



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ – UESPI
BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRONÔMICA
CAMPUS CERRADO DO ALTO PARNAÍBA-PI



MEYDISON RENAN CARDOSO MASCARENHAS

**RESISTÊNCIA DE *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)
AOS INSETICIDAS DE RISCO REDUZIDO XENTARI® E MATCH®**

URUÇUÍ
2023

MEYDISON RENAN CARDOSO MASCARENHAS

**RESISTÊNCIA DE *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)
AOS INSETICIDAS DE RISCO REDUZIDO XENTARI® E MATCH®**

Monografia apresentada à Universidade Estadual do Piauí, como parte das exigências para obtenção do título de “Bacharelado em Engenharia Agrônômica”.

Orientador: Tadeu Barbosa Martins Silva

URUÇUI
2023

M395r	<p>Mascarenhas, Meydison Renan Cardoso.</p> <p>Resistência de <i>Plutella xylostella</i> (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) aos inseticidas de risco reduzido Xentari® e Match® / Meydison Renan Cardoso Mascarenhas. - 2025.</p> <p>33 f. : il.</p> <p>Monografia (graduação) – Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica, <i>Campus</i> Cerrado do Alto Parnaíba, Uruçuí – PI, 2025.</p> <p>“Orientador: Prof. Dr. Tadeu Barbosa Martins Silva.”</p> <p>1. Traça-das-crucíferas. 2. Controle químico. 3. Controle Biológico.</p> <p>I. Título.</p> <p>CDD: 631.8</p>
-------	---

MEYDISON RENAN CARDOSO MASCARENHAS

**RESISTÊNCIA DE *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)
AOS INSETICIDAS DE RISCO REDUZIDO XENTARI® E MATCH®**

Monografia apresentada à Universidade Estadual do Piauí, como parte das exigências para obtenção do título de “Bacharelado em Engenharia Agrônômica”.

APROVADA: ____/____/____

Documento assinado digitalmente



JOAO VALDENOR PEREIRA FILHO
Data: 29/09/2025 10:15:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente



ANARLETE URSULINO ALVES
Data: 29/09/2025 09:22:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. João Valdenor Pereira Filho
UESPI/CCAP

Documento assinado digitalmente



TADEU BARBOSA MARTINS SILVA
Data: 29/09/2025 09:01:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dra. Anarlete Ursulino Alves
UESPI/CCAP

Prof. Dr. Tadeu Barbosa Martins Silva
Orientador – UESPI/CCAP

DEDICATÓRIA

A Deus, que me concedeu a graça de estar onde estou e que está sempre presente em todos os momentos de minha vida. Aos meus pais Josemar Cardoso Reize Maria Gilda Mascarenhas de Moraes por todo apoio, confiança, incentivo, carinho e amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu Senhor e meu guia, e por todo o seu amor e por me cercar e proteger com a sua bondade. Porque confio em ti e sigo teu caminho, e vejo seu amor e seu zelo. Nunca foi sobre mim nem sobre o que posso fazer, é tudo sobre Deus, é tudo para ti. Porque Dele, por Ele e para Ele, são todas as coisas. Obrigado Deus, por ser tudo o que preciso!

Agradeço em especial a minha família, aos meus pais Josemar Cardoso Reis e Maria Gilda Mascarenhas de Moraes, e a minha esposa Rariane Dina da Silva, e minha irmã Millena Cardoso Mascarenhas, pela fonte inesgotável de amor e apoio direto a todas as dificuldades nesta minha jornada.

Agradeço aos meus colegas pela boa colaboração com boas conversas, descontrações e resenhas da vida que deixava os dias menos pesados, pela boa convivência em sala e fora dela.

Agradeço aos colegas do Laboratório de Toxicologia de Inseticidas: Ediceu Sepulveda, Marcos João, Paulo Nunes pela ajuda com o cuidado com as criações e também em outras atividades do laboratório.

Ao meu Orientador, Tadeu Barbosa Martins Silva, por toda paciência, amizade e todos ensinamentos repassados durante todo tempo de convívio.

A todos os meus professores por todo conhecimento, formação e informações repassadas.

A todos os funcionários da UESPI, por ajudar sempre que possível.

A Universidade Estadual do Piauí, pela oportunidade de realização deste curso.

A todos, sou grato!

RESUMO

A traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) é a principal praga das crucíferas em todo o mundo. Nos trópicos e subtrópicos, onde as plantas crucíferas são cultivadas durante todo o ano, esta praga pode estar presente. Devido ao rápido crescimento populacional de *P. xylostella* com severa sobreposição gerações, esta praga pode prejudicar seriamente a produção vegetal. Para controlar a *P. xylostella*, os agricultores muitas vezes aumentam as concentrações dos inseticidas, aumentam a frequência de aplicação e misturam vários deles. Estas atividades estão fortemente ligadas ao desenvolvimento de resistência aos inseticidas nestas mariposas. Até o momento, as populações de *P. xylostella* geraram resistência a todos as moléculas usadas contra elas. Para contornar tais problemas, estão sendo realizados cada vez mais estudos sobre a resistência de *P. xylostella*, porém não existem trabalhos no Piauí que mostrem a resposta desses insetos a inseticidas biológicos e reguladores de crescimento (IGR). Assim o objetivo desse trabalho foi verificar o *status* de resistência de *P. xylostella* a *Bacillus thuringiensis* (Bt) var. aizawai e a lufenurom. O método de imersão foi utilizado nos bioensaios para estimar as curvas de concentração-resposta para as populações de Uruçuí-PI e São Domingos do Azeitão-MA. As curvas de concentração-resposta foram estabelecidas para o inseticida biológico XenTari® (Bt) e o regulador de crescimento Match® EC (Lufenuron). As CL_{50s} estimadas no estudo foram 57,892 (41,532 – 81,232) mg/L; 77,719 (50,061 – 121,514) mg/L para Bt e 1281,304 (813,778 – 1711,771) mg/L; 191,599 (145,667 – 246,533) mg/L para lufenurom nas populações de Uruçuí e São Domingos do Azeitão, respectivamente. O inseticida à base de Bt foi eficiente no controle das duas populações testadas de *P. xylostella*, mas demanda um monitoramento de resistência contínuo a fim de que a vida útil dessa molécula seja preservada por mais tempo. A CL₈₀ para lufenurom em ambas as populações se apresentou alta em relação à dose de campo recomendada pelo fabricante, devendo seu uso ser descontinuado no controle das populações de *P. xylostella* avaliadas nesse estudo.

Palavras-chave: traça das crucíferas, controle químico, *Bacillus thuringiensis*, lufenurom.

ABSTRACT

The diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) is the main pest of cruciferous plants worldwide. In the tropics and subtropics, where cruciferous plants are grown year-round, this pest may be present. Due to the rapid population growth of *P. xylostella* with severe overlapping generations, this pest can seriously harm plant production. To control *P. xylostella*, farmers often increase insecticide concentrations, increase application frequency, and mix several insecticides. These activities are strongly linked to the development of insecticide resistance in these moths. To date, *P. xylostella* populations have generated resistance to all molecules used against them. To overcome these problems, more and more studies are being carried out on the resistance of *P. xylostella*, but there are no studies in Piauí that show the response of these insects to biological insecticides and growth regulators (IGR). Therefore, the objective of this work was to verify the resistance status of *P. xylostella* to *Bacillus thuringiensis* (Bt) var. aizawai and lufenuron. The immersion method was used in bioassays to estimate the concentration-response curves for the populations of Uruçuí-PI and São Domingos do Azeitão-MA. Concentration-response curves were established for the biological insecticide XenTari® (Bt) and the growth regulator Match® EC (Lufenuron). The estimated LC_{50s} in the study were 57,892 (41,532 – 81,232) mg/L; 77.719 (50.061 – 121.514) mg/L for Bt and 1281,304 (813.778 – 1711.771) mg/L; 191,599 (145,667 – 246,533) mg/L for lufenuron in the populations of Uruçuí and São Domingos do Azeitão, respectively. The Bt-based insecticide was efficient in controlling the two tested populations of *P. xylostella*, but requires continuous resistance monitoring so that the useful life of this molecule is preserved for longer. The LC₈₀ for lufenuron in both populations was high in relation to the field dose recommended by the manufacturer, and its use should be discontinued in the control of *P. xylostella* populations evaluated in this study.

