

AVALIAÇÃO DA DINÂMICA POPULACIONAL DE *Helicoverpa armigera* POR SIMULAÇÃO EM ALGODÃO E TRIGO

Data de aceite: 09/01/2020

Maria Conceição Peres Young Pessoa

Laboratório de Quarentena “Costa Lima”/Embrapa
Meio Ambiente
Jaguariúna - São Paulo

Geovanne Amorim Luchini

Bolsista PIBIC/CNPq-Embrapa/Graduando
Ciências Biológicas PUCCamp (de 01-08-2017 a
31-07-2018; Embrapa SEG: 02.13.14.003.00.05)
Jaguariúna/SP

Jeanne Scardini Marinho-Prado

Laboratório de Quarentena “Costa Lima”/Embrapa
Meio Ambiente
Jaguariúna- São Paulo

Rafael Mingoti

Embrapa Territorial
Campinas- São Paulo

RESUMO: Este trabalho avaliou a dinâmica populacional de *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) por simulação numérica em algodão CNPA-293 RF e trigo BR-18. Esse inseto exótico, polífago, foi detectado no Brasil na safra 2012/2013, causando grande impacto nas produtividades de soja, milho e algodão. Posteriormente, foi confirmado em outras culturas de grãos, fibras e hortaliças, principalmente no bioma Cerrados, exigindo

controle. O manejo integrado de *H. armigera* depende de estratégias fundamentadas no conhecimento de períodos de maior disponibilidade de suas fases imaturas e adultas, e respectivas durações e quantidades de indivíduos, por geração. Dados biológicos do inseto disponíveis para variedades de algodão e trigo possibilitaram representar as fases do seu ciclo de vida nesses hospedeiros, bem como avaliar sua dinâmica populacional em cenários de simulação MatLab 7.0. Neles, um casal de insetos na infestação inicial e as fases de desenvolvimento foram acompanhados por 55 e 120 dias simulados. Os resultados indicaram que, quando os primeiros botões florais puderam ser observados na planta de algodão, todas as fases do inseto estariam disponíveis, principalmente lagartas. Em trigo, todas as fases ocorreriam no espigamento, com grandes quantidades de ovos, lagartas, fêmeas ativas e machos. O grande potencial reprodutivo do inseto foi destacado em ambos cultivos, reforçando a importância de monitoramento preventivo e controle. Pelo predomínio de ataques no Cerrado, as distribuições das áreas plantadas dos cultivos, georreferenciadas e classificadas quanto ao tamanho de áreas municipais, foram apresentadas, com base em dados do IBGE no ano-base 2018 e SIG ArcGIS. **PALAVRAS-CHAVE:** praga exótica; defesa fitossanitária; polífaga; mapas; tendências.

ABSTRACT: The present work evaluated the population-dynamic of *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) making use of mathematical-modelling simulation in cotton cv. CNPA-293 RF and wheat cv. BR-18. This exotic insect, polyphagous, was detected in Brazil during the Season of 2012/2013 causing great impact on productivities of soybean, corn and cotton crops. Afterwards, the insect was also confirmed in others grains, fibers and vegetables crops, mainly in the biome Cerrado, demanding control. The Integrate Pest Management of *H. armigera* depends on strategies based on knowledge of periods of greater availability of its immature and adult phases, as well as of their respective duration and quantities of individuals, by generation. Biological data of *H. armigera* already available for cotton and wheat varieties made possible to represent its phases of life cycle considering this host crops, as well as to evaluate its population dynamic by mathematical-modeling simulation using MatLab 7.0. In each scenario, one insect couple in the initial infestation and developmental phases were followed-up for 55 and for 120 simulated days. The results indicated that, when the first floral buds can be observed on the cotton plant, all phases of the insect are available, mainly caterpillars. In wheat, all phases would occur on wheat spike, with greater quantity of eggs, caterpillars, active females, and males. The great reproductive potential of the insect was highlighted on both crops, reinforcing the importance of preventive monitoring and control. Due to the predominance of attacks on Cerrado, the distribution of planted areas with the crops, georeferenced and classified by size of municipality areas, were presented, based on IBGE data in 2018 and ArcGis.

KEYWORDS: exotic pest; crop protection; polyphagous insect; maps; trends.

