prevenção de câncer (CASSELS, 2019). A palma forrageira, por exemplo, pode ser utilizada na indústria de corantes, na medicina popular e na indústria cosmética (SIEGLOCH

et al., 2020). Os mesmos autores relatam que o conhecimento acerca do potencial destas plantas não é divulgado, havendo espécies que sequer foram estudadas.

Em estudo recente, *P. aculeata* ou ora-pro-nóbis mostrou-se ser uma alternativa na fabricação de compostos anticoagulantes de menor custo pela sua composição nutricional, que contém compostos fenólicos, carotenoides e flavonoides. Essas substâncias são capazes de atuar em compostos reativos, sendo indicadas em pessoas que sofreram acidente vascular cerebral e usuários de próteses cardíacas (SILVA, 2023).

2.1.1 Cultura da pitaya

O Brasil é um país com atividade agrícola constante e dentre as muitas atividades há destaque para a fruticultura, apresentando-se como o terceiro país produtor de frutas do mundo (DERAL, 2020). Dentre estas frutas cultivadas há a pitaya, pertencente ao gênero *Hylocereus* e nativa da América Central. O fruto é adornado por escamas verdes, sendo também utilizado como fruta ornamental e devido a esta característica em alguns lugares é denominada de fruta do dragão (ATTAR *et al.*, 2022).

A pitaya é rica em substâncias benéficas à saúde humana, como betacianinas, compostos fenólicos, polissacarídeos e terpenóides que podem atuar na prevenção de câncer, diabetes, obesidade, manutenção dos níveis de colesterol e regulação da pressão arterial, conferindo qualidade ao fruto, uma vez que dentro deste atributo há a avaliação da composição nutricional, assim como sabor, cor e aparência. A qualidade determina a aceitabilidade pelo consumidor (ATTAR *et al.*, 2022; IBRAHIM *et al.*, 2018).

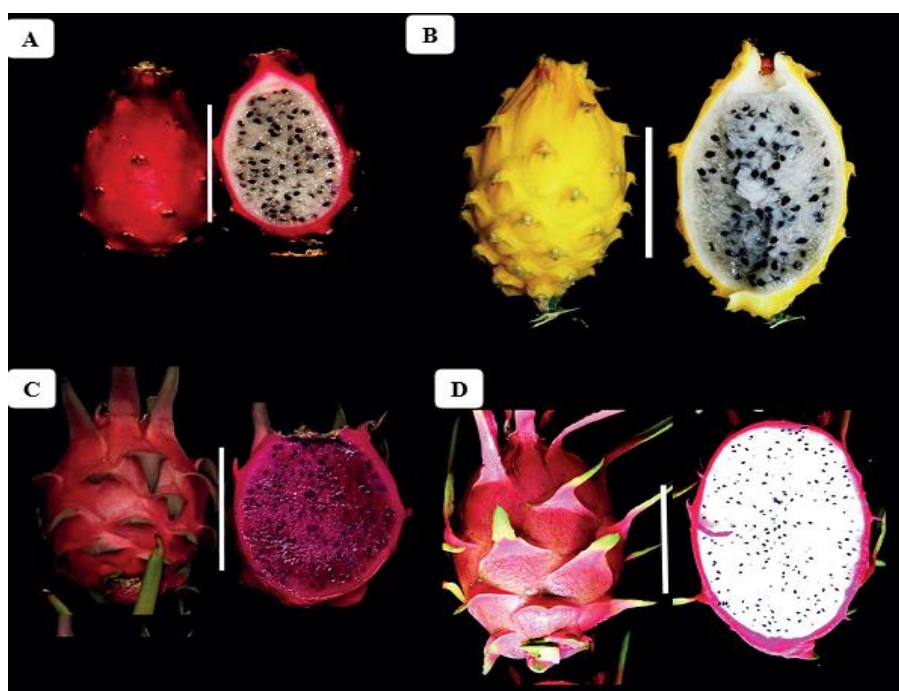
A rusticidade apresentada pela pitaya tem atraído muitos produtores pela necessidade de tratos culturais mais simples, em comparação com outras culturas, e a grande adaptabilidade à altas temperaturas e ambientes com pouca pluviosidade. Além disso, o fruto é considerado exótico, com alto valor agregado e grande potencial produtivo, mas para que se consiga boa rentabilidade é de suma importância o planejamento completo da atividade, englobando assim todos os custos necessários para implantação e condução da cultura (PAŠKO *et al.*, 2021; PIRES; KRAUSE, 2020).

A cultura possui grande número de utilidades, como por exemplo, na alimentação animal ou como ingrediente para compor rações, podendo ser empregada também no processamento de farinha, vinagre, suco, sorvete, corantes, doces, iogurtes e biscoitos (LIMA *et al.*, 2021; SOEDJATMIKO; CHRISNASARI; HARDJO, 2019). Além disso, a alta quantidade de polissacarídeos dos cladódios os fazem serem ingredientes na formulação de

fármacos e produtos cosméticos, como batons e cremes hidratantes (JIANG *et al.*, 2019; LIMA *et al.*, 2021).

As cores das cascas e polpa dos frutos de pitaya são determinantes para a classificação das espécies botanicamente, sendo as principais *Hylocereus costaricensis* (F.A.C.Weber) Britton & Rose) (casca vermelha e polpa vermelha), *H. megalanthus* (K.Schum. ex Vaupel) Ralf Bauer (casca amarela com espinhos e polpa branca), *H. undatus* (Haw.) Britton & Rose (casca vermelha e polpa branca) e *H. setaceus* (Salm-Dyck ex DC.) Ralf Bauer (casca vermelha com espinhos e polpa branca) (Figura 1). Ainda segundo os autores, *H. undatus* e *H. megalanthus* são as mais cultivadas no mundo e as que possuem maior interesse comercial, uma vez que a primeira possui boa produtividade e frutos maiores e a segunda possui frutos mais doces e de coloração amarela (SANTOS *et al.*, 2022).

Figura 1. Principais espécies de pitaya. A: *Hylocereus setaceus*. B: *Hylocereus megalanthus*. C: *Hylocereus costaricensis* e D: *Hylocereus undatus*.



Fonte: adaptado de Santos *et al.*, 2022.

O potencial máximo de produtividade da cultura, que varia de 10 a 40 toneladas por hectare, pode ser obtido em temperaturas de 20 a 30 °C com precipitações de 1.200 a 1.500 mm/ano (SANTOS *et al.*, 2022).

Devido a crescente expressividade da cultura no mercado brasileiro, em 2023, a Embrapa Cerrados desenvolveu cinco cultivares de pitaya, sendo elas: BRS Lua do Cerrado

(*H. undatus*); BRS Luz do Cerrado (*H. undatus*); BRS Granada do Cerrado (*H. setaceus*); BRS Minipitaya do Cerrado (*H. undatus* X *H. costaricensis*) e BRS Âmbar do Cerrado (*H. megalanthus*). A empresa destaca que todas apresentam boa produtividade (40 quilogramas de fruto por planta) e elevados teores de sólidos solúveis totais (brix) (EMBRAPA, 2023).

Em estudo recente, verificou-se que *H. costaricensis*, *H. megalanthus* e *H. undatus* possuem efeito citotóxico em células cancerígenas, sendo este efeito mais proeminente em *H. costaricensis*. Os autores afirmam que o efeito citotóxico não foi observado em células normais e que as pitayas de casca vermelha apresentaram maior efeito antioxidante, além de terem teor maior de polifenóis e batacianinas (PAŠKO *et al.*, 2021).

A utilização de *H. monacanthus* (Lem.) Britton & Rose quando adicionada a hambúrguer demonstrou elevado efeito antioxidante, permitindo a manutenção da coloração avermelhada e retardo da deterioração dos componentes, principalmente dos ácidos graxos insaturados, que quando deteriorados conferem coloração amarronzada na carne (BELLUCCI *et al.*, 2021).

Os subprodutos gerados após remoção da polpa, principal atrativo para o consumidor, tais como sementes e cascas, possuem fitoquímicos e compostos nutricionais. A casca do fruto possui substâncias nutricionais como pectinas, fibras alimentares, que podem ter utilidade na produção de produtos, e betacianinas, cujos efeitos podem ser visualizados na conservação da vida útil de produtos perecíveis. Além disso, as cascas podem ter utilidade em pigmentos naturais, fortificantes nutricionais, extração de substâncias de interesse, revestimento que pode ser consumido e embalagens funcionais (MADANE *et al.*, 2020; QIN, XU, *et al.*, 2020; ZAID *et al.*, 2020). Já nas sementes, há a produção de pigmento rico em gorduras insaturadas, que podem ser capazes de regular o peso e auxiliar no processo excretório do corpo (MELLO, 2015).

Do ponto de vista fitossanitário, mesmo a cultura apresentando alta rusticidade, ainda há casos de danos ocasionados por agentes bióticos como insetos, fungos, vírus, bactérias e nematoides. Os principais insetos causadores de problemas na cultura são a abelha irapuá, formigas cortadeiras e cochonilhas (SANTOS *et al.*, 2022).

Fungos e bactérias reúnem cerca de 17 gêneros que causam problemas na cultura, sendo as principais doenças a antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. 1884; *C. truncatum* (Schwein.) Andrus & W.D. Moore, 1935 e *C. tropicale* (E.I. Rojas, S.A. Rehner & Samuels, 2010), podridão por *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* Schltdl, 1824); podridão dos frutos (*Curvularia cactivora* (Petr.) Y. Marín & Crous (sin. *Bipolaris cactivora* (Petr.) Alcorn, 1983); podridão mole (*Pectobacterium carotovorum* Waldee, 1945) (INOKUTI

et al., 2023; SANTOS *et al.*, 2022) e mancha cinzenta do caule (*Diaporthe arecae* (H.C. Srivast., Zakia & Govindar.) R.R. Gomes, Glienke & Crous, 2013) (INOKUTI *et al.*, 2023). A única doença virótica relatada é *Cactus virus X* Amelunxen, 1958, ocasionando mosqueado nos cladódios de *H. undatus* (EVALLO *et al.*, 2021). Com relação aos fitonematoides, os gêneros maior importância para a cultura são: *Meloidogyne* Goeldi, 1887, *Tylenchus* Bastian, 1865, *Aphelenchus* Bastian, 1865, *Helicotylenchus* Steiner, 1945, *Pratylenchus* Filipjev, 1936 e *Cactodera* Krall & Krall, 1978 (CAFÉ *et al.*, 2022; CHAN *et al.*, 2016; PIEDRAHITA *et al.*, 2012).

Com relação a hospedabilidade da pitaya aos fitonematoides, os trabalhos divergem. Em estudo verificou-se que *H. undatus* demonstrou resistência a *M. incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949 e *Rotylenchulus reniformis* Linford & Oliveira, 1940, mas foi suscetível a *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949 (SANTOS *et al.*, 2023). Em outro experimento, quando as espécies *M. enterolobii* Yang & Eisenback, 1983, *M. incognita*, *M. arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949 e *M. javanica* foram inoculadas em *H. undatus*, *H. costaricensis* e *H. megalanthus* e somente esta última demonstrou menos suscetibilidade às quatro espécies. As demais (*H. undatus* e *H. costaricensis*) comportaram-se como hospedeiras do patógeno (HOLANDA, 2021).

2.2 Fitonematoides

Os fitonematoides estão alocados no Filo Nematoda, compreendendo indivíduos em sua maioria filiformes, aquáticos, com simetria bilateral, comprimento variando de 0,2 a 3 mm, não sendo possíveis de serem visualizados a olho nu, o que dificulta sua detecção pelo produtor, que acaba investindo em manejo de adubação e mesmo assim não observa melhora no quadro sintomatológico apresentado pelas plantas afetadas pelo parasita. Para dificultar ainda mais o manejo são indivíduos que, em grande parte, atacam as regiões subterrâneas dos vegetais, tais como bulbos, raízes e rizomas, fato que os fazem ser definidos como ‘inimigos invisíveis’ das culturas (FERRAZ; BROWN, 2016).

A presença do estilete bucal nos fitonematoides pode ser respondida pelo processo evolutivo ao qual estes parasitas passaram ao longo do tempo, sendo inicialmente indivíduos de vida livre. O estilete é crucial para o parasitismo de vegetais, pois perfuram a parede celular e injetam enzimas, oriundas das glândulas esofagianas, que liquefazem o conteúdo celular das hospedeiras e em seguida ocorre a sucção do conteúdo, liquefeito, por meio do canal alimentar presente no estilete (FERRAZ; BROWN, 2016).

Quanto ao hábito de parasitismo, pode-se ter a classificação em endoparasitas e ectoparasitas, podendo ambos serem sedentários ou migradores. Os endoparasitas penetram totalmente no órgão vegetal parasitado, enquanto que os ectoparasitas introduzem somente a região anterior. Os migradores movimentam-se pelas células do hospedeiro, diferente dos sedentários que uma vez sendo estabelecido o seu sítio de alimentação aumentam o tamanho do corpo e não ocorre movimentação na hospedeira (FERRAZ; BROWN, 2016; TIHOHOD, 1993).

O tipo de reprodução mais comum entre os fitonematoides ocorre por meio da anfimixia, ou seja, com a presença da cópula entre macho e fêmea, originando então variabilidade genética. Também há a reprodução por partenogênese, ocorrendo o desenvolvimento do ovo sem a fecundação, mas neste caso não há variabilidade genética pelos novos indivíduos serem clones da mãe (FERRAZ; BROWN, 2016).

Quanto ao ciclo de vida, seis fases são observadas: ovo, seguida por Juvenis em diferentes estádios, sendo J1, J2, J3 e J4, e adulto (CAFÉ, 2019). Na classe Chromadorea ocorre a eclosão do Juvenil de segundo estágio (J2), enquanto que na classe Enoplea é o Juvenil de primeiro estágio (J1) que eclode em busca de hospedeiras. A presença de sucessivas ecdises, ou seja, troca de cutícula que permite o crescimento do corpo, define cada fase (TIHOHOD, 1993).

A casca do ovo dos fitonematoides pode ser constituída de até três camadas: a mais interna, formada de lipídios ou similares; a intermediária, constituída de quitina e proteína e a última camada, se presente, possui proteína em sua constituição (TIHOHOD, 1993).

O parasitismo é dependente da eclosão do juvenil infestante e a eclosão é afetada por diversos fatores de origem física e química, como: temperatura, umidade, teor de oxigênio no solo, pH e presença de determinadas substâncias químicas. Na maioria dos casos, os exsudatos liberados pelas plantas estimulam a eclosão de juvenis (TIHOHOD, 1993).

Sabe-se que a relação planta-hospedeiro possui inúmeros mecanismos e com o avanço dos estudos relacionados à biologia molecular, há a descoberta dos efetores, ou seja, proteínas ou peptídeos sinalizadores secretados pelo patógeno que auxiliam no parasitismo, possuindo ações diversas, como por exemplo, inibindo o mecanismo de defesa do hospedeiro, induzindo alterações de origem fisiológica e morfológica e manipulação do metabolismo do hospedeiro, assim facilitando a infecção (GUPTA *et al.*, 2023).

Os danos ocasionados às culturas estão relacionados ao hábito de parasitismo, ocorrendo o desvio de nutrientes das plantas hospedeiras, podendo ocorrer necroses oriundas da movimentação do indivíduo migrador e toxidez às células vegetais pela injeção de

substâncias. Tais danos, na maior parte das vezes, são visualizados nas culturas, que apresentam clorose, amarelecimento, murcha nas horas mais quentes do dia, frutos diminutos, abortamento de flores, subdesenvolvimento e em casos mais graves, morte (PINHEIRO, 2022).