Key words: diamondback moth, chemical control, *Bacillus thuringiensis*, lufenuron.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo geral	10
2.2 Objetivos específicos	10
3 REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1 Família <i>Brassicaceae</i>	11
3.2 A traça das crucíferas <i>Plutella xylostella</i>	11
3.3 Controle biológico	13
3.4 Controle químico	13
3.7 Modo de ação de <i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt)	14
3.8 Modo de ação de Lufenurom	14
4 MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1 Local de realização do experimento	16
4.2 Obtenção, Manutenção e Criação da população de <i>P. xylostella</i>	16
4.3 Bioensaios	16
4.4 Análise estatística	17
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
6 CONCLUSÕES	23
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
APÊNDICE	30

1 INTRODUÇÃO

A família Brassicaceae compreende uma diversificação muito grande com 350 gêneros e com cerca de 3.700 espécies sendo essas cultivadas ou silvestres (WARWICK *et al.*, 2006). Algumas espécies dessa família representam culturas muito importantes economicamente, com variações de produção, têm as comestíveis, as utilizadas na indústria e até mesmo culturas forrageiras (WARWICK, 2011). Encontradas em clima tropical e temperado, essas culturas participam da dieta de várias populações, pois possuem alto valor nutritivo (SHELTON, 2001). Mas um empecilho na sua produção são as pragas que atacam as brássicas, algumas bem destrutivas como é o caso da traça-das-crucíferas (*Plutella xylostella*) (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) (FILGUEIRA, 2008).

P. xylostella é uma praga de difícil controle, pois possui um ciclo de vida muito curto possibilitando um grande número de gerações durante o ano, e também pelo fato do grande número de áreas de cultivo, proporcionando alimento abundante durante todo o ano (VACARI *et al.*, 2009).

No Brasil e no mundo, o *P. xylostella* é dito como uma das principais causas de perdas que afetam, principalmente, o cultivo do repolho, ocasionado pelo fato de estar distribuída por todas as regiões produtoras de brássicas do globo. (DICKSON *et al.*, 1990; TALEKAR; SHELTON, 1993). Assim tornado essa praga um fator bastante limitante também no cultivo da família da Brassicaceae em áreas de clima tropical (DE BORTOLI *et al.*, 2013).

O controle químico é o método mais eficiente para esta praga (CASTELO BRANCO *et al.*, 2003; DIAS *et al.*, 2004), no entanto, sua utilização inadequada, vem provocando o aumento da frequência da resistência desses insetos. A *P. xylostella* é o inseto que se tornou resistente ao maior número de princípios ativos diferentes (101 ingrediente ativos) tradicionalmente utilizadas no campo, inclusive os biológicos além dos problemas gerados à saúde do agricultor e ao meio ambiente (APRD, 2021).

Pelas pressões de seleção e o aumento de casos de resistência a inseticidas sintéticos vem à necessidade do uso de novos agentes, como o controle biológico. E um já muito utilizado atualmente é a bactéria entomopatogênica *Bacillus thuringiensis* (MEDEIROS *et al.*, 2005). Mais o emprego dessa bactéria no controle de pragas não é atual, ela já é utilizada a quase oito décadas, e vem proporcionando muitas vantagens, como o uso específico em insetos-alvos, não a efeitos poluentes, a poucos

riscos a mamíferos e vertebrados, e as plantas não apresentam sinais de fitotoxicidade (MONNERAT; BRAVO, 2000; RAMOS, 2008).

Os produtos à base de *B. thuringiensis* foram utilizados durante muito tempo sem que fosse notificada resistência (RAMOS, 2008). *P. xylostella* foi o primeiro inseto para o qual a resistência a *B. thuringiensis* foi relatado no campo para uma população do Havaí-EUA, mas apesar de muitos estudos sobre a natureza deste fenótipo de resistência, a sua base genética e molecular permanece indefinida (FURLONG *et al.*, 2013). Muitos fatores diferentes foram propostos como contribuindo para a resistência, embora em muitos casos não tenha sido possível estabelecer uma ligação causal (CRICKMORE, 2016).

Há também os inseticidas reguladores de crescimento, os IGRs (Insect Growth Regulators, em inglês) são registrados no Brasil sendo bastante utilizados no controle de pragas em variadas culturas (ANDREI, 1999), uma de suas principais características é o fato de atuar especificamente em artrópodes assim sendo seletivo a inimigos naturais, além de apresentar baixa toxicidade a mamíferos (KODANDARAM *et al.*, 2010). Estes inseticidas incluem as benzoilureias, que possuem, baixa resistência entre os insetos e bastante seletividade (MATSUMURA, 2010).

O lufenurom é um dos integrantes que faz parte desse grupo de inseticidas, ele regula o crescimento, metamorfose e reprodução em diversas pragas, ele interfere diretamente na biossíntese de quitina e como consequência, afeta o seu processo de muda (YANG *et al.*, 2014; DOURIS *et al.*, 2016). Mas com o uso excessivo desse ingrediente ativo, foi constatado em 2011 o primeiro caso de resistência de *P. xylostella* a lufenurom no Brasil, nas áreas agrícolas do estado de Pernambuco (SANTOS *et al.*, 2011).

Para contornar tais problemas, estão sendo realizados cada vez mais estudos sobre a resistência de *P. xylostella* a inseticidas, incluído os inseticidas reguladores de crescimento e também os que possuem como princípio ativo entomopatógenos, como a bactéria *Bacillus thuringiensis* (MEDEIROS *et al.*, 2005).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo do trabalho é verificar o status de resistência de *P. xylostella* a *Bacillus thuringiensis* var. *aizawai* e a lufenurum.

2.2 Objetivos específicos

Estimar curvas de concentração-resposta em populações de *P. xylostella* para o inseticida biológico XenTari® (*Bacillus thuringiensis* var. *aizawai* 540 g/kg, Sumitomo Chemical Brasil Indústria Química S.A- Maracanaú/CE); Match® EC (Lufenuron 50 g/L. Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.- São Paulo/SP).

Estabelecer um plano de manejo da resistência baseado nos resultados encontrados na pesquisa.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Família Brassicaceae

A família Brassicaceae abrange o maior número de culturas oleráceas (FILGUEIRA, 2003). Possuem alto valor nutricional, reconhecidas por suas substâncias anticancerígenas, além do seu baixo custo de produção e alto retorno econômico comparado a outras espécies olerícolas (FILGUEIRA, 2000).

Essa família possui aproximadamente cerca de 3.700 espécies, mas somente cerca de 20 dessas são comumente consumidas, muitas variedades dentro dessas espécies contêm níveis excelentes de vitaminas, suficientemente para atender o nível de ingestão diária recomendada, além de suas ótimas quantidades de fibra (CAMPBELL *et al.*, 2012).

O Brasil também tem muitos produtores de brássicas sendo a principal produzida e consumida o repolho (*Brassica oleracea* var. *capitata* L) (SILVA *et al.*, 2011). Essa família de plantas tem grande importância em boa parte do território nacional, com grandes concentrações de cultivo próximo as capitais pelo fácil escoamento da produção e também nas regiões serranas, são culturas produzidas tanto pela agricultura familiar como pelos grandes produtores hortícolas (SILVA *et al.*, 2011; ARAGÃO *et al.*, 2013).

Mas os grandes problemas na produção de brássicas são de origem fitossanitária, como as pragas que acarretam grandes perdas, chegando até totais em alguns casos, levando grande prejuízo econômico para o produtor. Dentre as pragas que destroem essa família estão, o curuquerê-da-couve, (*Ascia monuste orseis*), falsa-medideira, (*Trichoplusia ni*), mosca branca (*Bemisia tabaci*), a broca-da-couve, (*Hellula phidilealis*) e a traça das crucíferas (*Plutella xylostella*) que é considerada a praga chave dessas culturas (CARDOSO *et al.*, 2010).

3.2 A traça das crucíferas *Plutella xylostella*

P. xylostella é uma praga cosmopolita, e pode ser encontrada nas maiores diversidades de regiões no mundo, e também em vários tipos de clima devido a sua boa adaptação (MAU; KRESSING, 2007). É considerada uma espécie oligófoga, pois

tem o hábito alimentar por um determinado gênero ou família de plantas (EHRlich; RAVEN, 1964). Devido ao seu alto potencial biótico a *P. xylostella* aliada aos períodos secos do ano, ocasiona um período de picos populacionais prejudicando mais ainda as regiões produtoras de brássicas (FRANÇA *et al.*, 1985). Os adultos de *P. xylostella* possuem hábito noturno com início das suas atividades no período crepuscular (TALEKAR; SHELTON, 1993).