1 | INTRODUÇÃO

A espécie exótica *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) é polífaga, de alto potencial reprodutivo e dispersivo a longa distância, e foi detectada no Brasil durante a safra de 2012/2013, atacando principalmente cultivos de algodão, soja e milho em Goiás, Bahia e Mato Grosso (CZEPAK et al., 2013; ÁVILA et al., 2013; SPECHT et al. 2013). Ataques de lagartas de *H. armigera* em cultivos de algodão, feijão, feijão-caupi, soja, milho e sorgo foram registrados no Oeste Baiano a partir de fevereiro/2012 (LIMA et al., 2015) e geraram perdas expressivas de produção. Em 2013 ataques do inseto foram registrados em trigo de Campo Mourão, RS (SCHNEIDER: DUTRA, 2013). Danos posteriores foram sendo relatados em vários cultivos de grãos, fibras e hortaliças de todo o país, presentes principalmente em áreas do bioma Cerrado (PESSOA et al., 2016a; ÁVILA et al., 2013; THOMAZONI et al., 2013). Por essa razão, *H. armigera* vem demandando atenção do sistema de defesa fitossanitária brasileiro, tanto no relacionado às estratégias de monitoramento quanto às que favoreçam ampliar conhecimento para orientar o controle no contexto do Manejo Integrado da

praga (MIP).

Os controles químico e biológico de *H. armigera* empregados no MIP dependem do conhecimento do comportamento e desenvolvimento desse inseto no cultivo hospedeiro. Saleem & Yunus (1982) registraram o impacto do ataque de lagartas de *H. armigera* nas fases vegetativa e reprodutiva da planta de algodão, informando que nela o ataque do inseto se inicia na fase vegetativa, onde folhas e brotos podem ser consumidos pelas lagartas e as brácteas também serem atacadas. Segundo esses autores, somente hastes e raízes não são atacadas pelo inseto, relatando ainda que nos dois primeiros instares da fase de lagarta estas se alimentam de brotos tenros e folhas localizadas próximas às áreas de eclosão dos ovos. Saleem & Yunus (1982) também relataram que no 3º instar dessa fase de desenvolvimento, as lagartas se alimentam de folhas, flores e botões, enquanto no 4º instar atacam flores, botões e frutos pequenos e nos 5º e 6º instares passam a danificar tanto botões e frutos pequenos, quanto os frutos verdes maiores (maduros). Nas estruturas reprodutivas, as lagartas se alimentam de grãos de pólen e, posteriormente, perfuram os ovários e atacam a base das pétalas, movendo-se para outras frutificações (SALEEM; YUNUS, 1982). Na fase de frutificação da planta de algodão, ataques de lagartas em botões florais provocam danos por furos e escavações internas (ocasionando a queda dessa estrutura da planta), enquanto ataques em frutos verdes proporcionam conteúdo parcialmente destruído (geralmente ainda permanecendo presos às plantas), viabilizando em seguida o deslocamento das lagartas para outras partes da frutificação (CABI-ISC, 2013; SALEEM; YUNUS, 1982). Constata-se, assim, a importância de se determinar períodos de maior disponibilidade de lagartas de *H. armigera* na cultura de algodão.

Lima et al. (2015) sinalizaram a influência do instar (ou estágio) da fase de lagarta de *H. armigera* no controle por produtos liberados, ressaltando os instares de maior mortalidade dessa fase. Do mesmo modo, a proposição de métodos de criação laboratorial e de liberações massais de bioagentes exóticos de controle de *H. armigera* também dependem da disponibilidade de fases hospedeiras específicas.

Acrescenta-se também que a duração e viabilidade das fases do ciclo de desenvolvimento de *H. armigera*, assim como a razão sexual e aspectos reprodutivos (fecundidade) da fêmea da espécie, são diferenciados em função do alimento (GOMES et al., 2017), influenciando diretamente no período de maior ou menor disponibilidade e quantidade de indivíduos de suas fases de desenvolvimento imaturas (ovo, lagarta e pupa) e adultas (fêmeas pré-ovipositoras, fêmeas e machos) (Figura 1), conforme o cultivo hospedeiro atacado. Suzana et al. (2015) avaliaram o desenvolvimento de lagartas de *H. armigera* alimentadas por órgãos reprodutivos de diferentes fontes alimentares (soja, trigo, milho, canola, aveia-preta, aveia-branca, nabo e azevém) e indicaram que espigas de milho e de trigo encontraram-se entre os melhores alimentos para o desenvolvimento dessa fase. Esse resultado pode ser ainda reforçado pelo apontado por Pereira (2013), que relatou que, apesar do cultivo de trigo não ser

hospedeiro preferencial do inseto, existem situações que favorecem ataques ao cultivo e os períodos de maior disponibilidade de lagartas na fase reprodutiva da planta de trigo devem ser avaliados.