As perdas econômicas mundiais geradas por estes fitoparasitas são estimadas em mais de 14% da produção, causando prejuízos econômicos superiores a 170 bilhões de dólares por ano (ELLING, 2013). No Brasil, as perdas na agricultura são estimadas em alarmantes de 35 bilhões de dólares anuais (MACHADO, 2015; CARES; LOPES, 2018).

Dentre os gêneros de nematoides que apresentam maior importância para as culturas de interesse no Brasil, destacam-se *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus* Linford & Oliveira, 1940 e *Heterodera* Schmidt, 1871, possuindo como exemplos de hospedeiras: café (*Coffea arabica* Benth), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e soja (*Glycine max* (L.) Merr.), respectivamente (BOSCHIERO, 2023).

2.2.2 Família Heteroderidae

Os patógenos desta família causam prejuízos financeiros em diversas culturas de interesse mundial, como arroz, batata e soja. São indivíduos com grande capacidade de causar danos à segurança alimentar, por isso são classificados como segundo maior grupo de nematoides importantes de serem estudados. Os gêneros de maior ocorrência mundial são *Globodera* Skarbilovich, 1959 e *Heterodera*. Somente na Europa, estes fitonematoides ocasionam perdas anuais estimadas em 220 milhões de euros na cultura da batata e na África ocidental estas perdas, para a mesma cultura, são de aproximadamente 127 milhões de dólares anuais (FARIA; VICENTE, 2021).

Uma característica de grande importância dos heteroderídeos é a formação de cistos ou estruturas de resistência, sendo estes formados pela retenção dos ovos no corpo da fêmea, causando compressão e deslocamento dos órgãos, causando sua morte e posteriormente, ocorre o enrijecimento e espessamento do corpo dessa fêmea morta, além da mudança de coloração denominada de “bronzamento” ou “*tanning*”, que faz com que o cisto saia da coloração amarelo-pálido para tons amarronzados, resultantes de ação da polifenoloxidase na parede do cisto, que funciona como ‘escudo’ para proteção dos ovos ali contidos contra intemperes ambientais e ausência de plantas hospedeiras (ARANTES; SOUZA, 1993; TIHOHOD, 1993).

É observado, na grande maioria dos heteroderídeos, a retenção dos ovos dentro do corpo da fêmea, como ocorre nos gêneros *Punctodera* Mulvey & Stone, 1976, *Cactodera*,

Globodera e *Dolichodera* Mulvey & Ebsary, 1980. No entanto, algumas espécies podem liberar parte dos ovos produzidos em massa gelatinosa, similar ao que acontece com o gênero *Meloidogyne*. É o que acontece com *Heterodera*, que produz cerca de 500 ovos e expelle cerca de 50 a 100 deles após a fecundação (AMORIM; REZENDE; BERGAMIM FILHO, 2011; FERRAZ e BROWN, 2016).

A eclosão do juvenil infestante, em alguns nematoides formadores de cistos, é relacionada a presença de exsudatos radiculares das plantas hospedeiras, ocorrendo variação quanto as espécies em relação à eclosão em água. O nematoide *G. rostochiensis* (Wollenweber, 1923) Skarbilovich, 1959, por exemplo, eclode, *in vitro*, caso haja a presença de estímulos químicos isolados de uma planta hospedeira, mas quando os ovos são imergidos somente em água, ocorre a eclosão de apenas 2% dos juvenis (TIHOHOD, 1993).

A modalidade de parasitismo dos heteroderídeos, para alguns autores, é classificada como semiendoparasita, pois ao se alimentarem da planta hospedeira, aumentam bastante o volume do corpo, de tal forma que conseguem romper a periderme da raiz e assim deixa-os a mostra, mas ainda fixados pela região anterior (TIHOHOD, 1993).

Na remoção ou movimentação de uma planta infectada por um heteroderídeo ocorre a disseminação do patógeno, já que haverá o desprendimento dos indivíduos das raízes para o solo e uma vez no solo, os ovos retidos nos cistos podem permanecer viáveis por longos períodos, como ocorre com *H. glycines* Ichinohe, 1952 e *G. rostochiensis*, que permanecem viáveis na ausência de hospedeira e/ou sob condições adversas por pelo menos 8 e 20 anos, respectivamente, e ao encontrarem estímulos, como água ou exsudatos radiculares de plantas hospedeiras, ocorre a eclosão de juvenis infestantes (BALDWIN; MUNDO OCAMPO, 1991; CARES; BALDWIN, 1995; FERRAZ; BROWN, 2016; TIHOHOD, 1993).

No Brasil, o primeiro relato de uma espécie da família parasitando culturas ocorreu em 1979, sendo verificado o parasitismo de *H. fici* Kirjanova, 1954 em figueiras no estado de São Paulo e posteriormente, *H. glycines* foi relatado em 1992, sendo verificada a ocorrência nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso do sul e Goiás (SILVA, 1999; TIHOHOD, 1993). Várias décadas depois, houve relatado de *C. cacti* parasitando naturalmente as raízes de mandacaru, no estado do Ceará (CAFÉ *et al.*, 2021).

2.2.1.2 Gênero *Cactodera*

O gênero *Cactodera* é pertencente a Classe: Chromadorea, Ordem: Tylenchida e Família: Heteroderidae (HEATHER, 2021). Por ser um heteroderídeo, também é conhecido pela formação de cistos, mas a viabilidade máxima em condições adversas ainda é

desconhecida. A ocorrência do gênero é relatada principalmente em situações de casa de vegetação e atualmente há 20 espécies catalogadas (ESSER, 1992; EVANS; ROWE, 1998; NEMABASE, 2024)

O primeiro relato de *C. cacti* na China ocorreu em 2011 nas plantas de mandacaru, que estavam com caule amarelecido e apresentavam murcha (DUAN *et al.*, 2012). Em Idaho (EUA) o primeiro relato ocorreu em 2018, estando presente num jardim de cactos (SKANTAR *et al.*, 2019). No Brasil, o primeiro relato ocorreu em 2001 estando associada a cactáceas ornamentais envasadas e seis anos depois houve mais um relato da espécie em Flor-de-maio, também cactácea ornamental (OLIVEIRA *et al.*, 2007; SANTOS; PREZOTTO; MAIA, 2001). No entanto, o primeiro relato em condições de campo ocorreu no estado do Ceará, verificando-se o parasitismo do patógeno em mandacaru (CAFÉ *et al.*, 2022).

O fitonematoide de cisto das cactáceas foi relatado pela primeira vez em 1932 (Adam, 1932), associado ao declínio de *Discocactus ackermannii* (Haw.) Ralf Bauer (Cacto-Orquídea) e *D. speciosus* (Cav.) Barthlott (Cacto do sol), ambos possuem elevado valor ornamental por suas flores possuírem tom de vermelho intenso (ALMEIDA *et al.*, 2013). Anos depois, Goffart (1936) recebeu material contendo partes de raízes de cactácea ornamental parasitada pelo patógeno e após observações, achou que se tratava de *H. schachtii* A.Schmidt, 1871, no entanto o cone vulvar apresentava-se reduzido e o formato do cisto era oblongo, sendo morfológicamente diferente dos cistos do gênero *Heterodera*, que apresentam formato de limão e cone vulvar saliente, além de não ser verificada a massa de ovos comumente visualizada (EVANS; ROWE, 1998; GOFFART, 1936). Filipjev e Schuurmans Stekhoven (1941) nomearam-na de *H. cacti* e em 1978, Krall e Krall formaram o gênero *Cactodera* para alocação da espécie.

O ciclo de *C. cacti* em *H. costaricensis* é similar ao dos outros fitonematoídes, possuindo as fases de ovo, Juvenis (J1 a J4) e adulto. A formação de fêmeas maduras é observada com 18 dias após inoculação. Em estudo, verificou-se que houve eclosão do juvenil infestante três dias após inoculação, aos 9 dias observou-se J2 cilíndrico, em 12 dias já foi possível observar as fases J3 e J4 e aos 15, 18 e 24 foi possível observar fêmeas jovens, fêmeas maduras e a formação de cistos, respectivamente (CAFÉ, 2019).

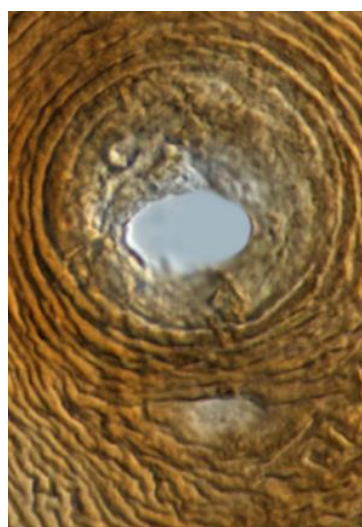
Machos desta espécie não foram vistos até o momento, com exceção de um relato (GRANEY; BIRD, 1990), mas outros autores afirmam que pode ter havido erro na identificação dos machos do gênero, uma vez que ocorre, na maioria das vezes, populações mistas com outros nematoídes, em condições de campo (CORDERO; BALDWIN; MUNDO OCAMPO, 1991). Outro fator que corrobora esta ideia é que em três espécies do gênero não

há formação de macho, sendo elas: *C. rosae* Cid del Prado & Miranda, 2008, *C. estonica* Kirjanova & Krall, 1963 e *C. radicale* Chizhov, Udalova & Nasonova, 2008, evidenciando a reprodução por partenogênese (STURHAN, 2016).

Cada cisto de *C. cacti* possui, em média, 143 indivíduos e além disso a pitaya vermelha (*H. costaricensis*) obteve fator de reprodução acima de 1, indicado ser hospedeira do parasita, assim sendo, este é uma ameaça a produtores da cultura e pode ser um fator limitante, podendo inclusive inviabilizar a produção em áreas infestadas (CAFÉ, 2019).

O cisto de *C. cacti* difere dos cistos do gênero *Heterodera* por possuir formato ovoide, com cone vulvar sutil, presença de denticulo em torno da vulva, impedindo então a passagem de ovos e o ânus é subterminal, sendo o cisto caracterizado como circunfrenestrado, havendo apenas uma abertura e não sendo observada a presença de fenestração ao redor do ânus (CORDERO; BALDWIN; MUNDO; OCAMPO, 1991; SKANTAR *et al.*, 2019). Na Figura abaixo é possível verificar o cone vulvar da espécie *C. cacti*.

Figura 2. Cone vulvar de *Cactodera cacti*, evidenciando cisto circunfrenestrado, ânus com ausência de fenestração ao redor. Barra da escala = 50µm.



Adaptado de SKANTAR *et al.* (2019).

Recentemente, novos relatos de parasitismo de culturas por nematoides do gênero são feitos, como por exemplo: *C. milleri* Graney & Bird, 1990 em raízes de quinoa (SKANTAR *et al.*, 2021), *C. tianzhuensis* n. sp em raízes de *Polygonum viviparum* L. na China (LI *et al.*, 2021), *C. solani* Escobar-Avila, Subbotin & Tovar-Soto, 2021 parasitando tomate no México (Ávila *et al.*, 2020), *C. cacti* parasitando mandacaru no Brasil (CAFÉ *et al.*, 2022), *C. guizhouensis* n. sp afetando batata na China (NI *et al.*, 2023) e *C. torreyanae* Cid Del Prado

Vera & Subbotin, 2014 encontrado em campo de batata nos Estados Unidos (HANDOO *et al.*, 2021).

Para a correta identificação há a necessidade de avaliação radicular, pois os sintomas apresentados pela cultura parasitada podem ser facilmente confundidos com os sintomas ocasionados por outros patógenos, com a sintomatologia expressa pelas culturas afetadas: amarelecimento, subdesenvolvimento, atraso no florescimento, murcha, redução do tamanho da raiz e morte (ESSER, 1992).

2.2.3 Controle de fitonematoides

O controle de fitonematoides não é fácil, pois uma vez introduzidos numa área isenta desses patógenos, as medidas de controle a serem adotadas serão para diminuição da população para que se consiga uma boa produtividade num determinado período, não ocorrendo a erradicação, pois esta dependeria da eliminação completa das plantas e de todo o solo (FERRAZ; BROWN, 2016).

Ferraz e Brown (2016) chamam a atenção para a ação antrópica na natureza, de tal forma que a perturbação dos biomas pode causar o surgimento de alta densidade populacional de um táxon praga antes existente, mas sem a capacidade de causar danos sérios pelo equilíbrio existente entre as espécies. Os autores ainda citam que a monocultura favorece a multiplicação de fitonematoides.

Os métodos de controle usados para nematoides englobam os princípios de Whetzel, sendo a exclusão, ou seja, as medidas usadas para evitar que o patógeno seja introduzido em uma área, o método ideal de controle. Mas, uma vez que o patógeno já entrou numa área, pode-se usar o controle físico, químico, biológico, genético e cultural. Todos estes métodos de controle levam em consideração o triângulo da doença, havendo a interação do ambiente favorável, patógeno virulento e hospedeiro suscetível resultando na ocorrência da doença. Logo, as técnicas utilizadas devem atuar em pelo menos uma parte deste triângulo para que a doença não ocorra (FERRAZ *et al.*, 2008; WHETZEL *et al.*, 1925; WHETZEL, 1929).

O controle químico ainda é muito utilizado, mas pode propiciar resistência, contaminação ambiental, havendo elevada toxicidade para a comunidade benéfica do solo e vida selvagem, além de poder ocasionar problemas de saúde no ser humano (FERRAZ *et al.*, 2008). Além disso, a limitada gama de produtos existentes no mercado visando o controle dos fitonematoides dificulta a adoção para várias culturas de interesse, como a pitaya, que não possui nematicida registrado (AGROFIT, 2024; ROSSKOPF *et al.*, 2020).

O controle cultural consiste na utilização de propriedades nocivas das culturas para patógenos e como exemplo pode-se citar a adição de matéria orgânica ao solo, que propicia efeitos negativos para os patógenos pela melhoria nutricional das culturas, que ficarão mais responsivas ao ataque de patógenos; pelo aumento da população de antagonistas e por liberarem compostos tóxicos e substâncias capazes de tornar os microhabitats menos propensos à reprodução de patógenos. Este tipo de controle pode ser considerado ecologicamente correto por não propiciar contaminação ambiental (ROSSKOPF *et al.*, 2020).

Em estudos conduzidos recentemente por Scupinari e colaboradores (2024), houve a aplicação de extrato de sementes e folhas de *Crotalaria spectabilis* Roth., cultura de conhecida ação nematicida, nas doses de 5, 10 e 20 mg/L⁻¹ para verificar o potencial de ação do extrato cultural em J2 de *M. javanica* e *H. glycines*, sendo quantificados os indivíduos moveis e imóveis. A dose que diferenciou estatisticamente das demais foi a de 20 mg/L⁻¹, apresentando a mortalidade de mais de 95% dos J2 de *H. glycines* e abaixo de 44% para *M. javanica* quando foram aplicados os extratos de sementes. A mortalidade dos indivíduos expostos aos extratos foliares foi observada em 94,95% e 89,52%, respectivamente.