O acasalamento ocorre no crepúsculo podendo acontecer no mesmo dia da emergência (HARCOURT 1957). Após o acasalamento a fêmea começa a postura dos ovos que pode variar de 10 a 188 ovos, ocorrendo geralmente na parte inferior das folhas (IMENES *et al.*, 2002). Em temperaturas mais quentes o ciclo dura cerca de 12 dias, em períodos frios o ciclo aumenta podendo chegar a mais de 20 dias (MO *et al.*, 2003).

A incubação dos ovos pode variar de cinco a seis dias, sofrendo influência direta da temperatura acelerando ou retardando. (BARROS *et al.*, 1993) As lagartas de primeiro instar tem o hábito alimenta minado alimentando-se na parte interna da folha no parênquima permanecendo na galeria por dois ou três dias. (TALEKAR; SHELTON, 1993) As lagartas de *P. xylostella* passam por quatro instares até completar seu desenvolvimento larval, que dura de seis a oito dias, após essa fase ocorre o empupamento que é feito em um casulo de seda produzido pela própria lagarta (BARROS; VENDRAMIM 1999). O período pupal dura cerca de quatro a quinze dias variando de acordo com a temperatura dando origem a um novo adulto (TALEKAR; SHELTON 1993).

O que dificulta o controle de *P. xylostella*, são seu comportamento alimentar e sua plasticidade genética, sendo o último um grande atributo que é evidenciado pelas alterações metabólicas e mutações, ele favorece a sobrevivência do indivíduo a exposição de inseticidas sintéticos (organofosforados, carbamatos, piretroides, espinosinas e diamidas) e biológicos (*Bacillus thuringiensis* var. aizawai e *B. thuringiensis* var. kurstaki). Os fatos exteriores que provocam essa pressão, são os exageros e a uniformidade dos sistemas agrícolas, a falta de informação e assistência especializada contribuem bastante na dificuldade de controle da praga. Motivo esse, que tornou não muito raro encontrar populações de *P. xylostella* com múltiplas resistências a ingredientes ativos, tornado difícil a implantação de programas para manejo de resistência (GALLO *et al.*, 2002).

3.3 Controle biológico

O controle biológico consiste no uso de organismos vivos para ocasionar a redução da densidade populacional ou diminuir o impacto que um outro organismo praga pode ocasionar a uma determinada cultura, tornando-o menos abundante e diminuindo seu dano que seria grande sem esse método de controle (EILENBERG *et al.*, 2001).

Para este tipo de controle há uma vasta lista de inimigos naturais que incluem parasitas, predadores de artrópodes, vírus, bactérias, fungos sendo esses três últimos indivíduos entomopatogênicos. Todas essas variantes atacam a *P. xylostella*, já há muitas pesquisas que buscam aperfeiçoar o uso desses insetos no controle dessa praga, buscando formas mais seguras que também sejam eficientes (SARFRAZ *et al.*, 2005).

3.4 Controle químico

O controle químico com inseticidas sintéticos, produtos esses bem conhecidos pela sua eficiência no controle de insetos pragas, por sua rápida ação e de baixo custo na hora de eliminar pragas de culturas atacadas, que podem ser utilizados como preventivos ou também na hora da emergência, quando a praga já está atacando a cultura, esse método vem sendo o mais utilizado nos grandes campos produtores de crucíferas, pois tem se mostrado o método mais eficiente no controle de pragas. Mas deve ser aplicado com um bom planejamento, para que não force a pressão de seleção das pragas assim levando a uma possível resistência, principalmente em *P. xylostella* (TALEKAR; SHELTON, 1993; CASTELO BRANCO; MELO, 2002; DIAS *et al.*, 2004).

O custo de controle da *P. xylostella* que era cerca US\$ 1 bilhão de dólares por ano nos anos 90 (TALEKAR; SHELTON, 1993). Passou para cerca de US\$ 4 a 5 bilhões de dólares nos dias atuais, em todo o mundo (ZALUCK *et al.*, 2012; FURLONG *et al.*, 2013). Consequência do uso indiscriminado de inseticidas que gerou grandes pressões de seleção tornando o controle dificultoso e caro (VILLAS BÔAS *et al.*, 2004).

3.5 Modo de ação de *Bacillus thuringiensis* (Bt)

O *Bacillus thuringiensis* é uma bactéria da família *Bacillaceae* que no seu desenvolvimento apresenta fases principais. A fase de crescimento é caracterizada quando a bactéria se multiplica através da bipartição; já a fase de esporulação, é observada através da diferenciação da bactéria em esporos. Isso quando o esporo encontra um ambiente favorável ao seu crescimento, sendo esse meio com nutrientes necessários e temperatura ideal que é de 28 °C, momento no qual o esporo germina e entra em crescimento vegetativo (MONNERAT; PRAÇA, 2006).

A patogenicidade dessa bactéria acontece graças à produção de cristais proteicos que ocorre na hora da esporulação. Um aspecto muito importante sobre essa bactéria, é que ela também é cosmopolita, ou seja, ocorre na maioria das regiões do globo, podendo ser encontrada nos mais diversos tipos de material, como solo, na superfície foliar de plantas, em insetos mortos, e até mesmo na água (MONNERAT; BRAVO, 2000). É uma bactéria facultativa, pois pode se desenvolver com ou sem a presença de oxigênio, dentro de uma faixa de temperatura que varia 10 a 40 °C (BRAVO *et al.*, 1998).

Depois da ingestão do cristal, ele é solubilizado no pH alcalino do intestino da lagarta, isso vai liberar a toxina que estava presente no cristal. Já no intestino a toxina vai ligar-se aos receptores específicos presentes no epitélio da lagarta, quando a toxina começa a agir, provoca perfurações na parede do intestino extravasando pela abertura, após isso a lagarta para de se alimentar. Muitos produtores ao observarem, acreditam que não funcionou, mas na verdade só haverá mortalidade a partir do segundo ou terceiro dia após ingestão dos cristais (De MAAGD *et al.*, 2001).

3.6 Modo de ação de Lufenurom

O lufenurom, pertencente ao grupo integrado as benzoilfeniluréias (IRAC 2014), utilizado principalmente no controle de Lepidopteras, entra em contato com a praga principalmente via ingestão. Este apresenta ainda atividade Coleoptera, e alguns Thysanoptera, Hemiptera e Diptera (FAO, 2008). O lufenurom já é bastante utilizado nas áreas do Nordeste do Brasil devido a falha de controle por outros inseticidas,

porém relatos de perda de eficácia a *P. xylostella* têm ocorrido entre os produtores da região, sugerindo uma forte pressão de seleção nas populações.

O lufenurom inibi a produção de quitina nos insetos, que tem como consequência uma deposição endocuticular atípica e muda abortiva (MULDER; GIJSWIJT, 1973). Este ingrediente ativo atua especificamente na cutícula do inseto também desempenhando uma ação tóxica nas formas imaturas, com maior toxidez durante a ecdise. Pela sua característica de baixa eliminação de parasitoides, predadores e inimigos naturais, esses inseticidas possuem um papel de extrema importante no manejo de pragas (COHEN, 1987; MERZENDORFER, 2006).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de realização do experimento

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Interação Insetos-Tóxicos-LIIT, da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), no Campus de Uruçuí – PI (Cerrado do alto Parnaíba), em latitude: 07° 13' 46" longitude: -44° 33' 22" e altitude 167 metros.

4.2 Obtenção, Manutenção e Criação da população de *P. xylostella*

Foram coletadas populações de *P. xylostella* de duas regiões produtoras de brássicas, São Domingos do azeitão-MA e Uruçuí-PI, para realização do experimento. As lagartas e pupas foram coletadas em folhas na cultura das brássicas e enviadas para o LIIT. Já no laboratório, as pupas foram confinadas em gaiolas circulares de plástico transparente (10 cm de diâmetro x 17 cm de altura) com uma abertura lateral fechada com tecido voal, onde foram disponibilizadas folhas de couve *Brassicae oleracea* var. *acephala* sem a presença de inseticidas para a oviposição e emergência dos adultos.