Danos em trigo causados por *Helicoverpa armigera* foram reportados em áreas de cultivos de cereais de inverno da Austrália, onde o governo alertou produtores de Queensland e de New South Wales para estarem atentos a possíveis infestações pela praga na cultura (AUSTRALIAN GOVERNMENT-GRDC, 2016). O *Grains Research and Development Corporation* (GRDC), do governo Australiano, também estimou que uma lagarta/m² pode causar perdas de 15 kg de grãos/ha.

Técnicas de modelagem e simulação de sistemas vêm sendo empregadas cada vez mais no Brasil como ferramentas para o estudo da dinâmica populacional de diferentes pragas agrícolas e de seus agentes de controle biológico (LUCHINI et al., 2018; TEIXEIRA et al., 2017; PESSOA et al., 2016a,b,c; 2014, 2013, 2011; 1997). Informações biológicas detalhadas são fundamentais para garantir a sustentação biológica necessária ao desenvolvimento de simuladores computacionais da dinâmica populacional de *H. armigera* em seus respectivos hospedeiros-plantas. Desse modo, permitem incorporar aos seus modelos matemáticos os detalhamentos representativos das fases de desenvolvimento do inseto nesses hospedeiros, viabilizando prospecções de conhecimento, com base em cenários de simulação, mais fidedignos.

Gomes et al. (2017) disponibilizaram conhecimento biológico sobre *H. armigera*, em condição controlada de laboratório, considerando diferentes variedades de hospedeiros-plantas (soja, milho, algodão, trigo) e em dieta artificial laboratorial (dieta de Greene), todas utilizadas no Brasil. Luchini et al. (2017) também dispuseram informação biológica para o inseto considerando feijão BRS-Pérola, em condição de laboratório. Com base nesses conhecimentos biológicos, prospecções das disponibilidades das fases imaturas e adultas de *H. armigera* vêm sendo viabilizadas por simulações numéricas fundamentadas em modelos matemáticos dinâmico-discretos-compartimentais (tipo *Cohort*) do seu ciclo de desenvolvimento (LUCHINI et al., 2018; TEIXEIRA et al., 2017). Teixeira et al. (2017) disponibilizaram resultados fundamentados em avaliação de cenários de simulação numérica de *H. armigera* em feijão BRS-Pérola, enquanto Luchini et al. (2018), utilizando as mesmas técnicas, para o mesmo inseto em soja BMX Potencia RR, milho BRS 1010 e dieta artificial de Greene (GREENE et al., 1976); ambos considerando o período simulado de 55 dias consecutivos.

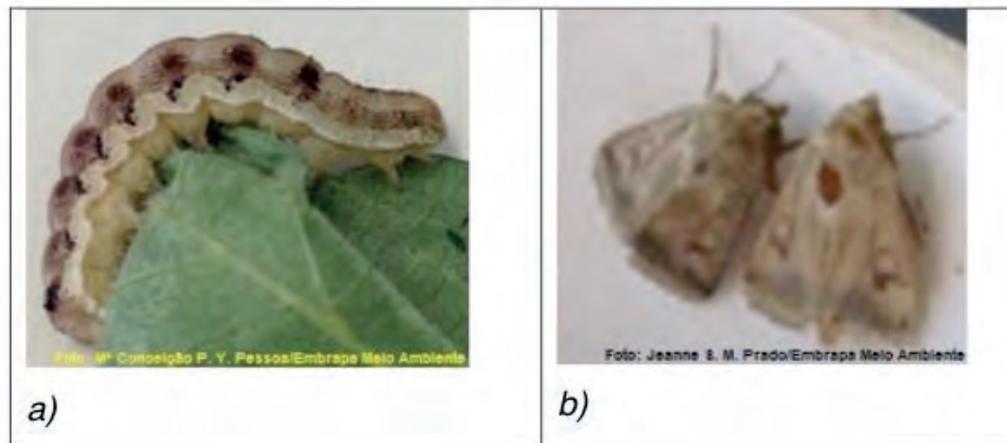


Figura 1. Algumas fases de desenvolvimento de *Helicoverpa armigera*: a) lagarta; e b) adulta

Como já apontado anteriormente, os cultivos de algodão e de trigo também vêm sendo atacados por *H. armigera*. Assim, análises prospectivas da disponibilidade de suas diferentes fases de desenvolvimento nesses hospedeiros fazem-se necessárias e podem ser prospectadas por simulação numérica fundamentando-se em dados biológicos do inseto disponibilizados em algodão CNPA-293 RF e trigo BR-18 por Gomes et al. (2017).