A utilização do controle biológico tem mostrado crescimento, em virtude da eficácia e responsabilidade ambiental. Como exemplo de espécies antagonistas ao nematoides pode-se citar o *Bacillus megaterium* de Bary, 1884, que se mostrou capaz de reduzir a população de *H. glycines* na cultura da soja, diminuindo o número de cistos, ovos e juvenis e sendo observado ainda um maior crescimento da cultura, em comparação ao controle não tratado (ZHOU *et al.*, 2020) e *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viégas, fungo entomopatogênico, que foi eficaz no controle de *C. estonica*, sendo verificado nos cistos micélios do fungo após 24 horas de inoculação, além da diminuição do número de ovos e desintegração de cistos, inversamente proporcionais as concentrações aplicadas em 48 e 72 horas após inoculação (PATHANIA *et al.*, 2022).

Para manejo de *C. cacti*, apenas dois trabalhos foram realizados até o presente momento. O primeiro deles foi utilizado o controle biológico utilizando bactérias do gênero *Pasteuria* Metchnikoff, 1888, realizado *in vitro*, sendo visualizado que os endósporos bacterianos demonstraram afinidade pelo juvenil infectivo (J2) (WINKELHEIDE; STURHAN, 1996). O segundo utilizou o controle físico, sendo realizada a solarização em sacos plásticos de coloração preta e transparente e verificou-se que houve erradicação do patógeno em 17 dias de tratamento nos sacos transparentes (SANTOS FILHO, 2022).

2.3 Torta de mamona

A decomposição da matéria orgânica é capaz de liberar vários compostos, sendo alguns tóxicos a fitonematoides, como por exemplo os isotiocianatos de metila que são substâncias derivadas de brássicas (ROSSKOPF *et al.*, 2020).

A decomposição das tortas oleaginosas é capaz de liberar inúmeras substâncias tóxicas a fitonematoides, como por exemplo fenóis, aldeídos e amônio. A atuação desses compostos pode ser visualizada pela dissolução lipídica, desnaturação proteica, inibição de elétrons e inibição de enzimas vitais (ISMAIL *et al.*, 2011).

Observa-se que a adição de matéria orgânica ao solo favorece a população de antagonistas, sejam eles fungos, bactérias, nematoides predadores e protozoários, por servirem de substrato e pela vulnerabilidade dos parasitas expostos às substâncias liberadas durante a decomposição dos materiais orgânicos, estando sujeitos à maiores chances de serem predados ou parasitados por antagonistas (TIHOHOD, 1993).

A torta de mamona é o subproduto da extração do óleo presente na semente de mamona após prensagem/esmagamento da semente. A cada 100 quilogramas de semente obtém-se 50 quilogramas de torta e a cada tonelada de óleo extraída, tem-se 1,2 toneladas de torta a depender das condições que a cultura está sujeita (AZEVEDO; LIMA, 2001; COELHO, 1979; QUEIROGA, 2021).

A principal substância nematicida presente nas sementes de mamona é a ricina, uma proteína tóxica, que inativa os ribossomos dos eucariotos, possuindo na sua constituição duas subunidades ligadas por uma ligação dissulfeto (PEREIRA, 2021).

Grande parte da utilização da torta no Brasil é para adubação de propriedades orgânicas, pela sua grande quantidade de nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes primários. É capaz de melhorar fisicamente, quimicamente e biologicamente o solo (FREIRE, 2001). A mineralização da torta apresenta alta velocidade, sendo mais rápida que o esterco bovino, indicando que os nutrientes ficam mais rapidamente disponíveis para as plantas (SEVERINO *et al.*, 2004).

O uso da torta na alimentação animal também é possível, desde que seja desintoxicada, em virtude da presença da ricina, que é altamente tóxica aos animais, sendo um processo complexo e ainda não disponível em escala industrial (AZEVEDO; LIMA, 2001; SEVERINO *et al.*, 2021).

Em estudo com ovinos da raça Santa Inês, verificou-se que a torta desintoxicada proporcionou diminuição no número de parasitas gastrointestinais da espécie *Haemonchus contortus* (Rudolphi, 1803) Cobb, 1898, presentes no abomaso (MENESES *et al.*, 2022).

Em estudo realizado com manjeriço, foi possível constatar o potencial da torta de mamona em diminuir os efeitos da salinidade em plantas dessa lamiacea sob salinidade moderada, em dose de 5 t/ha, sendo observados aumento da fotossíntese, reforço da planta para combater radicais livres (antioxidação), acúmulo de matéria seca e água, além do aumento da síntese proteica (SOUSA *et al.*, 2022).

O efeito antagonista da torta aos nematoides, são conhecidos há décadas, principalmente pela presença da ricina, demonstrando redução da população de nematoides e aumento da produtividade da cultura, também em virtude da nutrição da planta. Em 1979 foi feita a aplicação da torta de mamona para controle de *M. exigua* na cultura do café (MORAES; LORDELLO, 1979). Em 1980 verificaram que as mudas de tomate (*Solanum lycopersicum* (L.), berinjela (*Solanum melongena* L.) e pimenta malagueta (*Capsicum annuum* L), previamente adubadas com a torta de mamona, tornaram-se maiores e menos suscetíveis a penetração do J2 de *M. incognita*, além de serem observados menor número de galhas e aumento de fenóis livres totais, em comparação com as plantas controle (ALAM *et al.*, 1980). Em 1983, foi realizado estudos em campo infestado com *Radopholus similis* (Cobb, 1893) Thorne, 1949 e após 6 meses, foi verificado o efeito nematicida da torta (ZEN; ALVES, 1983). Em 1989 estudou-se o efeito da ricina sobre a mobilidade dos J2 de *M. incognita*, obtendo-se a dose letal da substância sobre estes estimada em 33 µg/mL (RICH *et al.*, 1989). Na década de 90, um estudo foi conduzido utilizando a torta de mamona e verificou-se que houve redução de nematoides parasitas de plantas, aumento de nematoides predadores e de vida livre e maior desenvolvimento do feijão gandu (*Cajanus cajan* L.) (AKTAR; MAHMOOD, 1996). Nas décadas seguintes, vários experimentos foram conduzidos utilizando a torta para controle de fitonematoides do gênero *Meloidogyne* (GOMES *et al.*, 2012; LISBOA *et al.*, 2005; MIRANDA; FRACASSO, 2010; ROLDI *et al.*, 2013; UMAR; SIMON, 2008), *Pratylenchus* (MIRANDA; FRACASSO, 2010; UMAR; SIMON, 2008), *Hoplolaimus indicus* Sher, 1963 (UMAR; SIMON, 2008). Para *H. cajani* Koshy, 1967, a torta de mamona causou redução no número de cistos do patógeno (MEENA; NEHRA; TRIVEDI, 2009). Para o gênero *Cactodera* não há estudos indicando a ação da torta sobre os parasitas.

Os compostos orgânicos voláteis presentes na torta de mamona são tóxicos a *M. incognita*. Como exemplo pode-se citar: fenol, 4-metil-fenol, γ -decalactona e escatol (PEDROSO *et al.*, 2020).

2.4 Torta de algodão

A torta de algodão é obtida após a extração de fibra da semente, mecanicamente ou quimicamente. Após este processo, ocorre o esmagamento da semente e retirada do óleo, assim como acontece com a semente de mamona, e o subproduto formado é a torta de algodão (PANAGIOTOPOULOS *et al.*, 2013). No Ceará, indústrias que trabalham no processamento vegetal do caroço de algodão geram produtos agroindustriais como o óleo vegetal para consumo humano, entre outros (ICOFORT, 2022; INDUSTRIA GOLFILHO, 2024).

Na torta de algodão estão presentes compostos nematocidas como o ácido acético, ácido propiônico, ácido butírico, fenóis e polifenóis que possuem ação contra os nematoides (BADRA *et al.*, 1979).

Para os animais monogástricos, os coprodutos do algodão são tóxicos, a depender da dose, devido a presença de gossipol, um alcaloide polifenólico inibidor de proteinases. Esse alcaloide apresenta coloração amarelada, estando presente nas sementes e possui importância contra a herbívoros e o modo de ação é observado na ligação à grupos aminos de proteínas importantes, diminuindo a produção proteica (CARVALHO *et al.*, 2013; SALDANHA, 2016).

Nos ruminantes, há intensa ação microbiana faz com que aparentemente o gossipol perca sua toxidez, mas pesquisas indicam que em concentrações muito elevadas do alcaloide na dieta podem ocasionar graves danos nos pulmões, ineficiência reprodutiva, deficiência nutricional e danos hepáticos, sendo recomendado a ingestão de até 30 mg de gossipol por peso vivo (FERREIRA *et al.*, 2020; PAIM, 2011).

A adição da torta de algodão na alimentação de bovinos proporcionou aumento de peso, maior número de ácidos graxos, melhoria da qualidade da carcaça e melhoria de desempenho ruminal (ARCANJO, 2023).

Em ovinos acometidos por infecção com endoparasitas, a adição de torta de algodão a 0,5% na dieta desses ruminantes permitiu a manutenção da produtividade, mesmo sob alta carga parasitária (GURGEL *et al.*, 2020).

Em estudo realizado em ratos, 1,0 e 1,5 μ M de gossipol foram capazes de desacoplar os processos de respiração e fosforilação oxidativa, causando a inibição da síntese de Adenosina Trifosfato (ATP), sendo o efeito, atribuído pelos autores, a toxicidade do polifenolico (SANTANA *et al.*, 2012).

A utilização de torta de algodão para controle de fitonematoides já se mostrou eficiente em diversos estudos, como por exemplo no controle de *M. incognita* (HOSSAIN *et al.*, 1989; IBRAHIM *et al.*, 2007; LÓPEZ *et al.*, 2017; RADWAN *et al.*, 2009), *H. cajani* (MEENA; NEHRA; TRIVEDI, 2009), *R. reniformis* e *Tylenchulus semipenetrans* Cobb, 1913

(BADRA *et al.*, 1979). Em estudo com híbridos de cana de açúcar infectados com diversos fitonematoides, constatou-se a redução populacional dos patógenos nos tratamentos com a torta de algodão, em comparação com a testemunha (MOHAN, 2011).

Em estudo relativamente recente, comprovou-se que a torta de algodão foi capaz de liberar seis compostos tóxicos para *M. incognita*, sendo eles: 2-metil-1-butanol, 3-metil-1-butanol, álcool feniletílico, benzeno-1-etil-4-metoxi (p-etilanol) e 4-etil-1,2-dimetoxibenzeno. Os autores ainda relatam que muitas moléculas encontradas possuem solubilidade em água, indicando que o efeito tóxico para os indivíduos pode ocorrer somente após a solubilização, como acontece quando se mistura torta + solo e são feitas irrigações periódicas (LÓPEZ *et al.*, 2017).

3 METODOLOGIA

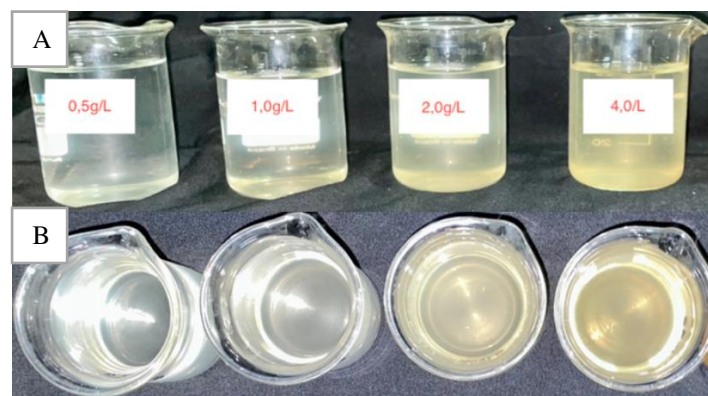
O experimento foi conduzido no laboratório de Fitopatologia e na casa de vegetação de N° 03 do Setor de Fitossanidade do Departamento de Fitotecnia CCA/UFC, *Campus* do Pici no período de novembro de 2023 a abril de 2024.

3.1 Experimento *In vitro*

O experimento que teve por objetivo avaliar o efeito das tortas de mamona e de algodão sobre a eclosão de juvenis de *Cactodera cacti* foi realizado utilizando-se as concentrações de 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 g/L⁻¹ de água destilada e fervida para os dois tipos de tortas. O modelo experimental utilizado foi o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com 5 repetições, sendo a placa de Petri a unidade experimental. No controle, não houve adição de torta e somente a utilização de água.

Adicionaram-se 100 mL de água destilada a cada becker contendo as doses de torta de algodão e de mamona previamente pesadas. Os beckers foram individualmente cobertos com papel alumínio e permaneceram em repouso a temperatura ambiente por 24 horas. Posteriormente, a mistura passou por peneira de 200 mesh, para retenção de fragmentos de resíduos sólidos da torta sendo, em seguida, distribuídos em becker de 100 mL (Figura 3).

Figura 3. A-B. Torta de mamona em água após passagem em peneira de 200 mesh.

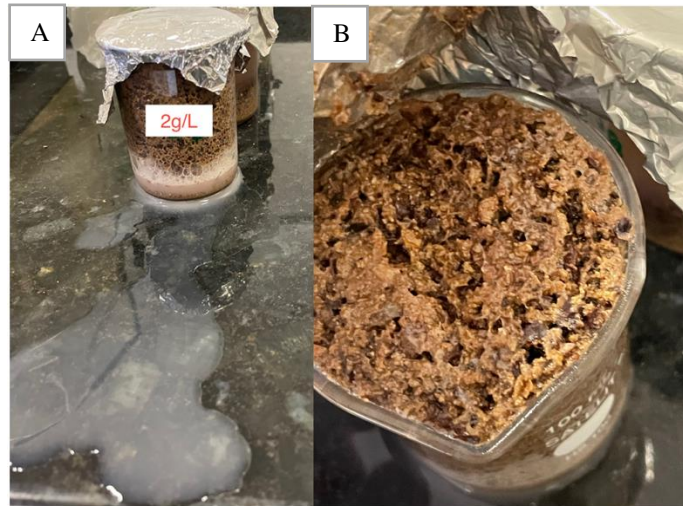


Fonte: Santos Filho, 2024

Na torta de algodão, já nas primeiras 24 horas após o preparo da mistura (torta e água) feita em becker de 100 mL, observou-se, em todas as concentrações, uma turbidez da suspensão, aumento do volume da torta e presença de numerosas bolhas (Figura 4) causando o transbordamento do líquido do qual exalava forte odor fétido, o que resultou na

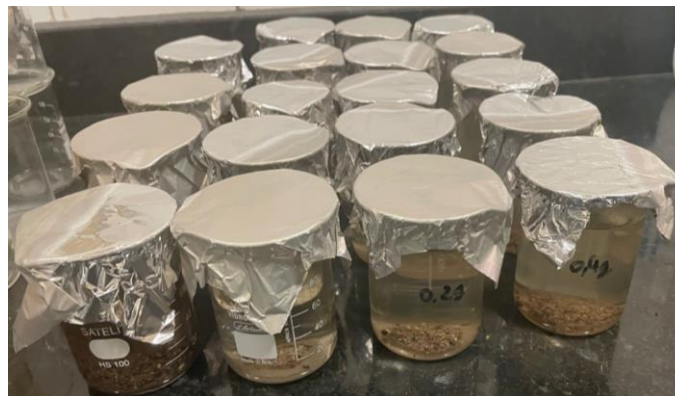
inviabilização do ensaio com a torta de algodão. Essa reação, contudo, não foi observada para a torta de mamona em nenhuma das doses testadas (Figura 5), sendo, assim a única a ser testada.