As folhas contendo ovos foram transferidas diariamente para um recipiente plástico (19 cm de largura x 8 cm de altura x 28 cm de comprimento) para o processo de eclosão das lagartas, onde foram alimentadas com folhas de couve durante o desenvolvimento larval, após isso as lagartas entraram em processo de formação de casulos para a empupação. Para a alimentação dos adultos, foi utilizado algodão embebido em uma solução nutritiva açucarada à base de mel diluído em água (~10%).

4.3 Bioensaios

Para a realização dos ensaios foram utilizados os inseticidas XenTari® e Match®. O método de imersão foi utilizado nos bioensaios para estimar as curvas de concentração-resposta (SHELTON *et al.*, 2000). Para estabelecer a faixa de concentração-resposta de 0 a 100% de mortalidade para as populações de *P. xylostella* foi realizados testes preliminares. A partir de informações obtidas nos testes preliminares, foi definidas sete concentrações para o inseticida diluído em água com

Triton X-100 na proporção de 100 µl para 1L de água. Para realizar os bioensaios foram utilizados discos foliares de couve com 7 cm de diâmetro. Os discos foram lavados em solução de hipoclorito de sódio a 5%, foram enxaguados em água corrente e tratados através de imersão com duração de 10 segundos em soluções contendo concentrações crescentes dos produtos. Após isso foram postas para secar em temperatura ambiente. Após esse processo os discos foram transferidos para placas de Petri (8 cm de diâmetro x 13 mm de altura), com papel filtro (7,8 cm) umedecido com 400 µl de água.

Em cada placa de Petri foram colocadas 10 lagartas de segundo instar de *P. xylostella* sobre as folhas de couve tratadas com inseticidas. Após 48h de exposição, foi avaliada a mortalidade das lagartas. O critério de mortalidade foi baseado na locomoção, onde as lagartas que foram incapazes de caminhar pelo menos uma distância equivalente ao comprimento do seu corpo, foram consideradas mortas, isso após o toque com um pincel de cerdas macias.

4.4 Análise estatística

Os bioensaios que apresentaram mortalidade das parcelas testemunhas superiores a 10% foram descartados e aqueles que conseguiram ajuste no modelo de probit foram repetidos pelo menos uma vez mais. Os dados de mortalidade obtidos dos bioensaios de concentração mortalidade após correção (ABBOTT, 1925) foram submetidos à análise de probit a $P > 0,05$ (FINNEY, 1971) através do programa estatístico Polo-Plus (LEORA SOFTWARE, 2005). A reposta da população de *P. xylostella* testadas nos bioensaios foram utilizadas para a obtenção das inclinações das curvas e estimativas CL_{50s} e CL_{80s} para os inseticidas testados. As razões de resistência foram calculadas dividindo a maior CL_{50} encontrada pela menor CL_{50} . Quando os limites dos intervalos de confiança da CL_{80} de cada população *P. xylostella* foram maiores que a concentração recomendada pelos fabricantes do inseticida, este foi considerado ineficiente no controle desta praga. A presente metodologia foi utilizada devido ao ministério da agricultura, Pecuária e abastecimento (MAPA) recomendar que um dado produto seja eficiente quando a mortalidade ocasionada pela praga é igual ou superior a 80%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de concentração-mortalidade obtidos no presente estudo se ajustaram ao modelo de probit (χ^2 não significativo, $P > 0,05$). A CL_{50} estimada para a população de Uruçuí-PI foi de 57,892 (41,532 – 81,232) mg i.a./L para XenTari®, sendo esta população considerada padrão de suscetibilidade pois apresentou valor de CL_{50} inferior quando comparada com a população de São Domingos do Azeitão-MA que apresentou um valor de 77,719 (50,061 – 121,514) mg i.a./L para XenTari®. Assim, a população de São Domingos do Azeitão-MA mostrou uma razão de resistência 1,3 vezes maior em comparação com a população de Uruçuí-PI.

Em comparação com o trabalho de Ribeiro (2010), que obteve CL_{50} s variando de 5,1 (4,01 - 6,58) mg i.a./L e 236,2 (193,80 - 283,11) mg i.a./L a população de Uruçuí-PI mostrou ser 11,3 vezes mais resistente comparado ao menor valor e 4,08 vezes menos resistente comparado ao maior valor encontrado por essa autora. Já São Domingos do Azeitão-MA foi 15,2 vezes mais resistente comparado ao menor valor e 3,03 vezes menos resistente comparado ao maior valor encontrado para XenTari® por essa autora. Zago (2008) trabalhando com XenTari®, obteve a menor CL_{50} de 0,07 (0,04 - 0,10) mg i.a./L sendo dessa forma 82,70 vezes mais suscetível quando comparado com a população de Uruçuí-PI. Já a população de *P. xylostella* de São Domingos do Azeitão-MA mostrou-se 111,02 mais resistente quando comparado com a menor CL_{50} encontrada por esse autor.

As CL_{80} s encontradas no presente trabalho para XenTari® foram de 330,332 (207,636 – 667,724) mg i.a./L para Uruçuí-PI e 283,024 (172,872 – 608,983) mg i.a./L para São Domingos do Azeitão-MA. A dose de rótulo recomendada pelo fabricante é 1.890 mg i.a./L e desta forma nota-se que as CL_{80} s encontradas apresentam uma concentração 5,7 vezes (Uruçuí-PI) e 6,67 vezes (São Domingos do Azeitão-MA) menor que o valor da dose de campo recomendada para controlar 80% da população, se apresentando eficaz no controle de *P. xylostella*. Com o resultado encontrado no presente trabalho, mesmo a bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt) sendo eficiente no controle da praga, vemos um quadro que mostra que *P. xylostella* vem a cada dia se tornando mais resistente, se aproximando cada vez mais da dose recomendada para seu controle, evidenciado a sua plasticidade genética e capacidade evolutiva, tornando seu controle cada dia mais difícil e custoso para os produtores de brássicas.

Bacillus thuringiensis (Bt) é uma bactéria gram-positiva onipresente que pode produzir toxinas proteicas inseticidas usadas para o controle de muitas pragas de lepidópteros, coleópteros e dípteros (USTA, 2013). As toxinas Bt geralmente apresentam alta especificidade para insetos e são seguras para organismos não-alvo, no entanto, como muitos inseticidas sintéticos, a evolução da resistência entre as pragas está ameaçando sua eficácia. Em 2019, a resistência ao Bt desenvolvida em campo foi documentada em pelo menos 22 casos e em nove espécies de insetos (TABASHNIK; CARRIERE, 2017; CALLES-TORREZ *et al.*, 2019).

A utilização a longo prazo das toxinas de *B. thuringiensis* Cry, quer em pulverizações quer em culturas transgênicas, pode ser comprometida pela evolução da resistência nos insetos alvo. Manejar a evolução da resistência às toxinas de Bt requer amplo conhecimento sobre os mecanismos, genética e ecologia dos genes de resistência.

A CL₅₀ estimada para Match® na população de Uruçuí-PI foi 1281,304 (813,778 – 1711,771) mg i.a./L, mostrando-se mais resistente em comparação com a população de São domingos do Azeitão-MA que apresentou uma CL₅₀ de 191,599 (145,667 – 246,533) mg i.a./L. Pelo cálculo da razão de resistência, a população de Uruçuí-PI foi 6,6 vezes mais resistente a Match® em relação a população de São Domingos do Azeitão-MA. Buitrago (2019) obteve em seu trabalho CL_{50s} de 0,71 (0,49 – 1) e 870,5 (629,97– 1040,15) mg i.a./L. Comparando os resultados encontrados por esse autor com os resultados encontrados na presente pesquisa para a população de Uruçuí-PI observa-se uma razão de resistência 1.804 e 1,47 vezes maior quando comparado com o menor e maior valor, respectivamente. Arruda (2014) trabalhando com metaflumizone obteve os valores de CL₅₀ variando entre 0,04 (0,003 - 0,113) e a 479,4 (371,7 - 603,6) mg i.a./L. Comparando os resultados do autor com os do presente trabalho, a população de Uruçuí-PI obteve uma razão de resistência de 32.032,6 vezes maior em relação ao menor valor. No Brasil, o primeiro relato de resistência de *P. xylostella* a lufenurom foi reportado por Santos *et al.*, (2011) onde entre os inseticidas testados, lufenurom foi o que apresentou os maiores graus de resistência, representado por duas populações pernambucanas de *P. xylostella* com Bonito e Bezerras 33,0 e 705,2 vezes mais resistente, respectivamente, em comparação à população suscetível. Quanto às CL₅₀ os valores variaram de 0,02 a 18,3 mg i.a./L para Chã Grande II e Bezerras, respectivamente. Desde então tem havido poucos estudos de monitoramento da resistência de *P. xylostella* a lufenurom, sendo a

presente pesquisa inclusive a primeira que trata sobre os *status* desta praga a este inseticida no Piauí.