Uma vez que no Bioma Cerrado a *H. armigera* encontra condições favoráveis para seu desenvolvimento e a presença de vários cultivos hospedeiros, preferenciais e secundários, como outros cultivos de porte alto com potencial para contenção de sua fase adulta em voos migratórios de longa distâncias (PESSOA et al., 2016a), o monitoramento das áreas de algodão deve ser igualmente intensificado nas áreas plantadas nesse bioma. Por essa razão, é igualmente importante acompanhar a dinâmica espaço temporal dessas áreas, como também atualizá-las sempre que possível (MINGOTI et al., 2019; PESSOA et al., 2016c).

Este trabalho avaliou a dinâmica populacional de *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae), considerando suas diferentes fases de desenvolvimento em algodão CNPA-293 RF e trigo BR-18, separadamente, por simulação numérica em um período de 55 e 120 dias consecutivos. Também disponibilizou a distribuição das áreas plantadas de algodão e de trigo, de maneira georreferenciada e classificada quanto ao tamanho da área municipal, sinalizando as presentes no bioma Cerrados, com base em dados de 2018, para contribuir com o monitoramento do inseto.

2 | SIMULAÇÃO DA DINÂMICA POPULACIONAL DE *H. armigera* EM ALGODÃO E LOCALIZAÇÃO DE ÁREAS COM ESSE CULTIVO NO BRASIL

Para a simulação de *H. armigera* em algodão foram utilizados dados biológicos do inseto na cv. CNPA 293 RF determinados por Gomes et al. (2017) em condição controlada de laboratório ($25,0 \pm 1,0$ °C; UR= $70 \pm 10\%$; fotofase 14h). A cultivar CNPA 293 RF (ou BRS 293) possui ciclo e porte médio que, em plantios a 570 m, apresenta

o primeiro botão floral entre 50-55 dias, o primeiro capulho entre 110-120 dias e o ciclo total entre 160-170 dias; em dias contados após a emergência de plântulas (EMBRAPA ALGODÃO, 2009).

A partir dessas informações, foi elaborado o modelo conceitual das principais fases do ciclo de vida do inseto, apresentando os tempos de desenvolvimento das fases (duração de imaturos (D) em dias e longevidades de adultos (Long) em dias), a razão sexual (Rs) (em $\frac{\sigma}{\sigma+\varphi}$) e as viabilidades das fases imaturas (V) em porcentagens de vivos (**Figura 2**) e considerando a fecundidade de 95,72 ovos/fêmea/dia (GOMES et al., 2017). O simulador foi desenvolvido em MatLab 7.0, utilizando o mesmo método citado por Teixeira et al. (2017) e Luchini et al. (2018), e incorporou esse modelo conceitual fundamentado em um modelo matemático dinâmico-discreto compartimental, representado por sistema de equações a diferenças das variadas fases de desenvolvimento do inseto no algodão. O simulador também viabilizou formular cenários considerando, como entrada de dados, as quantidades de fêmeas ativas e de machos na infestação inicial e o tempo total de simulação (em número de dias).