Figura 4. A-B. Aspecto da torta de algodão em água.



Fonte: Santos Filho, 2024.

Figura 5. Beckers contendo diferentes doses de torta de mamona após agitação e 24 horas de descanso.

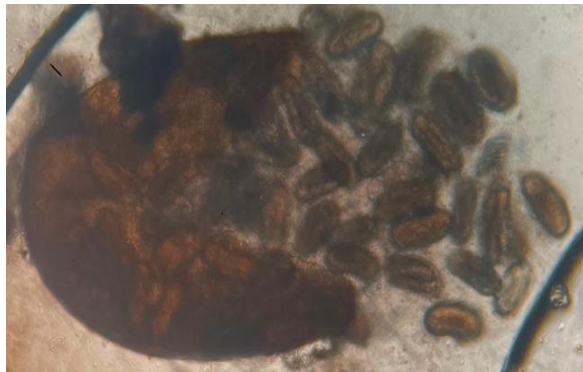


Fonte: Santos Filho, 2024.

3.1.2 Adição do inóculo

A quantidade de ovos de *C. cacti* necessária para o ensaio foi obtida por meio da extração de cistos do método CS e posterior abertura dos mesmos utilizando estiletes (Figura 6), sob microscópio estereoscópico. Os ovos obtidos dos cistos foram separados em grupos de 50 e adicionados às placas de Petri de 60 mm diâmetro e 12 mm de altura, que já continham 1 mL de água destilada. Em seguida, nas placas foram adicionados 15 mL das diferentes doses de torta da mamona por placa (Figura 7).

Figura 6. Cisto aberto de *Cactodera cacti*, expondo ovos.



Fonte: Santos Filho, 2024.

Figura 7. Adição das doses de torta de mamona às placas contendo 50 ovos de *Cactodera cacti*.



Fonte: Santos Filho, 2024.

3.1.3 Análises laboratoriais

Um dia após a adição das doses de torta de mamona nas placas de Petri contendo os 50 ovos, foram feitas análises de modo a verificar a eclosão dos juvenis expostos as diferentes concentrações da torta. A eclosão de juvenis foi diariamente registrada e teve duração total de 20 dias.

3.1.4 Análise estatística

Os valores oriundos dos experimentos foram submetidos a análise de variância por meio da Regressão Polinomial através do software ‘R studio’, versão 4.3.2, utilizando o pacote estatístico ‘AgroR’ para obtenção do resultado das análises. Foram realizadas análises estatísticas das médias por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.2 Experimento em casa de vegetação

O experimento consistiu em dois ensaios, sendo o primeiro feito com a utilização da torta de mamona e o segundo com o emprego de torta de algodão. Para as duas tortas foram utilizadas as concentrações: 0 (controle); 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 e 5,0 g em 1 quilograma de solo, sendo utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com 5 repetições para cada tratamento, sendo a muda de pitaya a unidade experimental. A temperatura na casa de vegetação no período variou de 32 ± 3 °C.

3.2.1 Uniformização de substrato e autoclavagem

O substrato empregado nesse ensaio foi constituído de areia, bagana de carnaúba, esterco bovino e vermicomposto. A areia utilizada neste experimento foi oriunda do Setor de Horticultura da UFC, sendo peneirada e uniformizada com bagana de carnaúba, esterco e vermicomposto, também peneirados e uniformizados na proporção 2:1:1:1 ocorrendo, em seguida, a autoclavagem do mesmo em sacos plásticos por 1 hora a 120 °C.

3.2.2 Obtenção das mudas

As mudas de pitaya (*H. costaricensis*) foram obtidas a partir de cladódios originalmente cedidos pelo Setor de Horticultura da UFC e multiplicada em casa de vegetação, ocorrendo a retirada de novos cladódios por meio de tesoura de poda e que foram deixados à sombra por 6 dias para cicatrização dos ferimentos ocorridos durante a retirada e posterior enraizamento no substrato acima autoclavado. Os cladódios variaram em tamanho de 5 a 25 cm, sendo selecionados aqueles que, após 25 dias, enraizaram e apresentaram pelo menos 6 cm de comprimento de raiz.

3.2.3 Obtenção do inóculo

Para obtenção do inóculo, cujo hospedeiro original foi o mandacaru (*Cereus jamacaru*), plantas de pitaya foram inoculadas e após um período de 9 a 12 meses foi empregada a extração de cistos do solo pelo método CS (CAFÉ; SANTOS, 2023), que é uma adaptação do método de Jenkins (1964) empregando balde, caulim (silicato de alumínio), peneiras, centrífuga e sacarose a 45%. Nas raízes, o processo de extração utilizado foi o método de Coolen & D'Herde (1972) que emprega liquidificador, caulim e peneiras, centrifugas e sacarose a 45%. As raízes foram lavadas e trituradas no liquidificador, vertendo-se a suspensão obtida em peneiras 40 mesh sobreposta a de 200 mesh. O material retido na peneira de 200 mesh foi recolhido em becker empregado piseta com água. O solo dos vasos

de pitaya infectadas foram colocados em balde com água sob agitação. Após decantar por dois minutos, a suspensão de solo foi igualmente vertida sobre as peneiras de 40 e 200 mesh, recolhendo o material em becker. À suspensão contida nos beckers foram adicionados 4 g de caulim (silicato de alumínio), com posterior agitação e distribuição em tubos de centrifuga que após o ajuste de peso foram submetidos a uma centrifugação de 2.000 RPM por 5 minutos. Após a centrifugação, o sobrenadante foi descartado, com a adição de sacarose 45% ao sedimento contido nos tubos, os quais foram ressuspensos com bastão de vidro, seguindo-se o ajuste de peso e nova centrifugação a 2.000 RPM por 1 minuto. O sobrenadante com os cistos foi vertido na peneira de 200 mesh e, após lavagem em água corrente, os cistos foram recolhidos em placa de Petri para observação (Figura 8) e secagem por 24 horas, em lâminas microscópicas, com as quais procedeu-se ao acompanhamento do aspecto dos cistos sob visualização do microscópio estereoscópico, transferindo-os, em grupos de 10, para microtubos de 1 mL, os quais foram posteriormente fechados e armazenados a temperatura ambiente, para posterior uso na infestação do solo.

Figura 8. Cistos obtidos após o processo de extração sob visualização do microscópio estereoscópico.



Fonte: Santos Filho, 2021.

3.2.4 Pesagem do substrato

Após o processo de autoclavagem e período de descanso de 2 dias, amostras de 1 quilograma do substrato foram separadas em sacos plásticos, os quais foram, em seguida, fechados com barbante para posterior infestação e adição das tortas (Figura 9).

Figura 9. A-B: Processo de pesagem do substrato em sacos plásticos.



Fonte: Santos Filho, 2024.

3.2.5 Infestação do substrato

Cada sacola contendo 1 quilograma de substrato foi aberta e em pequenos sulcos, feitos com dedo, foi adicionado o conteúdo do microtubo (Figura 10). Posteriormente, ocorreu o fechamento da sacola e agitação do seu conteúdo.

Figura 10. Processo de infestação do solo, sendo depositado o conteúdo do microtubo em sulco.



Fonte: Santos Filho, 2024.

As quantidades de tortas de algodão e de mamona foram pesadas em balança analítica (Figura 11) e misturadas ao substrato.

Figura 11. A-B. Pesagem de doses das tortas de algodão e de mamona.



Fonte: Santos Filho, 2024.

3.2.6 Adição de torta ao substrato

A adição de cada uma das tortas aos sacos plásticos (Figura 12) ocorreu 5 dias após o processo de infestação do solo, sendo depositadas em covas e foram realizados movimentos circulares de agitação dos sacos, visando a melhor distribuição da torta.

Figura 12. Adição de torta ao solo.



Fonte: Santos Filho, 2024.

3.2.7 Deposição do substrato em vasos

No mesmo dia em que as tortas foram adicionadas aos sacos plásticos, ocorreu a deposição do substrato em vasos de dois quilogramas de capacidade (Figura 13), os quais foram irrigados diariamente para efeito da decomposição das tortas adicionadas, conforme metodologia adotada por Hossain *et al.* (1989); Meena, Nehra, Trivedi (2009) e Radwan *et al.* (2009), para os mesmos tipos de torta. O substrato empregado como controle (sem torta), foi igualmente disposto em vaso e irrigado.

Figura 13. A-B: Vasos com as tortas deixados sob bancada em casa de vegetação para decomposição.



Fonte: Santos Filho, 2024.

3.2.8 Transplântio de pitaya

Após um período de 14 dias para a decomposição das tortas no substrato, mudas de pitayas com 25 dias de enraizamento (Figura 14A e B) foram transplantadas nos vasos nos quais permaneceram por 45 dias (Figura 14B), com irrigação diária. O mesmo procedimento foi adotado para o controle.

Figura 14. A-B. Processo de transplântio das pitayas. C: Vasos com pitayas já transplantadas sob bancada.



Fonte: Santos Filho, 2024.

3.2.9 Avaliação das raízes de pitaya e extração de cistos

Após o período de 45 dias, as pitayas e substrato foram removidas dos vasos e adicionadas a sacos plásticos, devidamente identificadas e transportadas ao laboratório sendo acondicionadas em geladeira para posterior extração de cistos. Empregou-se o método CS, previamente utilizado no processo de obtenção de cistos para inóculo.

3.2.10 Análises laboratoriais

Após extração dos cistos de cada tratamento, procedeu-se à sua observação considerando-se seu aspecto externo e coloração como também a contagem de cistos utilizando-se o microscópio estereoscópico. Para observação da presença de outras fases de vida do patógeno (J3 e J4), foi utilizado também o microscópio ótico sob diferentes aumentos.

3.2.11 Análise estatística

De posse da contagem do número de cistos de cada tratamento, os dados foram submetidos à análise de variância por meio da Regressão Polinomial utilizando o software ‘R studio’, versão 4.3.2, sendo empregado o pacote ‘AgroR’ para realização das análises. Foram realizadas análises estatísticas das médias por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ensaio *in vitro* possibilitou avaliar os efeitos da torta de mamona sob a eclosão do juvenil infestante de *C. cacti*, (Figura 15) a partir das análises diárias dos materiais.

Figura 15. Fases de *Cactodera cacti* encontradas no teste *in vitro*. A: Ovo; B e C: Eclosão de J2; D: J2 eclodido.



Fonte: Santos Filho, 2024

Os cinco tratamentos da torta de mamona, realizado com 250 ovos no total, afetaram a taxa de eclosão de juvenis, sendo maior no tratamento com a dose de torta mais elevada (4,0 g), na qual eclodiu um total 34 juvenis (média 6,8) correspondendo a 13,6% de eclosão. Nos demais tratamentos, os números de juvenis eclodidos foram de 52, 85 e 100, correspondendo a 20,8%, 34,0%, 40,0% de eclosão, respectivamente, conforme a redução das doses da torta de mamona (2; 1 e 0,5 g). No controle a taxa de eclosão foi de 57,2%, ou seja, 143 indivíduos (Gráficos 1 e 2). De acordo com a análise dos dados *in vitro*, as menores taxas de eclosão ocorreram com as doses 2 e 4g /L⁻¹ da torta de mamona (Gráfico 3)

Gráfico 1. Eclosão acumulada de juvenis sob diferentes doses de torta de mamona, durante 20 dias. (Contagem iniciada um dia após a montagem do ensaio).

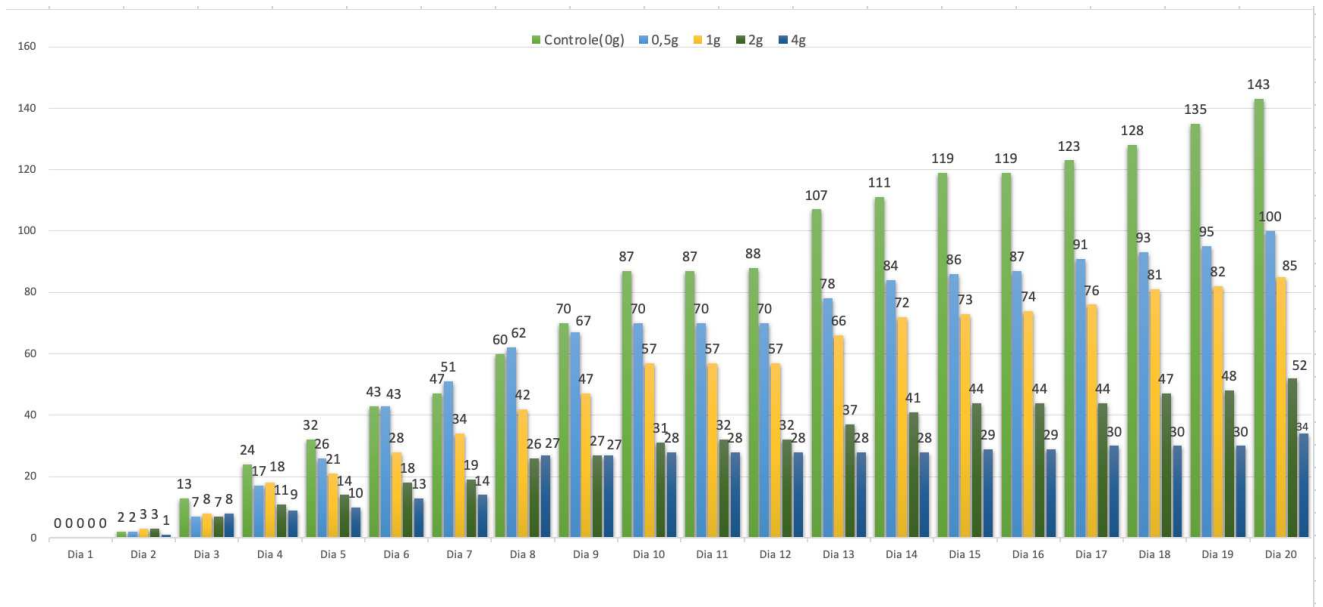


Gráfico 2. Regressão da eclosão com doses da torta de mamona.

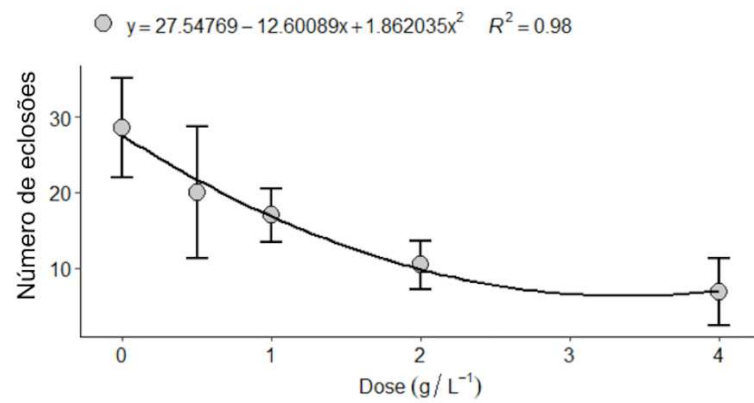
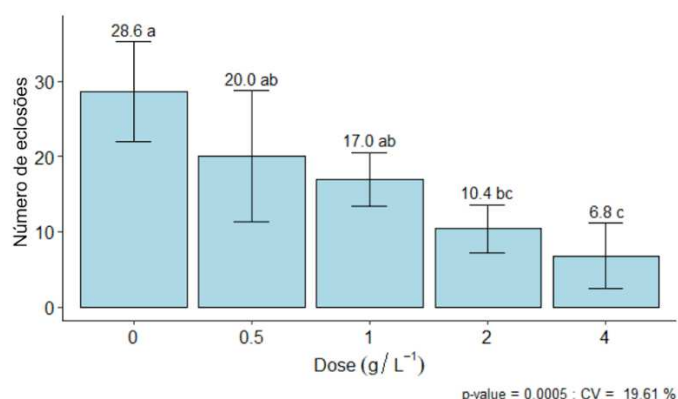


Gráfico 3. Análise da taxa de eclosão com as doses de torta de mamona do ensaio *in vitro*.