A dose de lufenurom utilizada para controle da praga na cultura das brássicas no Brasil é de 50 mg de i.a./L (BRASIL, 2014). A mortalidade de 80% foi usada como referência, pois é o nível mínimo de eficiência requerido para registro de um novo inseticida no Brasil, determinado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

As CL_{80s} encontradas no trabalho para Match® foram 424,270 (323,080 – 622,600) mg i.a./L para São Domingos do Azeitão-MA e 2234,860 (1674,775-3817,125) mg i.a./L para Uruçuí-PI. Utilizando a dose recomendada de lufenurom (50 mg de i.a./L) como parâmetro comparativo, mostra-se que os limites inferiores das CL_{80s} encontradas apresentam concentrações 6,46 vezes e 33,49 vezes maior que a concentração recomendada para controlar 80% da população, mostrando-se ineficaz no controle de *P. xylostella*. Isso mostra a capacidade de evolução da resistência dessa praga que tornou o produto inutilizável para seu controle.

Controlar *P. xylostella* no Brasil tem se tornado um enorme desafio para os produtores de Brássicas. Mesmo as moléculas mais recentes de inseticidas como diamidas e as bactérias à base de *Bacillus thuringiensis* (Bt) (WANG; WU 2012, RIBEIRO *et al.*, 2014) perderam sua eficiência de forma rápida sobretudo principalmente pela sua elevada plasticidade de evoluir para resistência a estas ao que parece ter chegado à situação de total ausência de controle. Outras classes de inseticidas já bastante usadas no passado e que ficaram esquecidas pela grande eficácia das diamidas antranílicas estão retornando às lavouras de Brássicas para o controle de *P. xylostella*, um exemplo são os inseticidas reguladores de crescimento, particularmente teflubenzurom e lufenurom.

O desenvolvimento de resistência aos inseticidas nas populações de campo de *P. xylostella* que recebem regimes pesados de pulverização pode ser uma razão para um controle mal sucedido. O que tem tornado a dependência de moléculas mais efetivas cada vez maior. Isso ficou bastante evidente nesta pesquisa quando doses recomendadas de campo demonstraram total falha de controle pelo lufenurom nas populações de *P. xylostella* de Uruçuí-PI e São domingos do Azeitão-MA correlacionando com as falhas de controle reportadas pelos produtores de hortícolas todos os anos tendo como consequência infestações severas.

Ao contrário do inseticida lufenurom, a bactéria *Bacillus thuringiensis* foi eficiente no controle das duas populações testadas de *P. xylostella*, resultado também observado por Ribeiro (2010) e Zago (2008) em populações de campo de *P. xylostella*, mas demonstrando a necessidade de um monitoramento contínuo do seu *status* de resistência a fim de que a vida útil dessa molécula seja preservada por mais tempo pelo menos para as regiões provenientes desse estudo.

Tabela 1. Mortalidade de lagartas de segundo instar de *Plutella xylostella*. Temperatura: 25 ± 2°C; U.R.: 70 ± 10%

Inseticida/ População	n ^a	GL ^b	Inclinação ±EP ^c	CL50 (IC95%) ^d	CL80 (IC95%) ^d	X ^{2e}	RR50(IC95%) ^f
XenTari®							
Uruçuí -PI	287	5	1,113 ± 0,142	57,892 (41,532 – 81,232)	330,332 (207,636 – 667,724)	4,838	-----
SDA-MA	346	6	1,499 ± 0,135	77,719 (50,061 – 121,514)	283,024 (172,872 – 608,983)	11,511	1,34
Match®							
SDA-MA	174	5	2,438 ± 0,346	191,599 (145,667 – 246,533)	424,270 (323,080 – 622,600)	4,052	-----
Uruçuí -PI	281	5	3,484 ± 0,639	1281,304 (813,778 – 1711,771)	2234,860 (1674,775- 3817,125)	6,0764	6,68

^a Número total de insetos utilizados^b Grau de liberdade.^c Erro padrão.^d Miligramas de ingrediente ativo por Litro de água.^e Qui-quadrado.^f Razão de resistência: razão das estimativas da CL50 entre a população resistente e suscetível, e intervalo de confiança a 95% das estimativas da CL50.

6 CONCLUSÕES

O inseticida à base de *Bacillus thuringiensis* demonstrou-se eficiente no controle de *P. xylostella*, mas demanda um monitoramento mais frequente devido a uma aproximação cada vez maior da dose recomendada para o seu controle;

A utilização de lufenurom deve ser descontinuada no controle de *P. xylostella* pelo menos para as populações provenientes desse estudo pois não atingiu um mínimo de 80% de mortalidade.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v.18, p.265-267, 1925.

ANDREI, E. Compêndio de defensivos agrícolas: guia pratico de produtos fitossanitários para uso agrícola. 6 ed. Organização Andrei. São Paulo, 672p. 1999.

ARTHROPOD PESTICIDE RESISTANCE DATABASE (APRD) - Michigan State University.2021.Disponível em:

<<https://www.pesticideresistance.org/display.php?page=species&arId=571>>. Acesso em: novembro de 2022.

ARRUDA, L. S. **SUSCETIBILIDADE E HERANÇA DA RESISTÊNCIA DE *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) A LUFENUROM**. 2014. (Mestrado em Entomologia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ARAGÃO, F.A.S. de; FEITOSA, F.A.A.; MORAES, C.A.P.; CORREA, M.C. de M. Sistema de produção de repolho utilizando TNT como mulching e manta. Disponível em:<http://www.cnpat.embrapa.br/sbsp/anais/Trab_Format_PDF/237.pdf> . Acesso em: 10 jul 2022.

Barros, R.; J.D. Vendramim. 1999. Efeito de cultivares de repolhos utilizados para a criação de *Plutella xylostella* (L.) no desenvolvimento de *Trichogramma pretiosum* Riley, (Hymenoptera: Trichogrammatidae). An. Soc. Entomol. Brasil. 28: 469-476 1999.

BAKER, P.B.; SHELTON, A.M.; ANDALORO, J.T. Monitoring of diamondback moth (Lepidoptera: Yponomeutidae) in cabbage with pheromones. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.75, n.6, p.1025-1028, 1982

BRASIL. Agrofit. 2014 Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit>. Acesso 3 Novembro de 2023.

BRAVO, A. *et al*. Characterization of Cry Genes in Mexican *Bacillus Thuringiensis* Strain Collection. **Applied Environmental Microbiology**, 4965-4972. 1998.

BUITRAGO, N. C. B. **EXISTEM CUSTOS ADAPTATIVOS EM *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) RESISTENTE AO LUFENUROM?**. 2019. (Mestrado em Entomologia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

CALLES-TORREZ, V. Field-evolved resistance of Northern and Western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) populations to corn hybrids expressing single and pyramided Cry3Bb1 and Cry34/35Ab1 Bt proteins in North Dakota. J Econ Entomol. 112:1875–1886. 2019.

CAMPBELL, B. *et al*. Brassicaceae: nutrient analysis and investigation of tolerability in people with Crohn's disease in a New Zealand study. Functional Foods in Health and Disease, v.1, n.2, p.460-486, 2012.

CARDOSO, M.O.; PAMPLONA, A.M.S.R.; FILHO, M.M. Recomendações técnicas para o controle de lepidópteros-praga em couve e repolho no Amazonas. Manaus: Embrapa, p.2-15, 2010.

CASTELO BRANCO, M.; MELO, C.A. Resistência a abamectin e cartap em populações de traça-das-crucíferas. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.4, p.541-543, 2002.

CASTELO BRANCO, M. *et al.* 2003. Avaliação da suscetibilidade a inseticidas em populações de traça-das-crucíferas de algumas áreas do Brasil. **Hortic. Bras.** 21: 549-552 2003 .