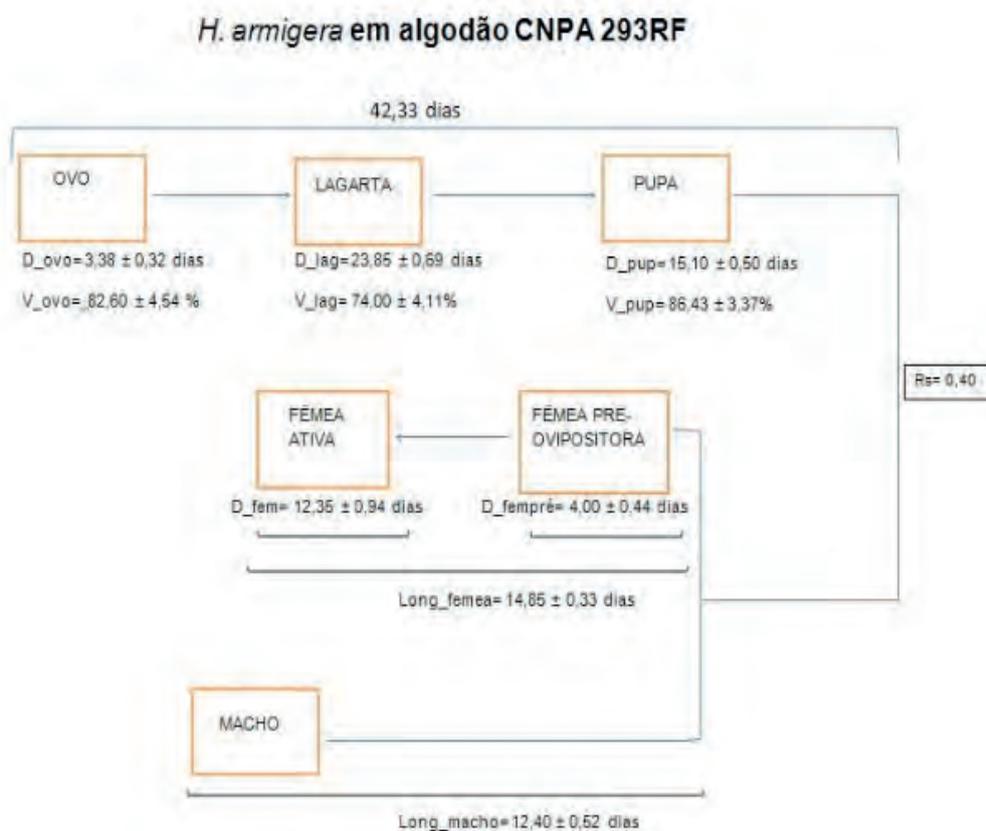


Figura 2. Modelo conceitual das fases de desenvolvimento de *Helicoverpa armigera* em algodão cv. CNPA 293 RF.

O cenário de simulação avaliado considerou um casal adulto (com fêmea ativa ovipositora) liberado no início da simulação (infestação inicial) e o tempo total de 55 dias e de 120 dias consecutivos simulados separadamente. O simulador viabilizou relatórios e gráficos de saídas, disponibilizando informações das quantidades

diárias de indivíduos vivos nas fases de ovo, lagarta, pupa, fêmea-pré-ovipositora (não ovipositora), fêmea (ativa) e macho; também disponibilizou quantidades totais de indivíduos mortos por fase. Os resultados gráficos obtidos, considerando as disponibilidades de indivíduos das fases imaturas (**Figuras 3 e 4**) e adultas (**Figuras 5 e 6**) durante os períodos simulados de 55 e 120 dias são apresentados a seguir.