* Médias com letras distintas, diferem entre si a 5% de probabilidade no teste de Tukey. Dados foram transformados em “ $(x+k)^{1/2}$ ”, com $k = 0,1$ para atender aos pressupostos básicos da Anova.

Em geral, observou-se a ocorrência de eclosão diária para todos os tratamentos, sendo maior do terceiro ao 13º dia para o controle (dose 0). Do segundo ao nono dia, constatou-se que na dose 0 e na dose 0,5g os números de J2 eclodidos foram próximos, distanciando-se um pouco do 10º dia (87 e 70) ao 13º dia (107 e 78) mas estabilizando essa diferença do 14º dia até o 20º dia, final do ensaio. A quantidade de juvenis eclodidos nos demais tratamentos (1g, 2g, 4g) foi sempre inferior ao da dose 0 durante todo o ensaio. No entanto, naquele mesmo intervalo, do 14º ao 20º dia, as diferenças no número de J2 entre a dose 0 e as demais doses da torta de mamona tornaram-se praticamente constantes, sugerindo que ocorreu uma estabilização da eclosão a partir do 15º dia após início do ensaio. A maioria dos juvenis eclodidos apresentavam motilidade, contudo a infectividade dos mesmos não foi avaliada.

No estudo, *in vitro*, do efeito do extrato da torta de mamona (1:10 (p/v) na eclosão de nematoides parasitas gastrointestinais de caprinos, verificou-se a redução na eclosão em 66,39%, em comparação com o controle (água) após 24 horas (BRAGA *et al.*, 2014).

A atividade nematicida ocasionada pela torta de mamona também foi verificada ao serem adicionadas concentrações de 0,005 g a 1 g de torta/g de fezes de ovinos com ovos de nematoides parasitas. Na avaliação, verificou-se que houve inibição do desenvolvimento larval do parasita, em comparação com os resultados em farelo de soja, utilizado como testemunha (TORRES *et al.*, 2022).

A avaliação, *in vitro*, da motilidade de juvenis de *Meloidogyne incognita* com ricina nas concentrações de 2,5, 5, 10 e 20 µg/mL demonstrou um efeito nematostático, com a

motilidade do J2 sendo mais reduzida à medida que ocorreu o aumento da concentração da ricina (RICH *et al.*, 1989).

Em estudo para avaliação do manejo de fitonematoídeos através da liberação de compostos orgânicos voláteis da torta de mamona, aplicada nas doses de 0 a 6,0%, verificou-se efeito nematicida e nematostático, com presença de imobilidade, mortalidade e redução da eclosão de J2 de *M. incognita*. As taxas de imobilidade foram acentuadas (97,3%), seguido por mortalidade (96,9%) e redução da eclosão de juvenis (74,3%) (PEDROSO *et al.*, 2019). Posteriormente, quando as substâncias nematicidas escatol, γ -decalactona, 4-metilfenol e fenol foram aplicadas separadamente em *M. incognita* foi verificada a diminuição da eclosão de J2 (42,1 a 59,3%), com exceção do fenol. As 4 substâncias foram capazes de ocasionar a diminuição do número de galhas (21,8 a 88,8%) e de ovos (42,8% a 62,5%) em plantas de tomateiro. 4-metilfenol e o fenol causaram a mortalidade em mais de 90% dos J2, enquanto que em γ -decalactona e escatol não houve observação da mortalidade ou motilidade (PEDROSO *et al.*, 2020).

Em casa de vegetação, os ensaios buscaram analisar o efeito direto da torta de mamona e de algodão sobre *C. cacti*. Na avaliação dos resultados levou-se em consideração o número total de indivíduos presentes nas raízes de pitaya nos dois ensaios após 45 dias. Os resultados da população do nematoídeo estão apresentados nas Tabelas 1.

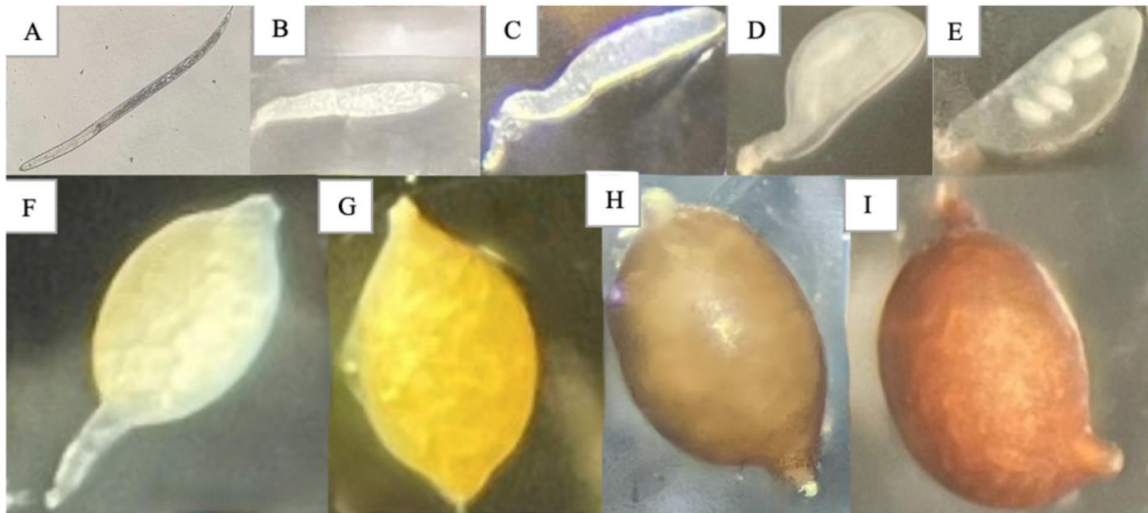
Tabela 1. Número total de indivíduos (J3, J4, fêmeas e cistos) em raízes de pitaya, conforme a adição de 10 cistos ao solo e doses das tortas de mamona e de algodão, após 45 dias.

População total/dose	0 g	0,5 g	1,0 g	2,0 g	4,0 g	5,0 g
Torta de mamona	488	369	326	321	27	10
Torta de algodão	511	398	342	350	57	59

Observou-se que a população de nematoídeos foi maior no tratamento controle (0 dose), sendo reduzida à medida que foi adicionada maiores quantidades da dose das duas tortas. Foram encontrados nas suspensões obtidas de cada tratamento, principalmente, as fases de juvenis de terceiro e quarto estágio, fêmeas e cistos, estes em diferentes colorações (amarelo-pálido, caramelo e marrom) (Figura 16). Também foi possível a visualização de fêmeas e cistos aderidos as raízes de pitaya (Figura 17), em decorrência da ruptura de camadas

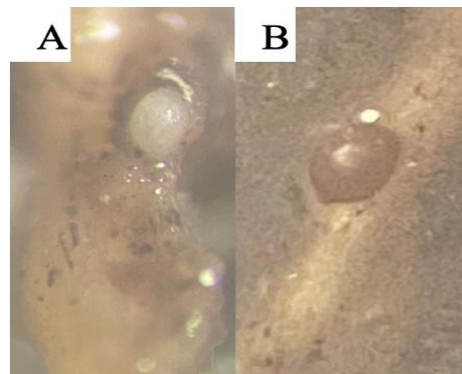
radiculares, ficando a fêmea e o cisto aderidos somente pela região anterior, sendo facilmente destacáveis com as lavagens das raízes (CAFÉ, 2019; TIHOHOD, 1993).

Figura 16. Fases de *Cactodera cacti* obtidos de pitaya em casa de vegetação após 45 dias. A: J2. B: J3. C: J4. D: Fêmea jovem; E: Fêmea iniciando a produção de ovos; F: Fêmea madura; G: Cisto amarelo-pálido; H: Cisto caramelo; I: Cisto marrom.



Fonte: Santos Filho, 2024.

Figura 17. Fêmea (A) e cistos (B) de *Cactodera cacti*, presentes nas raízes de pitaya.



Fonte: Santos Filho, 2024.

Considerando o número de cistos, estruturas de resistência presentes nas raízes de pitaya aos 45 dias, observou-se uma redução acentuada na quantidade de cistos nos tratamentos com as duas tortas quando comparada com o controle, que foi de 472 cistos (no primeiro ensaio) e 481 cistos (no segundo ensaio) (Tabelas 3 e 4). Com a adição de torta de mamona, os menores números de cistos foram encontrados com as doses de 4 e 5 g da torta/quilograma de substrato. Considerando todas as cinco plantas, foram contabilizados 13 e 5 cistos nas raízes, com um número médio de 2,6 e 1 cisto/planta, respectivamente (Tabela 3).

Para a torta de algodão, constatou-se também a maior diminuição do número de cistos nas doses de 4 e 5 g de torta/quilograma de substrato, sendo obtido das cinco plantas um número total de 34 e 14 cistos, com um número médio de 6,8 e 2,8 cistos, respectivamente (Tabelas 4). Considerando todos os tratamentos com torta de mamona (doses 0,5 g, 1 g, 2 g, 4 g e 5 g), verificou-se uma redução do número de cistos de 48,7%, 56,1%, 58,9%, 97,2% e 98,9%, respectivamente, em relação ao tratamento sem adição da torta. A torta de algodão também apresentou capacidade de diminuição populacional em todas as mesmas 5 doses estudadas, diminuindo o número de cistos em 32,2%, 49,5%, 58,8%, 92,9% e 97,1%. Os resultados sugerem que o nematoide foi possivelmente afetado por compostos tóxicos produzidos durante a decomposição das tortas oleaginosas durante o período de 14 dias que antecedeu ao plantio das mudas de pitaya. O efeito nocivo da torta de mamona e de algodão em casa de vegetação, foi proporcional à quantidade de material orgânico adicionado ao substrato (Gráficos 3 e 4).

Tabela 2. Número total de cistos em raízes de pitaya após 45 dias, conforme as doses da torta de mamona adicionadas ao substrato.

Total de cistos/dose	0 g	0,5g	1,0g	2,0g	4,0g	5,0g
Total	472	242	207	194	13	5
Média	94,4a*	48,4b	41,4b	38,8b	2,6c	1,0d**

* Médias com letras distintas, diferem entre si a 5% de probabilidade no teste de Tukey.

**Dados foram transformados em $“(x+k)^{1/2}”$, com $k = 0,1$ para atender aos pressupostos básicos da Anova.

Tabela 3. Número total de cistos em raízes de pitaya após 45 dias, conforme as doses da torta de algodão adicionadas ao substrato .

Total de cistos/dose	0	0,5g	1,0g	2,0g	4,0g	5,0g
Total	481	326	243	198	34	14
Média	96,2a*	65,2b	48,6c	39,6c	6,8d	2,8e**

* Médias com letras distintas, diferem entre si a 5% de probabilidade no teste de Tukey.

**Dados foram transformados em $“(x+k)^{1/2}”$, com $k = 0,1$ para atender aos pressupostos básicos da Anova.

Gráfico 4. Análise de regressão do número médio de cistos obtidos de raízes de pitaya e as doses de torta de mamona após 45 dias.

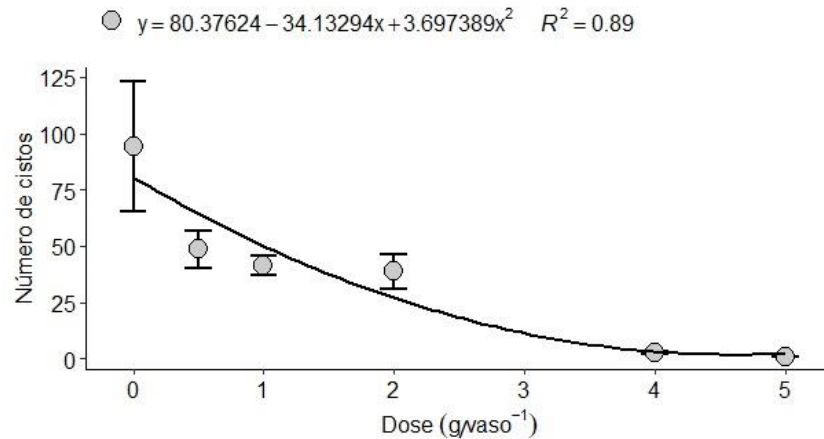
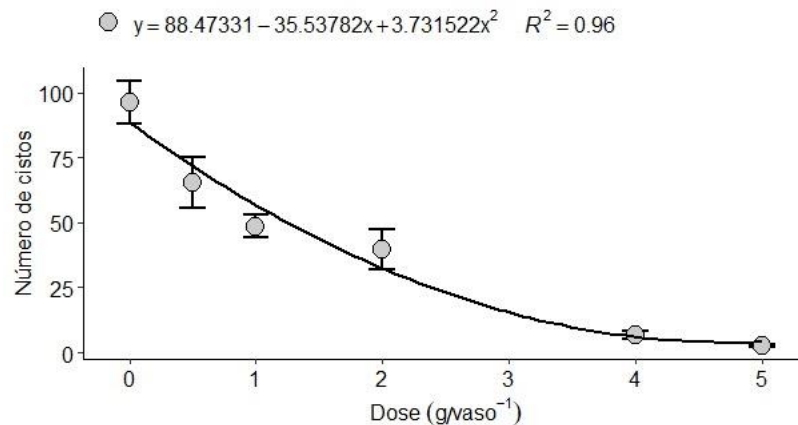


Gráfico 5. Análise de regressão do número médio de cistos obtidos de raízes de pitaya e as doses de torta de algodão após 45 dias.



As 60 pitayas que foram empregadas nos dois ensaios com as duas tortas não apresentaram alteração visual da coloração dos cladódios, que permaneceram com verde intenso até o final dos ensaios, indicando que não houve efeito fitotóxico das tortas nas mudas das cactáceas e alguns, ainda, emitiram brotos secundários.

Em heteroderídeos, Meena, Nehra, Trivedi (2009) aplicaram compostos orgânicos, entre estes a torta de mamona e a de algodão, no controle de *H. cajani* em feijão guandu (*Cajanus cajan* L.) empregando doses de 3 e 5 g/vaso de 1,5 quilograma. Após análises, foi verificado que ambas as tortas reduziram o número de cistos em mais de 30% nas duas doses aplicadas ao substrato.

O efeito tóxico das tortas de mamona e de algodão observado neste trabalho reduzindo a população do nematoide de cisto das cactáceas (*C. cacti*). está de acordo com os resultados observados desde a década de 70 para diferentes fitonematoides. São exemplos de gêneros em que ocorreu controle com o emprego das tortas: *Meloidogyne* spp. (ESTUPIÑAN-LÓPEZ *et al.*, 2017; GOMES *et al.*, 2012; HOSSAIN *et al.*, 1989; IBRAHIM *et al.*, 2007; LISBOA *et al.*, 2005; MIRANDA; FRACASSO, 2010; MORAES; LORDELLO, 1979; PEDROSO *et al.*, 2019; PEDROSO *et al.*, 2020; RADWAN *et al.*, 2009; RICH *et al.*, 1989; ROLDI *et al.*, 2013), *Hoplolaimus*, *Rotylenchulus*, *Tylenchulus* e *Pratylenchus* (BADRA *et al.*, 1979; MIRANDA; FRACASSO, 2010; UMAR; SIMON, 2008) e *Radopholus* (ZEM; ALVES, 1983).