COHEN, E. Chitin Biochemistry: Synthesis and Inhibition. *Annu. Rev. Entomol.* 32: 71-93. 1987.

CORDERO, R.J. *et al.* Field Efficacy of Insecticides for Control of Lepidopteran Pests on Collards in Virginia. 2006. Disponível em: <http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/research/2006/collard/>. Acesso 01 de novembro de 2023.

CRICKMORE, NEIL. *Bacillus thuringiensis* resistance in *Plutella* – too many trees? *Current Opinion in Insect Science*, 15. pp. 85-88. ISSN 2214-5753. 2016.

DE BORTOLI, AS. *et al.* *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae): Tactics for Integrated Pest Management in Brassicaceae. In.: Soloneski, S.; Larramendy, M. (Eds.). *Agricultural and Biological Sciences "Weed and Pest Control - Conventional and New Challenges"*, ISBN 978-953 2013.

DE MAAGD, P.H. Natural occurrence and dispersal of *Bacillus thuringiensis* in the environment. In: CHARLES, J.F.; DELÉCLUSE, A.; NIELSEN-LE ROUX, C. *Entomopathogenic bacteria: from laboratory to field application*. **Netherlands: Kluwer Academic Publishers**, p.23-40, 2000.

DIAS, D.G.S., C.M.S. SOARES; R. MONNERAT. Avaliação de larvicidas de origem microbiana no controle da traça-das-crucíferas em couve-flor. *Hortic. Bras.* 22: 553-556, 2004.

DICKSON, M.H. *et al.* Selection for Resistance to Diamondback Moth (*Plutella xylostella*) in Cabbage. **HORTSCIENCE** 25 (12): 1643-1646, 1990.

DOURIS, V. *et al.* Resistance mutation conserved between insects and mites unravels the benzoylurea insecticide mode of action on chitin biosynthesis. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 113(51): 14692-14697. 2016.

EHRlich, P.R.; P.H. RAVEN. 1964. Butterflies and plants: a study in coevolution. *Evolution* 18: 586–608 1964.

EILENBERG, J.; HAJEK, A.; LOMER, C. Suggestions for unifying the terminology in biological control. **Biological Control**, v.46, n.4, p.387-400, 2001.

FAO. Fao specifications and evaluations for agricultural pesticides: Lufenuron. Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Specs/Lufenuron08.pdf. 2008. Acesso 25 de julho de 2014.

FILGUEIRA, F.A.R. Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, p.402, 2000.

FILGUEIRA, F.A.R. Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. Viçosa: UFV, 2003. p.412, 2003.

FILGUEIRA, F.A.R. Novo Manual de Olericultura. Viçosa: UFV, 421p, 2008.

FINNEY, D.J. **Probit analysis**. London, England, Cambridge University Press, 1971, 333 p.

GONG, Y.J. *et al.* Correlation between pesticide resistance and enzyme activity in the diamondback moth, *Plutella xylostella* L. **Insect Sci.** 13: 1-13, 2013.

FURLONG, M.J., D.J. WRIGHT & L.M. DOSDALL. Diamondback Moth Ecology and Management: Problems, Progress and Prospects. *Annu. Rev. Entomol.* 58(1): 517–541 2013.

GALLO, D., *et al.* Entomologia Agrícola. Piracicaba: FEALQ, 920p.2002.

HARCOURT, D.G. 1957. Biology of the Diamondback moth, *Plutella maculipennis* (Curt.) (Lepidoptera: Plutellidae), in Eastern Ontario. II. Life-history, behavior, and host relationships. **Canadian Entomol.** 89: 554-564 1957.

HALLETT, R.H.; ANGERILLI, N.P.D.; BORDEN, J.H. Potential for a sticky trap monitoring system for the diamondback moth (Lepidoptera: Yponomeutidae) on cabbages in Indonesia. **International Journal of Pest Management, London**, v.41, n.4, p. 205-207, 1995.

IMENES, S.D.L. *et al.* Avaliação da atratividade de feromônio sexual sintético da traça-das-crucíferas, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) em cultivo orgânico de repolho. **Arq. Inst. Biol.** 69: 81-84 2002.

IRAC. Mode of Action Classification. 2014. Disponível em: http://cals.arizona.edu/crops/pdfs/IRAC%20MOA%20brochure_v4%20Oct10.pdf. Acesso 12 de outubro de 2023.

IWATA, N.; TAKAHASHI, A.; KANAI, Y. Control of the diamondback moth *Plutella xylostella* (L.), by using a synthetic sex pheromone as a communication disruptor in cabbage fields. Part. I. **J. Agric. Res.**, Gunma, Japan, n.8, p.19-32, 1991.

KODANDARAM, M. *et al.* Novel insecticides for management of insect pest in vegetable crops: a review. **Veg. Sci.** 37: 109-123. 2010.

LEORA-SOFTWARE. POLO-Plus, POLO for Windows computer program, version 1.0. ByLeOra-Software, **Petaluma**, CA, 2005.

MATSUMURA, F. Studies on the action mechanism of benzoylurea insecticides to inhibit the process of chitin synthesis in insects: A review on the status of research activities in the past, the present and the future prospects. **Pestic. Biochem. Physiol.** 97: 133-139. 2010.

MAU, R. F.L.; KESSING, J. L.M. ***Plutella xylostella* (Linnaeus): Diamondback Moth.** Crop Knolage Masters. April 2007. Disponível em: <http://www.extento.hawaii.edu/Kbase/Crop/Type/plutella.htm>. Acesso em: 06 de julho de 2022.

MEDEIROS, P.T. *et al.* Seleção e caracterização de estirpes de *Bacillus thuringiensis* efetivas no controle da traça-das-crucíferas *Plutella xylostella*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.11, p.1145-1148, 2005.

MEDEIROS, C. A. M.; BOIÇA JUNIOR, A. L.; TORRES, A. L. Efeito de Extratos Aquosos de Plantas na Oviposição da Traça-Das-Crucíferas, em Couve. Fitossanidade. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.2, p.227-232 2005.

MERZENDORFER, H. Insect chitin synthases: a review. **J. Comp. Physiol. B.** 176: 1-15. 2006.

MO, J., G.. *et al.* Local Dispersal of the Diamondback Moth (*Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). **Environ. Entomol.** 32: 71–79 2003.

MONNERAT, R; BRAVO A. **Proteínas bioinseticidas produzidas pela bactéria *Bacillus thuringiensis*: modo de ação e resistência.** In: MELO IS, AZEVEDO JL, (eds). Controle Biológico. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. p. 163. 2000.

MONNERAT, R.G.; PRAÇA, L.B. *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus sphaericus*. In: OLIVEIRA-FILHO, E.C. e MONNERAT, R.G. Fundamentos para a Regulação de Semioquímicos, Inimigos Naturais e Agentes Microbiológicos de Controle de Pragas. Planaltina-DF; Embrapa Cerrados, 2006.p. 352 2006.

MULDER, R.; M.J. GIJSWIJT. The laboratory evaluation of two promising new insecticides which interfere with cuticle deposition. **Pestic. Sci.** 4: 737-745. 1973.

RAMOS, F. R. **Avaliação a Campo de uma Estirpe de *Bacillus thuringiensis* Tóxica à Lepidoptera e seu Possível Efeito Adverso sobre Espécies Não- Alvo.** 2008. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. 87 p Dissertação de Mestrado.

RIBEIRO, L. M. S. **Respostas imunológicas e mecânicas em população suscetível e resistente de *Plutella xylostella* (L.) (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE) FRENTE A FORMULAÇÕES COMERCIAIS À BASE DE *Bacillus thuringiensis* BERLINER.** 2010. (Mestrado em Entomologia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

RIBEIRO, L. M. S. Fitness costs associated with field-evolved resistance to chlorantraniliprole in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **Bull Entomol. Res.** 104: 88-96. 2014.

SANTOS, V.C. *et al.* Insecticide resistance in populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), from the state of Pernambuco, Brazil. **Neotrop. Entomol.** 40: 264-270. 2011.

SARFRAZ, M.; KEDDIE, B. A. Conserving the efficacy of insecticides against *Plutella xylostella* (L.) (Lep., Plutellidae). **Blackwell Verlag**, Berlin. p.149–157. 2005

SARFRAZ, M.; KEDDIE, A.B.; DOSDALL, L.M. Biological control of the diamondback moth, *Plutella xylostella*: A review. **Biocontrol Science and Technology**, v.15, n.8, p.763-789, 2005.