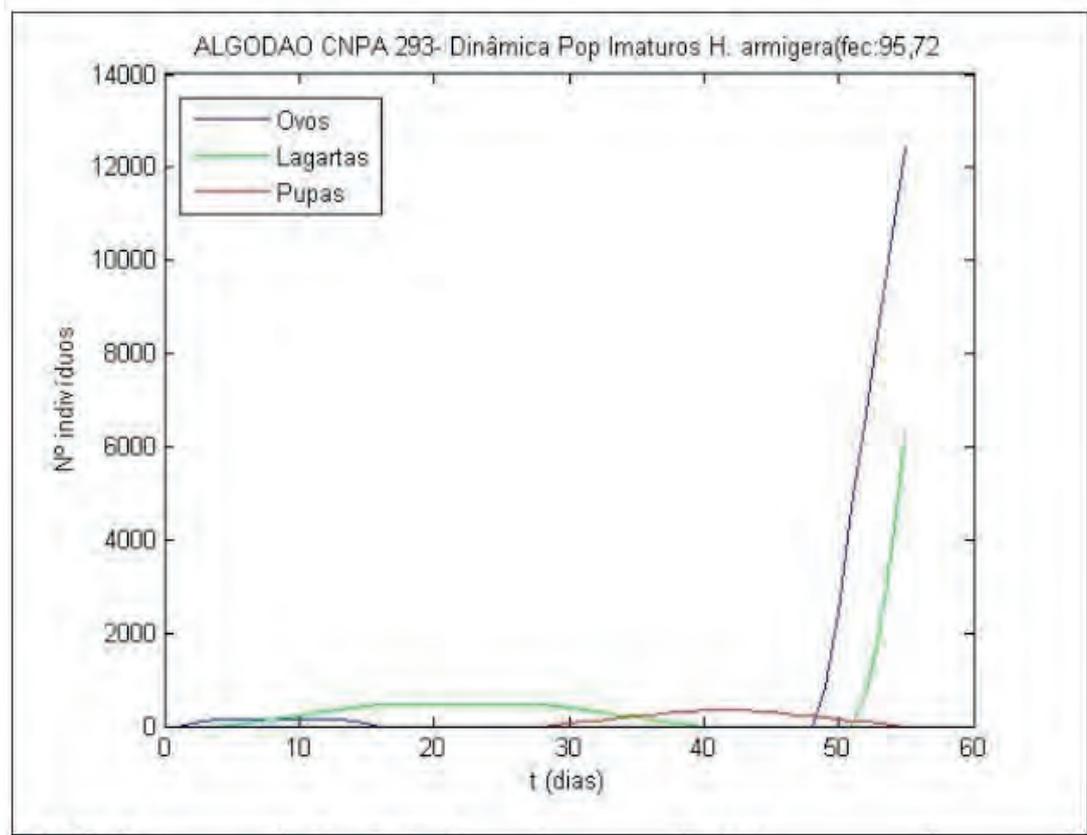


Figura 3. Dinâmica populacional das fases imaturas de *Helicoverpa armigera* em algodão cv. CNPA-293 RF, apresentando os indivíduos vivos no período simulado de 55 dias.

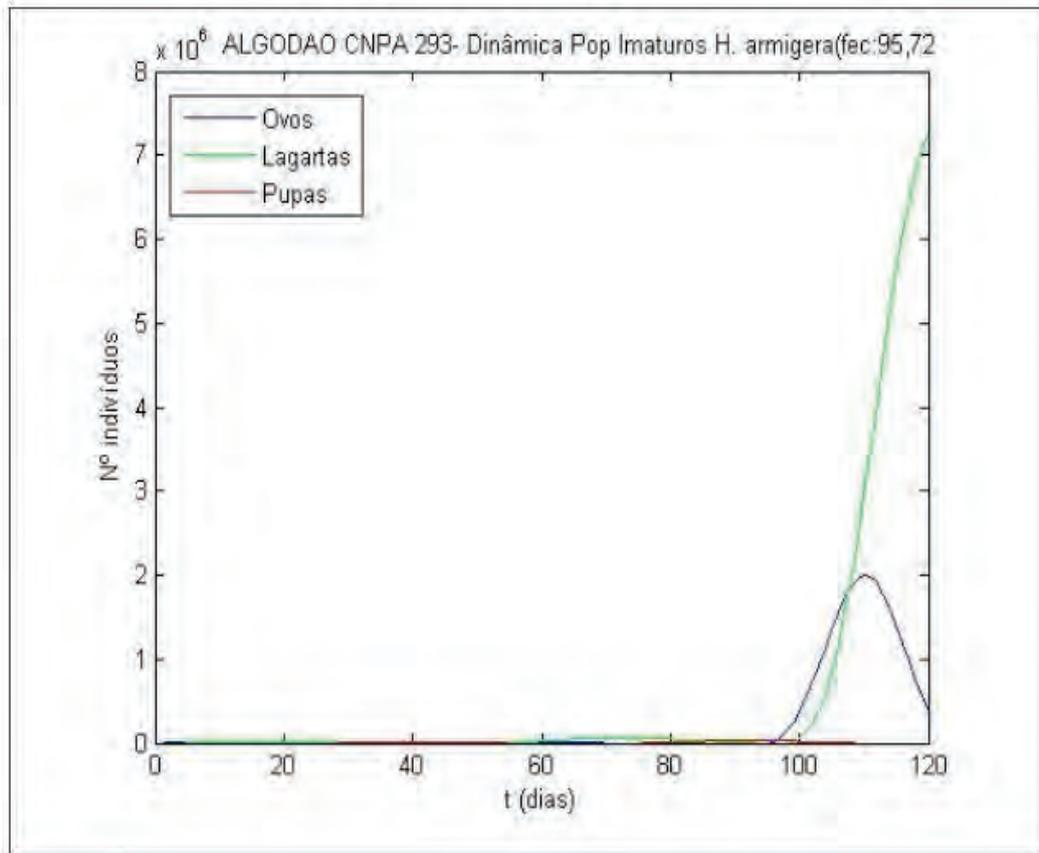


Figura 4. Dinâmica populacional das fases imaturas de *Helicoverpa armigera* em algodão cv. CNPA-293 RF, apresentando os indivíduos vivos no período simulado de 120 dias.