Os resultados obtidos nesses ensaios estão de acordo com o trabalho de Lisboa *et al.* (2005), o qual objetivou o controle de *M. exigua* em café orgânico (*Coffea arabica*), sendo realizado em casa de vegetação com a torta de mamona aplicada em concentrações de 0, 0,5%, 1%, 2% e 4%. Após análises, os autores verificaram que houve redução populacional, com a erradicação do nematoide ocorrendo na dose de 4%, dose 10 vezes menor que a segunda maior dose empregada nos ensaios com pitaya no presente trabalho. O mesmo foi observado por Roldi *et al.* (2013) utilizando 20g de torta de mamona por 1,5 quilograma de substrato, em que ocorreu a diminuição em mais de 90% do número de galhas e de ovos de *M. incognita* em raízes de tomates inoculados com o patógeno comparados com o controle.

Em experimentos conduzidos com ovos e juvenis de *Meloidogyne incognita*, em copos plásticos contendo solo e torta de algodão (concentração de 1,5%, 3,0%, 4,5%, e 6,0%) foi demonstrado a ação tóxica da torta pela liberação de compostos orgânicos voláteis presentes no solo como: 2-metil-1-butanol, 3-metil-1-butanol, álcool feniletílico, benzeno-1-etil-4-metoxi (p-etilanisol) e 4-etil-1,2- dimetoxibenzeno detectados pela cromatografia gasosa e espectrofotometria de massa, com redução do número de galhas e de ovos nas raízes de tomateiros plantados nos copos após 10 e 20 dias (ESTUPIÑAN-LÓPEZ *et al.*, 2017).

Na adição de 30 g de torta de algodão fizeram a adição de 30 g de torta de algodão por quilograma de solo, sendo verificada a redução de 84,9 a 86,9% no número de galhas e de massas de ovos de *M. incognita* em tomateiro, respectivamente (Ibrahim *et al.*, 2007). Em ensaios com a mesma espécie do patógeno, Hossain *et al.* (1989) utilizaram torta de algodão nas dosagens de 10, 20 e 40 g, em vasos contendo 4,5 quilogramas de solo, e foi verificado que todas as doses reduziram o número de galhas e de fêmeas/g de raiz em taxas superiores a 50% em tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.), em comparação com a testemunha, sugerindo que o patógeno foi afetado pelo tratamento.

A redução de *M. incognita* em raízes de tomateiro utilizando torta de algodão também foi verificada por Radwan *et al.* (2009), no entanto, os autores utilizaram quantidades elevadas, ou seja, doses de 5, 10, 15, 20 e 50 g/quilogramas de solo. Todas as concentrações foram efetivas na diminuição do número de galhas/raiz e J2/g de solo, com a maior redução ocorrendo com a aplicação da maior dose, que proporcionou diminuição de 91,54% no número de galhas e de 71,36% de J2/g solo em comparação com o controle sem o tratamento.

Os ensaios conduzidos com a adição das tortas em áreas infestadas também verificam o seu efeito na diminuição populacional dos fitonematoides, mas não foram realizados estudos da adição das tortas em áreas sob infestação por heteroderídeos.

Em estudo conduzido em área de bananeira infestada com *Radopholus similis*, quando 25.000 quilogramas/ha de torta de mamona foram incorporados ao solo, foi verificada a diminuição populacional do patógeno, uma vez que, 6 meses após o plantio de mudas da cultura na área tratada, a população do fitoparasita era próxima a zero nas raízes (ZEM; ALVES, 1983).

Umar e Simon (2008) realizaram dois experimentos por dois anos seguidos, em campo infestado com *M. javanica*, *M. incognita*, *Hoplolaimus indicus*, *R. reniformis* e *Pratylenchus* sp. e concluíram que a torta de mamona, em dose única de 120 quilogramas/ha, aliada à aração profunda do solo (60 cm) foi suficiente para diminuição da densidade populacional dos fitopatógenos em 73,6%, 60%, 67%, 87%, 74%, respectivamente, nas raízes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) plantado após 4 semanas do tratamento.

Visando estimar a quantidade adequada da torta de mamona para aplicação em áreas infestadas por *M. javanica* e população mista de *P. zaei* Graham, 1951 e *P. brachyurus* Godfrey, 1929, Miranda e Fracasso (2010) aplicaram a referida torta nas doses de 600, 1.200 e 1.800 quilogramas/ha, sendo estimadas as populações em três, seis e dez meses após o plantio da cana-de-açúcar. Em comparação com a testemunha e controle químico (aldicarb e carbofuran), 1.800 quilogramas/ha foi a melhor dose para aplicação visando redução populacional dos fitopatógenos.

Em ensaios realizados em campo para comparação de compostos orgânicos, dentre eles a torta de algodão, e químicos (nematicida) na densidade populacional de fitonematoides que comumente parasitam híbridos de cana-de-açúcar, foram realizadas 8 avaliações mensais e embora o controle químico (carbofuran, forato e aldicarbe) tenha sido mais rápido na redução populacional dos patógenos, a torta de algodão, usada na concentração de 5 quilogramas/ha, também foi efetiva na redução dos nematoides, apresentando efeito

duradouro (até o fim do ensaio) e reduzindo a densidade populacional em 60,84% em comparação com o controle (MOHAN, 2011).

Gomes *et al.* (2012) realizaram a adição de torta de mamona nas doses de 5.000 quilogramas/ha e 10.000 quilogramas/ha em solo infestado por *M. javanica*. Antes da incorporação foi feita extração de solo para estimar a população nematoides de vida livre e feito plantio de tomate, em casa de vegetação com parte do solo extraído, para avaliar a população de *M. javanica* (número de galhas/raiz). Após 45 dias, esse processo foi repetido e verificou-se que as duas doses foram capazes de reduzir a população de *M. javanica* em mais de 60% e permitiram a multiplicação dos nematoides de vida livre, que foram menos afetados pelos tratamentos.

A decomposição de tortas oleaginosas no solo libera diversos compostos tóxicos a nematoides e seu modo de ação varia entre dissolução lipídica, desnaturação proteica, inibição de elétrons e inibição de enzimas vitais (ISMAIL *et al.*, 2011). A decomposição de matéria orgânica libera isotiocianatos de metila, composto nematocida, além de ácido butírico, ácido propiônico, ácidos graxos voláteis, compostos nitrogenados e ácidos húmicos e fúlvicos, que estão relacionados à defesa vegetal, pela produção de produção de fenóis e proteínas específicas de patogenicidade (COSTA, 2021; ROSSKOPF *et al.*, 2020).

Na torta de algodão estão presentes compostos nematocidas como o ácido acético, ácido propiônico, ácido butírico, fenóis e polifenóis que possuem efeitos tóxicos a nematoides (BADRA *et al.*, 1979).

Os resultados obtidos neste trabalho demonstraram que as doses de 4 e 5 g de torta de mamona e de algodão, foram capazes de causar redução acentuada (97,2%-98,9% e 92,9% - 97,1%) no número de cistos de *C. cacti*, sugerindo que podem ser usadas no manejo de nematoide em possíveis áreas infestadas antes do plantio de pitaya. No entanto, há necessidade de uma prática de manejo adicional ao tratamento com os materiais orgânicos, uma vez que população residual do nematoide no solo ainda infectaria plantas de pitaya. Uma prática efetiva seria o emprego da solarização, considerando os resultados obtidos por Santos Filho (2022), que observou a erradicação do patógeno em sacos plásticos transparentes após 17 dias de solarização. A temperatura média de 50,15 °C alcançada nos sacos plásticos verificada pelo autor, poderia também vir a ocorrer em solo contribuindo para a maior vulnerabilidade dos cistos à ação dos compostos tóxicos das tortas, possivelmente erradicando o patógeno. Testes com aplicação de tortas de mamona e de algodão em campo não foram realizados na presente pesquisa pelo desconhecimento de áreas infestadas com o fitoparasita.

A quantidade de torta necessária por hectare para uma incorporação do substrato orgânico aos primeiros 30 cm de solo, que é a camada de maior densidade populacional de fitonematoides, considerando as 5 doses estudadas (0,5; 1,0; 2,0; 4,0 e 5,0 g) são de: 1,25 t; 2,5 t; 5 t; 10 t e 12,5 t, respectivamente, investimento este com um retorno associado ao alto valor agregado do fruto da pitaya.

O emprego de torta de mamona e de algodão tem potencial para uso como manejo em pequenas áreas de cultivo de pitaya juntamente com outros métodos de controle, como é o caso da solarização, prática de controle físico eficaz na erradicação de patógenos de solo. Adicionalmente ao manejo do patógeno, o produtor estaria fazendo um bom proveito de subprodutos gerados na extração de óleos de mamona e de algodão.

5 CONCLUSÃO

A torta de mamona nas doses 2 g e 4 g/L⁻¹ *in vitro* reduz a taxa de eclosão de juvenis de *Cactodera cacti*.

As tortas de algodão e de mamona nas doses de 4 e 5 g/quilogramas de substrato reduzem a população de *Cactodera cacti* em raízes de pitaya.

REFERÊNCIAS

- ADAM, W. Note sur *Heterodera schachtii* Schm. Parasite descactus. **Bulletin du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique** 8, 1-10, 1932.
- AGROFIT. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em 22 jan. 2024.
- AKTAR, M.; MAHMOOD, I. Control of plant-parasit nematode with organic and inorganic amendments in agricultural soil. **Appl. Soil Ecology** 4:243-7, 1996.
- ALMEIDA, O. J. G.; COTA-SÁNCHEZ, J. H; PAOLI, A. A. S. The systematic significance of floral morphology, nectaries, and nectar concentration in epiphytic cacti of tribes Hylocereeae and Rhipsalideae (Cactaceae). **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 15, n. 5, p. 255-268, 2013.
- AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIM FILHO, A. Manual de Fitopatologia. 4 ed. São Paulo: **Agronômica Ceres Ltda**, v.1, 704 p., 2011.
- ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. Cultura da soja nos cerrados. 2 ed. Piracicaba: **POTAFOS**, 535 p. 1993.
- ARCANJO, A. H. M. Torta de algodão como fonte de fibra efetiva na dieta de novilhos nelore terminados em confinamento. 2023. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, **Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**, Campo Grande, MS, 2023.
- ATTAR, Ş. H.; GÜNDEŞLI, M. A.; URÜN, I.; KAFKAS, S.; KAFKAS, N. E.; ERCISLI, S.; GE, C.; MLCEK, J.; ADAMKOVA, A. Nutritional Analysis of Red-Purple and White-Fleshed Pitaya (*Hylocereus*) Species. **Molecules**, 27, 808, 2022.
DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27030808>.
- AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. O agronegócio da mamona do Brasil. Campina Grande: **Embrapa Algodão**, 350p. il, 2001.
- BADRA, T.; SALEH, M. A.; OTEIFA, B. A. Nematicidal activity and composition of some organic fertilizers and amendments. **Revue de Nématologie**, Bondy, v. 2, n. 1, p. 29-36, 1979.
- BALDWIN, J. G; MUNDO OCAMPO, M. Heteroderinae, cyst and non cyst forming nematodes. Manual of agricultural nematology. New York: **Marcel Dekker**, p. 275 362, 1991.
- BANDARA, A. Y.; WEERASOORIYA, D. K.; BRADLEY, C. A.; ALLEN, T. W.; ESKER, P. D. Dissecting the economic impact of soybean diseases in the United States over two decades. **PLoS One** 15: e0231141, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231141>.
- BELLUCCI, E. R. B.; MUNEKATA, P. E. S.; PATEIRO, M.; LORENZO, J. M.; BARRETTO, A.C.S. Red pitaya extract as natural antioxidant in pork patties with total replacement of animal fat, **Meat Science**, Volume 171,108284, ISSN 0309-1740, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108284>.

BOSCHIERO, B. N. Fitonematoides: 4 principais gêneros, características e sintomas em plantas. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-fitonematoides-parasitas-de-plantas/>. Acesso em: 18 jan. 2024.

BRAGA, A. C. L.; SOUSA, A. M. P.; VOLTOLINI, T. V.; CAVALCANTE, A. C. R.; VIEIRA, L. da S.; ANDRADE, L. B. da S.; SALLES, H. O. Atividade nematicida in vitro de resíduos agroindustriais. In: Congresso Brasileiro de Parasitologia Veterinária, pag.18. Gramado. Fronteiras da parasitologia: anais. Gramado: **Colégio Brasileiro de Parasitologia Veterinária**, 2014.

CACTACEAE IN FLORA E FUNGA DO BRASIL. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB70>. Acesso em: 18 jan. 2024.

CAFÉ, F. B. S.; REBOUÇAS, B. R.; CARES, J. E.; LIMA, C. S.; RABELO FILHO, F.A.C.; SOUZA JUNIOR, F. J. C.; SANTOS, C. D. G. S. First report of the cactus cyst nematode, *Cactodera cacti*, infecting *Cereus jamacaru* (Cactaceae) in Brazil. **Plant disease**. First look, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-21-1924-PDN>.

CAFÉ, F. B. S.; SANTOS, C. D. G. Method for extracting nematode cysts of the family Heteroderidae from sandy loam soil. **Australasian Plant Pathol.** 52, 43–44, 2023. <https://doi.org/10.1007/s13313-022-00861-0>.

CAFÉ, F. B. S. Aspectos biológicos do nematoide do cisto das cactáceas, *Cactodera cacti*, em pitiaia. Dissertação (mestrado) – **Universidade Federal do Ceará**, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2019.

CARES, J. E. e BALDWIN, J. G. Nematoides formadores de cisto do gênero *Heterodera* **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Brasília, v. 3, n. 11. 1995.

CARES, J. E. e LOPES, C. M. L. Nematologia no contexto internacional e brasileiro: ameaças à sustentabilidade da agricultura e à segurança alimentar. 35º Congresso Brasileiro de Nematologia. Anais, 2018. Disponível em: <https://nematologia.com.br/files/anais/2018/Anais - 35 CBN - 2018.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2024.

CARVALHO, W. L. de.; MAIOLI, M. A.; MENDES, L. C. N.; ROZZA, D. B.; MINGATTO, F. E. Mecanismos da intoxicação do fígado de rato causada pelo gossípol. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, 33(3), 339–344, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-736X201300030001>.

CASSELS, B. Alkaloids of the Cactaceae — **The Classics**. NPC Natural Product Communications. V.14, p. 85-90, 2019.

CASTRO, C. G. R.; NELSON, A. P.; ESTELA, S. Z.; ARIAS, S.; REINHOLD, I. R. Comparative analysis of floral transition and floral organ formation in two contrasting species: *Discocactus speciosus* and *D. eichlamii* (Cactaceae). **Plant Reproduction**, 2024. DOI:10.1007/s00497-023-00494-3.

CHAN, H. Y. *et al.* The occurrence, identification and ecological studies of the cactus nematode from dragon fruit crops in Taiwan. **植物醫學**, Taiwan 58, 25 31, 2016.