SANTOS, V.C. *et al.* Insecticide resistance in populations of the diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae), from the state of Pernambuco, Brazil. **Neotrop. Entomol.** 40: 264-270. 2011.

SHELTON, A.M. Management of the diamondback moth: déjà vu all over again? In: ENDERSBY, N.M.; RIDLAND, P.M. (Ed.). The management of diamondback moth and other crucifer pests. Melbourne: The Regional Institute, p.3-8, 2001.

SILVA, E.E.; POLLI, H.; GUERRA, J.G.M.; AGUIAR-MENEZES, E.L.; RESENDE, A.L.S.; OLIVEIRA, F.L.; RIBEIRO, R.L.D. Sucessão entre cultivos orgânicos de milho e couve consorciados com leguminosas em plantio direto. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.1, p.57-62, 2011.

TABASHNIK BE, *et al.* Field development of resistance to *Bacillus thuringiensis* in diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). **J Econ Entomol.** 1990; 83:1671–1676.

TALEKAR, N.S.; SHELTON A.M. Biology, ecology, and management of the diamondback moth. **Annu. Rev. Entomol.** 38: 275-301 1993.

USTA C. Microorganisms in biological pest control-a review (bacterial toxin application and effect of environmental factors). In: Silva-Opps M, editor. Current progress in biological research. Rijeka: InTech; 2013. p. 133–147

VACARI, A.M. *et al.* Taxa de predação e desenvolvimento ninfal de *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae) alimentado com pupas de *Plutella xylostella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Plutellidae) em laboratório. S3513-S3517, 2009.

VASQUEZ, B.L. **Resistance to most Insecticides.**In: Book of Insect Records, Chapter 15, 34- 36p 1995.

VILLAS BOAS, G.L. Atenção no controle: Técnicas simples de manejo auxiliam a diminuir a população e traça-das-crucíferas, que ataca principalmente cultivos de repolho, couve, couve-flor e brócolo. **Revista Cultivar Hortalças e Frutas**. Nº 7, abr.-

maio 2001. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/artigo.asp?id=275> acesso em: 06 julho 2022.

VILLAS BÔAS, G.L. *et al.* Inseticidas para o controle da traça-das-crucíferas-das-crucíferas e impactos sobre a população natural de parasitóides. Hortc. Bras. 22: 696-699 2004.

WANG, X. & Y. WU. High Levels of Resistance to Chlorantraniliprole Evolved in Field Populations of *Plutella xylostella*. J. Econ. Entomol. 105: 1019-1023. 2012.

WARWICK, S.I.; FRANCIS, A.; AL-SHEHBAZ, I.A. Brassicaceae: species checklist and database on CD-Rom. Plant Systematics and Evolution, v.259, n.2- 4, p.249-258, 2006.

YANG, M. P. *et al.* Ionic liquid-assisted liquid-phase microextraction based on the solidification of floating organic droplets combined with high performance liquid chromatography for the determination of benzoylurea insecticide in fruit juice. J. Chromatogr. A 1360: 47-56. 2014.

ZAGO, H. B. **Manejo de *Plutella xylostella* (LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE): parasitismo por *Trichogramma pretiosum* riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e susceptibilidade de populações a *Bacillus thuringiensis* berliner.** 2008. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ZALUCKI, M.P. *et al.* 2012. Estimating the economic cost of one of the world's major insect pests, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae): just how long is a piece of string? J. Econ. Entomol. 105: 1115– 1129 2012.

APÊNDICE

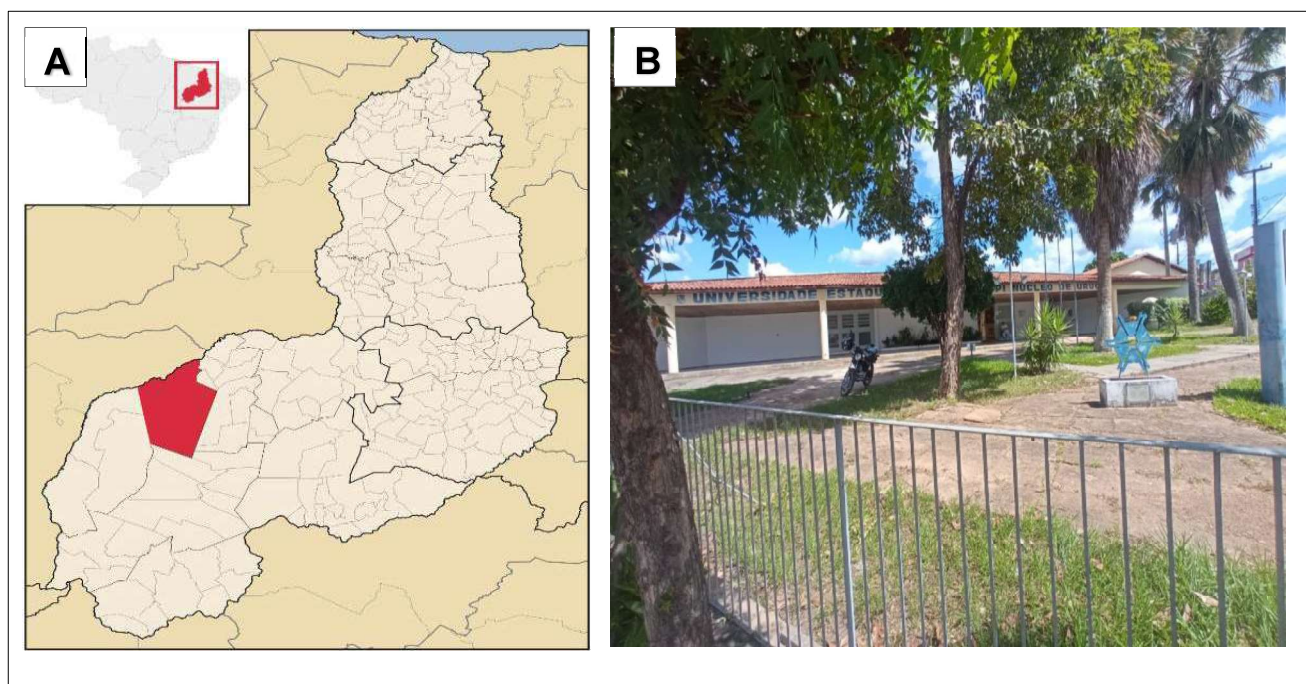


Figura 1. Local da realização do experimento. A. Mapa do estado do Piauí, destacando o município de Uruçuí-PI. Fonte: Google, 2023; **B.** Universidade estadual do Piauí - UESPI. Fonte: Arquivo Pessoal.