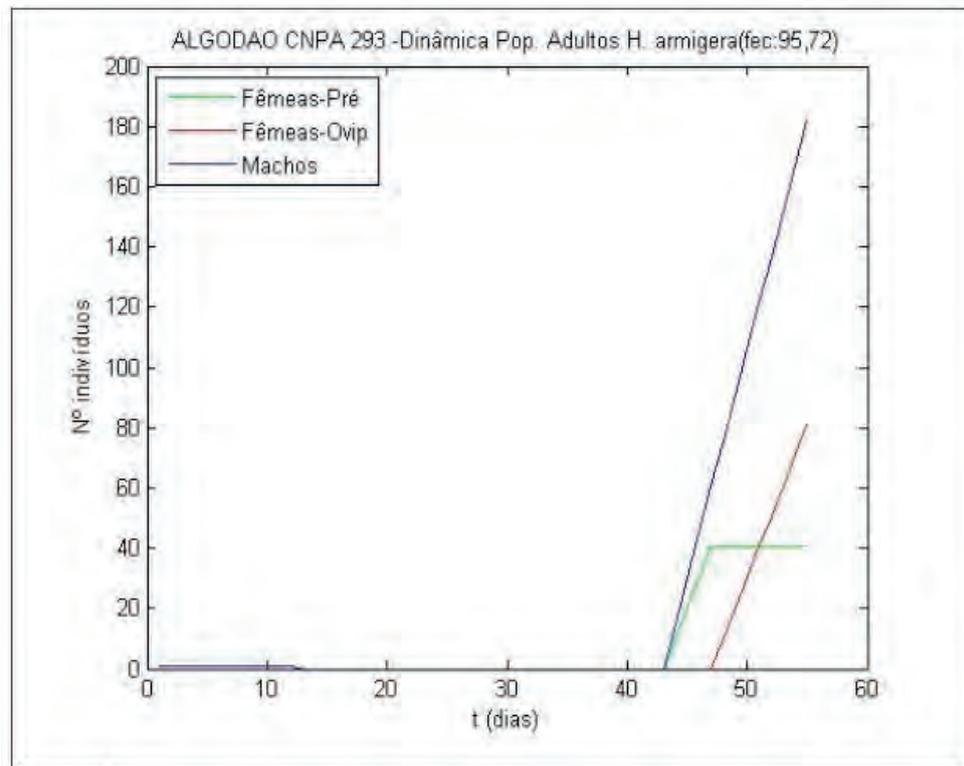


Figura 5. Dinâmica populacional das fases adultas de *Helicoverpa armigera* em algodão cv. CNPA-293 RF, apresentando os indivíduos vivos no período simulado de 55 dias.