COELHO, I. Avaliação das exportações tradicionais baianas: caso de sisal e mamona. 174f. Dissertação (Mestrado) – **Universidade Federal da Bahia**, Salvador, 1979.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. (2024). 5(6), SAFRA 2022/2024.

COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. A. Method for the Quantitative Extraction of Nematodes from Plant Tissue. Ghent, Bélgica. **State Nematology and Entomology Research Station**, 77p, 1972.

CORDERO, C.; BALDWIN, J. G.; MUNDO OCAMPO, M. Fine structure of the posterior cone of females of *Cactodera cacti* Filipev & Schuurmans Stekhoven (Nemata): **Revue de nematologie** s.l. v. 14, p. 455 465, 1991.

COSTA, M.J.N.; Uso de esterco bovino e cobertura de solo no manejo de nematoides na cultura da soja. **Revisão Anual de Patologias de Plantas. RAPP** - Volume 27, p.32-50. UNIVAG - Centro Universitário. Várzea Grande (MT), 2021.
DOI: <https://doi.org/10.31976/0104-038321v270002>.

DERAL- **Departamento de Economia Rural**- Prognóstico 2020. FRUTICULTURA Análise da Conjuntura. Disponível em:
https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-01/fruticultura_2020.pdf. Acesso em: 17 jan. 2024.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. Efeito da Torta de Mamona sobre Populações de Nematoides Fitoparasitos e a produtividade da Cana-de-açúcar. **Nematologia Brasileira**, v. 34, n.1, p. 68-71, 2010.

DUAN Y. X.; WANG D.; CHEN LJ. First Report of the Cactus Cyst Nematode, *Cactodera cacti*, on Cactus in Northern China. **Plant Disease**. Sep;96(9):1385, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-12-0374>.

ELLING, A. A. Major Emerging Problems with Minor *Meloidogyne* Species, **Phytopathological**, v.103, p.11092–1102, 2013.

EMBRAPA CERRADO. Cientistas desenvolvem cultivares de pitaya geneticamente superiores, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/80740738/cientistas-desenvolvem-cultivares-de-pitaya-geneticamente-superiores>. Acesso em: 18 jan. 2024.

ESCOBAR-AVILA, I.; SUBBOTIN, S; TOVAR-SOTO, A. *Cactodera solani* n. sp. (Nematoda: Heteroderidae), a new species of cyst-forming nematode parasitising tomato in Mexico. **Nematology**, 23, 2020.

ESSER, R. P. Cactus cyst nematode: *Cactodera cacti* **Bureau of Nematology**, Gainesville, v. 1, n. 197, p.1 3, fev. 1992.

ESTUPIÑAN-LÓPEZ, L.; CAMPOS, V. P.; SILVA, A.P.; CAMPOS, V. P.; SILVA, A. P.; BARROS, A. F.; PEDROSO, M. P.; SILVA, J. C. P.; TERRA, W. C. Volatile organic compounds from cottonseed meal are toxic to *Meloidogyne incognita* . **Trop. plant pathol.** 42, 443–450, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40858-017-0154-4>.

EVANS, K.; ROWE, J.A. Distribution and economic importance. In: Sharma, S. B. (eds) The Cyst Nematodes. **Springer**, Dordrecht, 1998. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-015-9018-1_1.

EVALLO E.; TAGUIAM JD; BALENDRES MA. A brief review of plant diseases caused by *Cactus virus X*, **Crop Protection**, Volume 143, 105566, ISSN 0261-2194, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105566>.

FAOSTAT. Castor Oil Seeds. **United Nations Food and Agriculture Organization**. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity. Acesso em: 23 jan. 2024.

FARIA, J. M. S.; VICENTE, C. Essential Oils and Volatiles as Nematocides against the Cyst Nematodes *Globodera* and *Heterodera*. **Biology and Life Sciences Forum**. 3(1):1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/IECAG2021-09689>.

FERRAZ, L.C.B.; BROWN, D. J. F. Nematologia de plantas: fundamentos e importância. **Sociedade Brasileira de Nematologia**, 2016. Disponível em: <http://www.nematologia.com.br/files/livros/1.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2024.

FERRAZ, S.; de FREITAS, L. G. O controle de fitonematoides por plantas antagonistas e produtos naturais. Departamento de Fitopatologia-**UFV**, p. 1-17, 2008.

FERREIRA, A. A.; FERREIRA, R. K.; FONSECA, A. C. C.; RODRIGUES, S. J. A.; COSTA, A. C. O. Rendimento de carcaça e qualidade da carne do peito de frangos caipira alimentados com torta de algodão. **agri-environmental sciences**, v. 6, p. 11, 11 set, 2020.

FILIPJEV, I. N.; SCHUURMANS, S. J. H. A manual of agricultural helminthology. **Leiden, The Netherlands**, E.J. Brill, 878 pp, 1941.

FREIRE, R. M. M. Ricinoquímica. In: AZEVEDO, D. M. de P.; LIMA, E. L. (Ed.). O agronegócio da mamona no Brasil, Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2001.

GOFFART, H. *Heterodera schachtii* Schmidt an gemeiner Hanfnessel (*Galeopsis tetrahit* L.) und an Kakteen. **Parasitology Research** s.l. l.], v. 8, n. 5, p. 528 532, 1936.

GOMES, C. B.; SOMAVILLA, L.; BRUM, D.; CORREA, A. P. A.; MORENO M.B.; SCHLEE, V. W.; SCHWENGBER, J. E.; KROLOW, A. C. Emprego da biofumigação do solo com torta de mamona no controle do nematoide das galhas (*Meloidogyne javanica*) e na produção e qualidade de alface 'elisa'. Workshop de insumos para a agricultura sustentável. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/76811/1/3FIT-Gomes.pdf>. Acesso em: 04 ago. 2024.

GRANEY, L. S. O.; BIRD, G. W. Descriptions and comparative morphology of *Cactodera milleri* (Nematoda: Heteroderidae) and *Cactodera cacti* with a review and key to the genus *Cactodera* **Journal of nematology**, s.l. v. 22, n. 4, p. 457, 1990.

GURGEL, A. L. C.; SANTOS D. G.; EMERENCIANO NETO, J. V.; SILVA R. F. F.; GIOTO Z. L.; COSTA, M. G.; VINHAS I. L. C.; BRANDÃO F. I. C. C. Impact of supplementation with different protein sources on the parasitological profile of ovine matrices and development of lambs. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 36, n. 2, p. 496–506, 2020. DOI: 10.14393/BJ-v36n2a2020-39823.

GUPTA, R.; MFARREJ, M. F. B.; ELNOUR, R. O.; HASHEM, M.; AHMAD, F. Defence response of host plants for cyst nematode: A review on parasitism and defence, **Journal of King Saud University - Science**, Volume 35, Issue 7, 102829, ISSN 1018-3647, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102829>.

HANDOO, Z.; SKANTAR, A.; SUBBOTIN, S.; KANTOR, M.; HULT, M.; GRABOWSKI, M. Molecular and morphological characterization of a first report of *Cactodera torreyanae* Cid del Prado Vera & Subbotin, 2014 (Nematoda: Heteroderidae) from Minnesota, the United States of America. **Journal of Nematology**. 53. 2021.

HEATHER, J. Scheck. **California Pest Rating Proposal for *Cactodera cacti*** (Filipjev & Schuurmans Stekhoven, 1941) Krall & Krall, 1978. Cactus cyst nematode, 2021. Disponível em: https://blogs.cdfa.ca.gov/Section3162/wp-content/uploads/2021/11/Cactodera-cacti-ADA_PRP.pdf. Acesso em: 17 mar. 2024.

HOLANDA, A. F. P de. Hospedabilidade de pitaya ao nematoide das galhas, *Meloidogyne* spp. Trabalho de Conclusão de curso. **Universidade Federal do Ceará**, 2021.

HOSSAIN, S.; MIAN, I. H.; TSUNO, K. Efficacy of Three Nematicides and Two Oil Cakes for Control of Root-Knot Nematode (*Meloidogyne incognita*) on Potato Seedlings. **J. Fac. Agr.**, Kyushu Univ., 34(1-2), 115-121, 1989.

IBRAHIM I. K. A.; EL-SAEDY M. A. M.; MOKBEL A. A. Control of the Root–Knot nematode *Meloidogyne incognita* on sunflower plants with certain organic plant materials and biocontrol agents. **Egyptian Journal of Phytopathology**, Cairo, v. 35, n. 1, p. 13-24, 2007.

IBRAHIM, S. R. M.; MOHAMED, I.; MOHAMED KHEDR, G. A.; KHEDR, A. I. M.; ZAYED, M. F.; EL-KHOLY, A. A. S. Genus *Hylocereus*: Beneficial phytochemicals, nutritional importance, and biological relevance-A review. **J. Food Biochem**, 42, e12491, 2018.

ICOFORT. Disponível em: <https://www.icofort.com.br>. Acesso em: 17 abr. 2024.

INDUSTRIA GOLFINHO. Conheça nossos produtos. Disponível em: <https://industriagolfinho.com.br>. Acesso em: 17 abr. 2024.

INOKUTI, E. M.; SARAIVA, J. L. R.; MIRANDA DA SILVA, D. E.; CORRÊA, M. C. M.; LIMA, C. S. First Report of Stem Gray Blight on *Hylocereus megalanthus* and *Hylocereus polyrhizus* Caused by *Diaporthe arecae* in Brazil. **Plant Disease**. v. 108, n. 3, p. 806, 2024.

INOKUTI, E. M.; MIRANDA DA SILVA, D. E.; ALMEIDA, M. M. M.; OLIVEIRA, J. R.; ANDRADE, I. L.; SILVA, C.; CORRÊA, M. C. M.; LIMA, C.S. First Report of *Colletotrichum tropicale* Causing Anthracnose on Pitaya (*Hylocereus costaricensis*) in Brazil. **Plant Disease**, v. 108, n. 3, p. 797, 2024.

ISMAIL, A. E.; ABD-EL-MIGEED, R. A.; AWAAD, M. S. *Meloidogyne incognita* suppression and changes of grapevine yield properties determined by waste residues from jojoba, black seed oil extraction and slow release of nitrogen fertilizer. **Jornal of Nematology**, College Park, v. 29, n. 2, p. 187-205, 2011.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **The Plant Disease Reporter**, vol. 48, no. 9, pp. 692, 1964.

LI, W.; LI, H.; NI, C.; SHI, M.; WEI, X.; LIU, Y.; ZHANG, Y.; PENG, D. A new cyst-forming, *Cactodera tianzhuensis* n.np. (Nematoda: Heteroderidae) from *Poluygonum viviparum* in China with a key to the genus Cactodera. **Journal of Nematology**. Vol. 5. 53. 1-15, 2021.

LIMA, S. M. N.; MONTE, L. E. M.; SANTOS, C. M. N.; SOUSA, C. S. Revisão de literatura sobre a pitaya (*Hylocereus* spp.) na produção de alimentos e cosméticos. **Brazilian Journal of Health Review** ISSN: 2595-6825, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34119/bjhrv4n2-257>.

LISBOA, J. M. M.; MOURA, W. M.; LIMA, P. C.; OLIVEIRA, R. D. L.; AGUIAR, N. D. C.; PERTEL, J.; RIBEIRO, P. M. Efeito da torta de mamona como nematicida na produção de mudas de café orgânico. 2005. **Embrapa**. Disponível em: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb_anais/simposio4/p78.pdf. Acesso em: 17 abr. 2024.

MACHADO, A. C. Z. 2015. Ataques de nematoides custam R\$ 35 bilhões ao agronegócio brasileiro. **Revista Agrícola**. Disponível em: <http://www.ragricola.com.br/destaque/ataques-de-nematoides-custam-r-35-bilhoes-ao-agronegocio-brasileiro>. Acesso em: 18 jan. 2024.

MADANE P.; DAS, A. K.; NANDA, P. K.; BANDYOPADHYAY, S.; JAGTAP, P.; SHEWALKAR, A.; MAITY, B. Dragon fruit (*Hylocereus undatus*) peel as antioxidant dietary fibre on quality and lipid oxidation of chicken nuggets. *J Food Sci Technol*. Apr;57(4):1449-1461, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04180-z>.

MASHKOOR A.; AHMAD, M.; KHAN, A. M. Effect of organic amendments on the growth and chemical composition of tomato, eggplant and chilli and their susceptibility to attack by *Meloidogyne incognita*. **Plant Soil** 57, 231–236, 1980. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02211683>.

MEENA, P.; NEHRA, S.; TRIVEDI, P. C. Efficacy of decomposed organic cakes against *Heterodera cajani* infecting *Cajanus cajan*. **Asian Jornal of Experimental Sciences**, Amsterdam, v. 23, n. 1, p. 181-184, 2009.

MELLO, F. R. DE.; BERNARDO, C.; DIAS, C.O.; GONZAGA, L.; AMANTE, E. R.; FETT, R.; CANDIDO, L. M. B. Antioxidant properties, quantification and stability of betalains from pitaya (*Hylocereus undatus*) peel. **Ciência Rural**, 45(2), 323–328, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140548>.

MENESES, A. J. G.; POMPEU, R. C. F. F.; SALLES, H. O. *et al.* Castor bean cake for the control of parasites in pasture-finished sheep. **Trop Anim Health Prod** 54, 300, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03273-w>.

MOHAN, K. Comparison of inorganic and organic nematicides on the population of soil nematodes in hybrids of *Saccharum* species. **Journal of Biopesticides**, Oxford, v. 4, n. 2, p. 201-204, Dec, 2011.

MORAES, M. V. de.; LORDELLO, L. G. E. Uso de torta de mamona no controle de nematoides em solo para viveiro de café. **Sociedade Brasileira Nematologia**, n. 2, 1977.

NASCIMENTO, L. T.; MENESES, A. J. G.; PEREIRA, P. L.; POMPEU, R. C. F. F.; SALLES, H. O. Atividade anti-helmíntica de dieta à base de torta de mamona destoxificada. In: Encontro de Iniciação Científica da Embrapa Caprinos e Ovinos, 10., 2021, Sobral: **Embrapa Caprinos e Ovinos**, p. 21-22, 2022.

NI, C.; XIE, Y.; YANG, S.; YANG, Z.; XU, C.; XIE, J. *Cactodera guizhouensis* n. sp. (Nematoda: Heteroderinae), a new species of cyst-forming nematode from roots and surrounding soil of potato in Guizhou, China. **European Journal of Plant Pathology**, Volume 169, Issue 1, p.159-169, 2023.DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-024-02816-1>.

OLIVEIRA, C. M. G.; KUBO, R. K.; ANTEDOMENICO, S. R.; MONTEIRO, A. R.; INOMOTO, M. M. Ocorrência de nematóides fitoparasitos em plantas ornamentais nos Estados de São Paulo e Minas Gerais. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, s.l. l.], v. 13, p. 135 141, 2007.

PAIM, T. P. Relação entre caroço de algodão e alterações organolépticas na carne. **SCOT CONSULTORIA**, 2011. Disponível em: <https://www.scotconsultoria.com.br/noticias/artigos/22083/>. Acesso em: 20 abr. 2024.

PANAGIOTOPOULOS, I. A.; PASIAS, S.; BAKKER, R. R.; VRIJE, T. DE.; PAPAYANNAKOS, N.; CLAASSEN, P. A. M.; KOUKIOS, E. G. Biodiesel and biohydrogen production from cotton-seed cake in a biorefinery concept. **Bioresource Technology**, Essex, v. 136, p. 78–86, May, 2013.