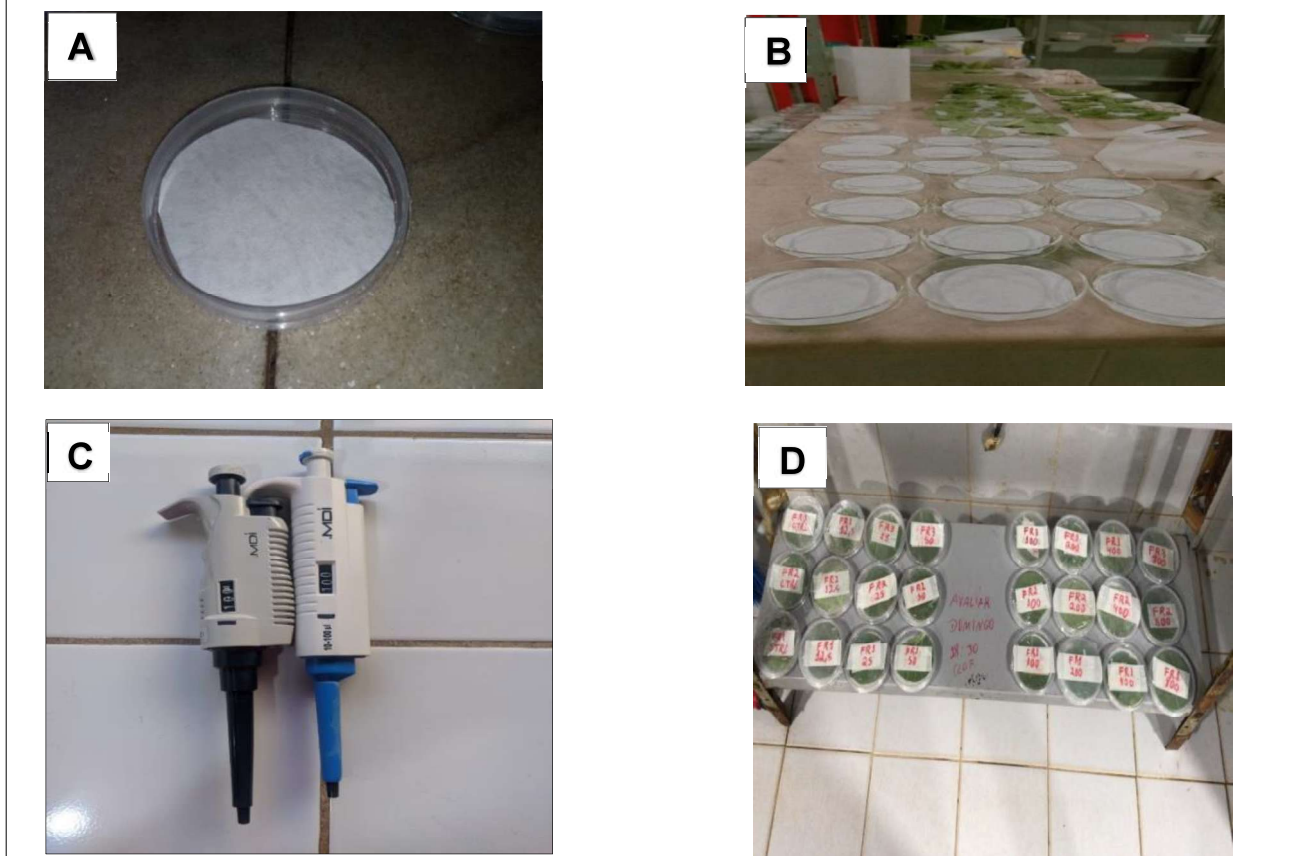


Figura 3. A, B. Placas de Petri; C. Pipetas; D. Lagarta de 2ª instar de *P. xylostella* em placa de Petri com disco foliar tratado. Fonte: Arquivo Pessoal.

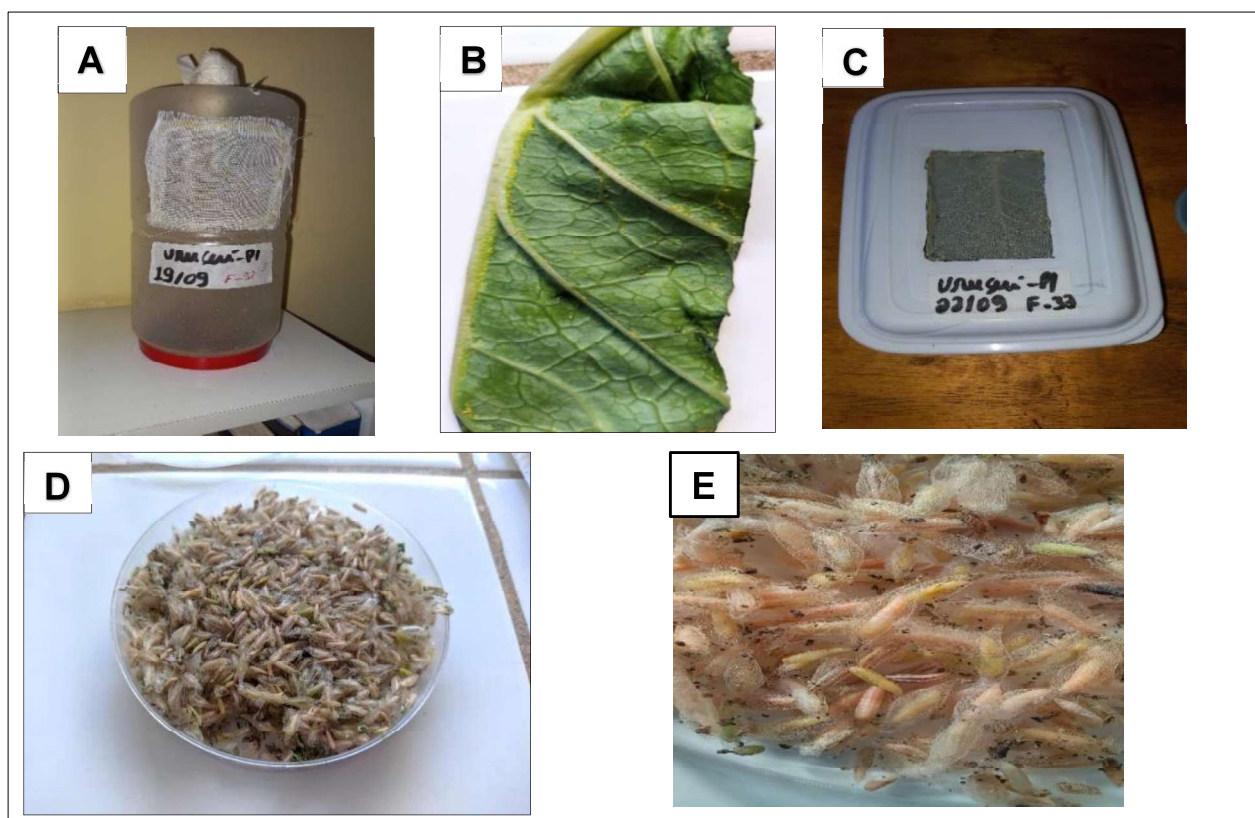


Figura 2. Criação da população de *P. xylostella* em laboratório. A. Gaiola de adultos de *P. xylostella*; B. Folha de couve com ovos de *P. xylostella*; C. Gaiola de lagartas de *P. xylostella*; D e E. Pupas de *P. xylostella*. Fonte: Arquivo Pessoal.



Figura 4. A. Realização de bioensaio; discos foliares de couve tratados com água + trinton e inseticida. Fonte: Arquivo Pessoal.

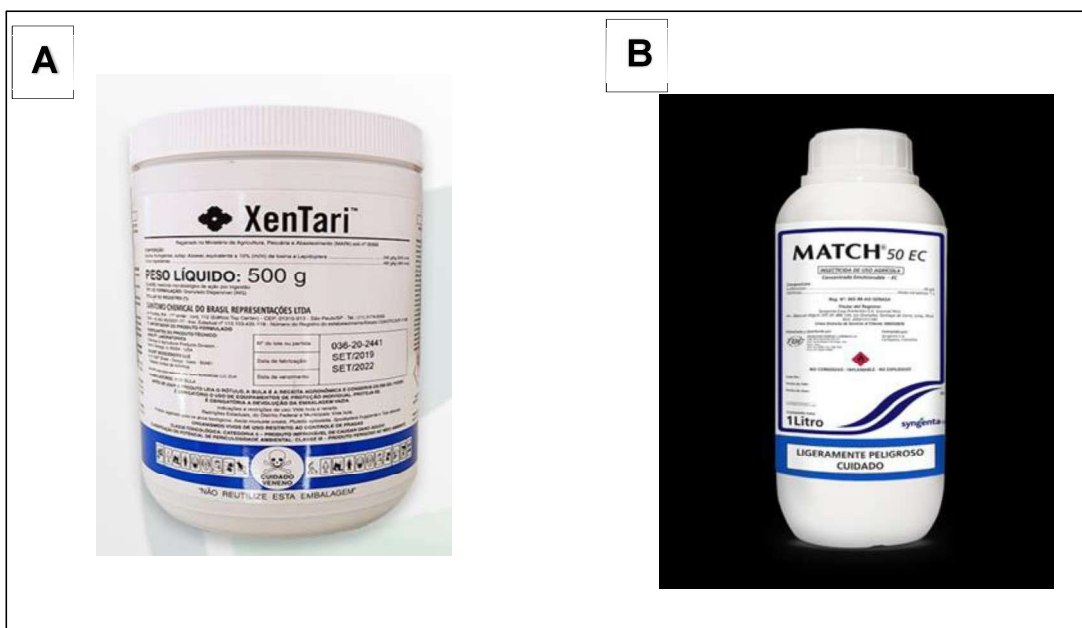


Figura 5. Produtos. A. XenTari® B. Match®