PATHANIA, A.; DUTTA, J.; MHATRE, P. H. In-vitro efficacy of *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas against Estonian cyst nematode, *Cactodera estonica*. **Indian Phytopathology** 75, 1167–1171, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42360-022-00526-4>.

PAŠKO, P.; GALANTY, A.; ZAGRODZKI, P.; KU, Y. G.; LUKSIRIKUL, P.; WEISZ, M.; GORINSTEIN, S. Bioactivity and cytotoxicity of different species of pitaya fruits – A comparative study with advanced chemometric analysis, **Food Bioscience**, Volume 40, 100888, ISSN 2212-4292, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100888>.

PEDROSO, L. A.; CAMPOS, V. P.; BARROS, A. F.; JUSTINO, J. C.; DE PAULA, L. L. Activity against *Meloidogyne incognita* of volatile compounds produced during amendment of soil with castor bean cake. **Nematology**, 22(5), 505-514, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1163/15685411-00003319>.

PEDROSO, L. A.; CAMPOS, V.P.; PEDROSO, M. P.; BARROS, A.F.; FREIRE, E. S.; RESENDE, F. M. Volatile organic compounds produced by castor bean cake incorporated into the soil exhibit toxic activity against *Meloidogyne incognita*. **Pest. Manag. Sci.**, 75: 476-483, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.5142>.

PEREIRA, L. S. Estudo teórico do mecanismo de ação da enzima RTA da Ricina com um ligante análogo ao substrato natural rRNA 28S / Dissertação (Mestrado)-**Universidade Federal da Paraíba/CCEN** - João Pessoa, 2021.

PESSOA, V. G.; SILVA, T. G. P.; OLIVEIRA, P. V. C.; FERNANDES, G. S. T. Getting to know the cacti of Northeast Brazil: a systematic review. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.16, n.6 3020-304, 2023.

PIEDRAHITA, Ó. A. G.; PÉREZ, L.; PATIÑO, A. Reconocimiento de nematodos fitoparásitos en pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* HAW. Centro de Museos Museo de Historia Natural, **Manizales**, v. 2, n. 16, p.149 161, 2012.

PINHEIRO, J. B. Nematoides-Embrapa hortaliças. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/pimenta/producao/doencas-e-pragas/doencas/nematoides>. Acesso em: 18 jan. 2024.

PIRES, E.; KRAUSE, C. A. Análise econômica da produção de Pitaya na agricultura familiar do sul de Santa Catarina. **Metodologias e aprendizado**, volume 2, 2020. Disponível em: <https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/metapre/article/view/1495/1099>. Acesso em: 14 jan. 2024.

QUEIROGA, V. DE P. Tecnologias utilizadas no cultivo da mamona (*Ricinus communis* L.) mecanizada. 1ed. – Campina Grande: **AREPB**, 2021.

RADWAN, M. A.; EL-MAADAWY, E. K.; KASSEM, S. I.; ABU-ELAMAYEM, M. M. Oil cakes soil amendment effects on *Meloidogyne incognita*, root-knot nematode infecting tomato. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, 42(1), 58-64, 2009.

RICH, J. R.; RAHI, G. S.; OPPERMAN, C. H.; DAVIS, E. L. Influence of the Castor Bean (*Ricinus communis*) Lectin (Ricin) on Motility of *Meloidogyne incognita*. **Nematropica**. Vol. 19, No. 1, June, 1989.

ROCHA, L. F.; GAGE, K. L.; PIMENTEL, M. F.; BOND, J. P.; FAKHOURY, A. M. Weeds Hosting the Soybean Cyst Nematode (*Heterodera glycines* Ichinohe): Management Implications in Agroecological Systems. *Agronomy*, 11, 146, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11010146>.

ROLDI, M.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; SEVERINO, J. J.; SANTANA, S. M.; DADAZIO, T. S.; MARINI, P. M.; MATTEI, D. Use of organic amendment to control *Meloidogyne incognita* on tomatoes. **Nematropica** 43: 49-55, 2013.

ROSSKOPF, E.; DI GIOIA, F.; HONG, J. C.; PISANI, C.; KOKALIS-BURELLE, N. Organic Amendments for Pathogen and Nematode Control. **Annu Rev Phytopathol.** 58:277-311, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080516-035608>.

SALDANHA, I. C. Gossipol: toxicidade dos produtos do algodão. Descalvado: [s.n.]. 25p. (**Boletim Técnico da Universidade Brasil**, Departamento de Produção Animal, 23), 2016.

- SANTANA, A.T.; GUELF, M.; MINGATTO, F. E. Inibição da síntese de ATP causada pelo gossipol em mitocôndrias isoladas de testículo de rato. **III Simpósio de Ciências da UNESP – dracena IX Encontro de Zootecnia – unesp- dracena**, 2012.
- SANTOS FILHO, R. J. Solarização de solo infestado com cistos do fitonematoide *Cactodera cacti* em sacos plásticos. Trabalho de Conclusão de Curso - **Universidade Federal do Ceará**, 2022.
- SANTOS, D. N. dos.; PIO, L. A. S.; FALEIRO, F. G. Pitaya: uma alternativa frutífera – Brasília: **ProImpress**. ISBN 978-65-991179-1-6, 681p, 2022.
- SANTOS, J. M.; PREZOTTO, T.; MAIA, A. S. Detecção de *Heterodera cacti* em São Paulo. **Nematologia Brasileira**, Picaricaba, v. 25, n. 1, p.139 140, 2001.
- SANTOS, R. S.; MARTINELLI, P. R. P.; DA SILVA, R. J. Hospedabilidade de pitaya-vermelha (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose) a espécies de nematoides. **Revista Internacional De Ciências**, 13(1), 22–29, 2023. DOI: <https://doi.org/10.12957/ric.2023.67524>.
- SANTOS-DÍAZ, M. S.; CAMARENA-RANGEL, N. G. Cacti for production of metabolites: current state and perspectives. **Applied Microbiology and Biotechnology** 103:8657–8667, 2019.
- SCUPINARI, T.; RUSSO, H. M.; MARCHEFAVE, G. G.; BOLZANI, V.; NUNES, E.; DIAS, W. P. D.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; ZERAIK, M.L. Effects of *Crotalaria spectabilis* extract in *Meloidogyne javanica* and *Heterodera glycines* soybean nematodes. **European Journal of Plant Pathology**, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-024-02821-4>.
- SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, A. M. A.; GUIMARÃES, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Rev. Biol Ciência Terra** 5:1–6, 2004.
- SEVERINO, L. S.; MENDES, B. S. S.; SABOYA, R. C. C.; BARROS, L. A.; MARINHO, D. R. F. Teor de nutrientes da farinha de mamona extraída com solvente separada em frações granulométricas por peneiramento a seco e aplicada como adubo orgânico. **Ind Crops Prod** 161:113178, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j>.
- SIEGLOCH, A.; CARVALHO, L. R. de.; PRADO, S. O.; LIMA, R. A. Potencial de espécies da família *Cactaceae* no brasil: uma revisão sistemática. **Biodiversidade** - v.19, n.4, - pág. 82, 2020.
- SILVA, J. F. V. O nematoide de cisto da soja: a experiência brasileira. **SBN - Sociedade Brasileira de Nematologia** -Jaboticabal: Artsigner Editores, 132p.; 23cm, 1999.
- SILVA, R. B. M da. Avaliação da atividade anticoagulante de *Syagrus coronata* e *Pereskia aculeata* em camundongos. Trabalho de Conclusão de Curso - **Universidade Federal de Pernambuco**. Recife, 2023.
- SKANTAR, A. M.; HANDOO, Z. A.; KANTOR, M. R.; HULT M. N.; HAFEZ, S. A. First report of the cactus cyst nematode, *Cactodera cacti*, from a cactus garden in Idaho. **J Nematol.** 51:1-6, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21307/jofnem-2019-044>.

SKANTAR, A.; HANDOO, Z.; KANTOR, M.; HAFEZ, S.; HULT, M.; KROMROY, K.; SIGURDSON, K.; GRABOWSKI, M. First report of *Cactodera milleri* Graney and Bird, 1990 from Colorado and Minnesota. **Journal of Nematology**. 53. 2021-2038, 2021. DOI: <https://doi.org/10.21307/jofnem-2021-017>.

SOEDJATMIKO, H.; CHRISNASARI, R.; HARDJO, P. H. The effect of fermentation process on physical and chemical characteristics of pitaya (*Hylocereus polyrhizus* [F.A.C. Weber] Britton & Rose) stem flour. IOP Conference Series: **Earth and Environmental Science**, 293, 2019.

SOUSA, V. F. O.; DIAS, T. J.; COSTA, J. E. *et al.* Castor Bean Cake Mitigates Saline Stress in Basil Plants. **J Soil Sci Plant Nutr** 22, 3969–3983, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42729-022-01000-w>.

STURHAN, D. On the presence or absence of phasmids in males of *Heteroderidae* (**Nematology** s.l. l.], v. 18, n. 1, p. 23 27, 2016.

TIHOHOD, D. Nematologia agrícola aplicada. **Funep**. São Paulo p. 372, 1993.

UMAR, I.; SIMON, S. Y. The effect of oil seed cakes and ploughing against plant parasitic nematodes on cowpea (*Vigna unguiculata*). **Agricultural Journal** 3: 349-352, 2008.

WHETZEL, H. H. The terminology of phytopathology. Proc. Int. Congr. **Plant Sciences**, v.2, 1929.

WHETZEL, H. H.; HESLER, L. R.; GREGORY, C. T.; RANKIN, W. H. Laboratory outlines in plant pathology. Philadelphia: W.B. **Saunders**, 1925.

WINKELHEIDE, R.; STURHAN, D. Studies on host specificity of a *Pasteuria* isolate from *Heterodera goettin* giana Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. **Berlin Dahlem**, s.l. l.], n. 317, p. 46 53, 1996.

YAN, Q.; YUNPENG, L.; XIN, Z.; JUN, L. Development of active and intelligent packaging by incorporating betalains from red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel into starch/polyvinyl alcohol films, **Food Hydrocolloids**, Volume 100, 105410, ISSN 0268-005X, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105410>.

YUAN-YUAN, J.; JUN, Y.; YA-BO, L.; LONG, W.; LIANG, H.; LI, Z.; YONG-HONG, Z. Extraction and antioxidant activities of polysaccharides from roots of *Arctium lappa* L., **International Journal of Biological Macromolecules**, Volume 123, Pages 531-538, ISSN 0141-8130, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.087>.

ZAID, R. M.; MISHRA, A. R. P.; NOREDYANI, S.; TABASSUM, S.; WAHID, Z. A. B.; SAKINAH, A. M. M. Proximate characteristics and statistical optimization of ultrasound-assisted extraction of high-methoxyl-pectin from *Hylocereus polyrhizus* peels, **Food and Bioproducts Processing**, Volume 123, Pages 134-149, ISSN 0960-3085, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.06.011>.

ZAPPI, D.; TAYLOR, N. P. *Cactaceae* in Flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, 2020. Disponível em: <https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/FB70>. Acesso em: 17 mar. 2024.

ZEM, A. C.; ALVES, E. J. Efeito de diferentes práticas sobre a população de *Radopholus similis*. **Reunião Brasileira de Nematologia**, 7: 215-225, 1983.

ZHOU, Y.; CHEN, J.; ZHU, X.; WANG, Y.; LIU, X.; FAN, H.; DUAN, Y.; CHEN, L. Efficacy of *Bacillus megaterium* strain Sneb207 against soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) in soybean. **Pest Manag Sci**, 77: 568-576, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.6057>.

APÊNDICE A- TABELAS DE NÚMEROS TOTAIS DE CISTOS POR CADA TRATAMENTO.

Tabela 4. Tipos de cistos por repetição na dose 0 g da torta de mamona.

	R1	R2	R3	R4	R5	Total
Cisto Amarelo-pálido	16	19	36	39	26	136
Cisto Caramelo	17	14	34	37	46	148
Cisto Marrom	31	29	46	44	38	188

Tabela 5. Tipos de cistos por repetição na dose 0,5 g da torta de mamona.

	R1	R2	R3	R4	R5	Total
Cisto Amarelo-pálido	14	16	24	24	24	102
Cisto Caramelo	40	18	31	25	26	140
Cisto Marrom	0	0	0	0	0	0

Tabela 6. Tipos de cistos por repetição na dose 1,0 g da torta de mamona.

	R1	R2	R3	R4	R5	Total
Cisto Amarelo-pálido	24	18	24	18	18	102
Cisto Caramelo	24	18	18	22	23	105
Cisto Marrom	0	0	0	0	0	0

Tabela 7. Tipos de cistos por repetição na dose 2,0 g da torta de mamona.

	R1	R2	R3	R4	R5	Total
Cisto Amarelo-pálido	30	18	16	18	20	102
Cisto Caramelo	18	14	30	18	12	92
Cisto Marrom	0	0	0	0	0	0

Tabela 8. Tipos de cistos por repetição na dose 4,0 g da torta de mamona.

	R1	R2	R3	R4	R5	Total
Cisto Amarelo-pálido	1	2	0	1	1	5
Cisto Caramelo	2	1	3	1	1	8
Cisto Marrom	0	0	0	0	0	0

Tabela 9. Tipos de cistos por repetição na dose 5,0 g da torta de mamona.

	R1	R2	R3	R4	R5	Total
Cisto Amarelo-pálido	1	0	0	0	0	1
Cisto Caramelo	0	1	1	1	1	4
Cisto Marrom	0	0	0	0	0	0

Tabela 10. Tipos de cistos por repetição na dose 0 g da torta de algodão.

	R1	R2	R3	R4	R5	Total
Cisto Amarelo-pálido	32	40	43	44	59	218
Cisto Caramelo	49	36	42	31	29	187
Cisto Marrom	20	15	21	10	10	76

Tabela 11. Tipos de cistos por repetição na dose 0,5 g da torta de algodão.

	R1	R2	R3	R4	R5	Total
Cisto Amarelo-pálido	30	24	41	21	23	139
Cisto Caramelo	44	48	28	40	27	187
Cisto Marrom	0	0	0	0	0	0

Tabela 12. Tipos de cistos por repetição na dose 1,0 g da torta de algodão.

	R1	R2	R3	R4	R5	Total
Cisto Amarelo-pálido	18	30	36	36	24	144
Cisto Caramelo	24	18	12	15	30	99
Cisto Marrom	0	0	0	0	0	0

Tabela 13. Tipos de cistos por repetição na dose 2,0 g da torta de algodão.

	R1	R2	R3	R4	R5	Total
Cisto Amarelo-pálido	23	20	16	21	16	96
Cisto Caramelo	30	17	22	15	18	102
Cisto Marrom	0	0	0	0	0	0

Tabela 14. Tipos de cistos por repetição na dose 4,0 g da torta de algodão.

	R1	R2	R3	R4	R5	Total
Cisto Amarelo-pálido	5	4	5	3	4	21
Cisto Caramelo	4	2	3	3	1	13
Cisto Marrom	0	0	0	0	0	0

Tabela 15. Tipos de cistos por repetição na dose 5,0 g da torta de algodão.

	R1	R2	R3	R4	R5	Total
Cisto Amarelo-pálido	0	1	1	1	1	4
Cisto Caramelo	3	2	2	2	1	10
Cisto Marrom	0	0	0	0	0	0