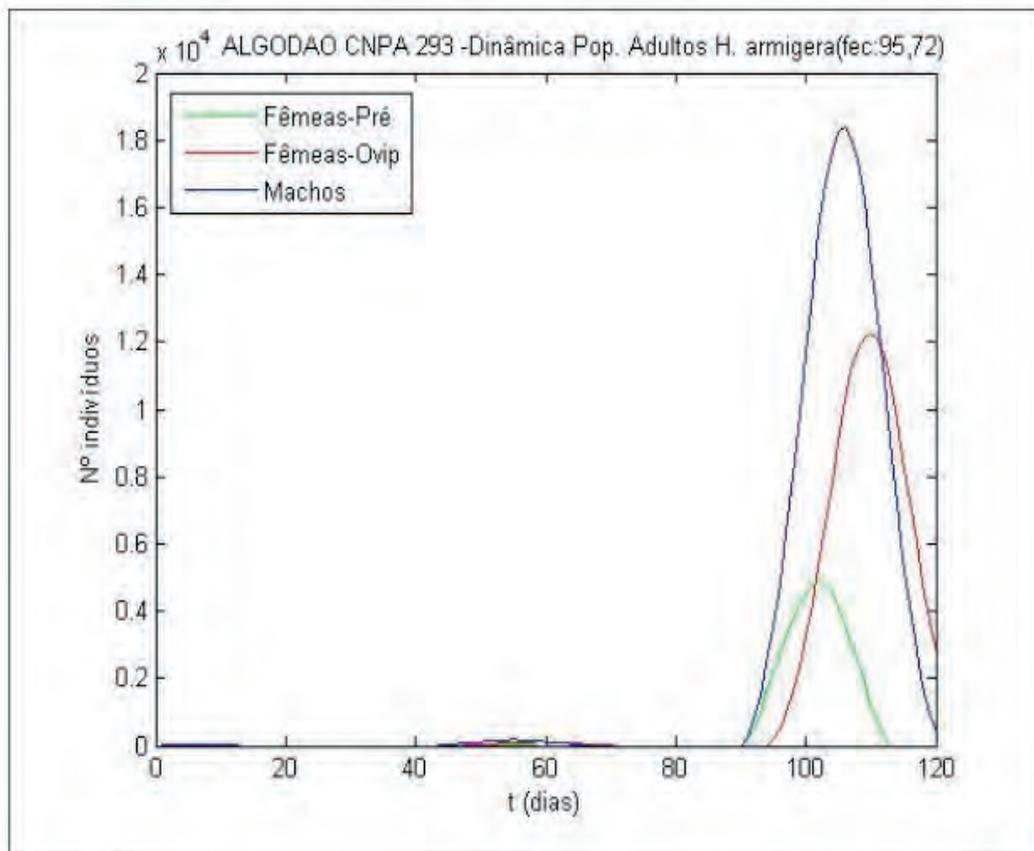


Figura 6. Dinâmica populacional das fases adultas de *Helicoverpa armigera* em algodão cv. CNPA 293 RF, apresentando os indivíduos vivos no período simulado de 120 dias.

A partir dos resultados obtidos para as simulações de 55 e 120 dias consecutivos do inseto em algodão CNPA 293 RF observaram-se os seguintes períodos de disponibilidades de indivíduos (e picos) por fase de desenvolvimento do inseto, considerados a partir do dia de início da simulação (DIS):

a) Ovos: presentes do 2º ao 15º DIS (pico de 144 ovos acontecendo do 4º ao 13º DIS), como também do 49º ao 69º DIS (com pico de 17.500 ovos em 60º DIS) e do 96º ao 120º DIS (pico de 1.999.900 ovos em 110º DIS). No 55º DIS estariam em desenvolvimento 12.437 ovos, enquanto no 120º DIS haveriam 385.000 ovos em desenvolvimento.

b) Lagartas: ocorrendo do 5º ao 39º DIS (pico de 477 lagartas de 16º ao 28º DIS), como também do 52º ao 93º DIS (com pico de 59.200 lagartas do 70º ao 75º DIS) e do 99º ao 120º DIS (pico de 7.279.600 lagartas em 120º DIS). No 55º DIS ainda estariam em desenvolvimento 6.308 lagartas.

c) Pupas: presentes no solo do 29º ao 54º DIS (pico de 353 pupas ocorrendo do 41º ao 43º DIS), como também disponíveis do 76º ao 108º DIS (com pico de 40.410 pupas no solo aos 92º DIS). No 55º DIS e no 120º DIS não existiriam pupas em desenvolvimento.

d) Fêmeas pré-ovipositoras (não ativas): as primeiras fêmeas desta fase estariam ocorrendo do 44º ao 58º DIS (pico de 40 fêmeas-pré no 47º DIS)

e do 91° ao 112° DIS (com pico de 4.885 fêmeas-pré no 102° DIS). No 55° DIS estariam vivas 40 fêmeas-pré, enquanto no 120° DIS nenhuma estaria presente.

e) Fêmeas ativas (ovipositoras): a fêmea da infestação inicial estaria presente do 1° ao 8° DIS. As fêmeas ativas da 1ª geração seriam observadas do 48° ao 70° DIS (pico de 121 fêmeas ativas no 59° DIS). Fêmeas ativas também existentes do 95° ao 120° DIS (com pico de 12.250 fêmeas ativas no 110° DIS). Aos 55 DIS estariam presentes 49 fêmeas ativas e 2.743 no 120° DIS;

f) Machos: o macho da infestação inicial estaria presente do 1° ao 12° DIS. Machos da 1ª geração seriam observadas do 44° ao 66° DIS (pico de 182 machos em 55° DIS). Esta fase também estaria disponível do 91° aos 120° DIS (pico de 18.375 machos no 106° DIS). Aos 120° DIS estariam presentes 354 machos.

Considerando os resultados obtidos por simulação, caso a infestação de *H. armigera* ocorra no início do ciclo da planta, sem monitoramento e controle, observa-se que na fase de provável aparecimento dos primeiros botões florais na planta de algodão, a saber entre 50-55 dias da emergência, estariam disponíveis todas as fases de desenvolvimento do inseto em quantidades expressivas de lagartas (Vide **Figuras 3 e 5**), havendo condições favoráveis ao desenvolvimento do inseto, e, assim, com grande potencial de dano à estruturas dos botões florais. Esse fato decorre da elevada fecundidade das fêmeas de *H. armigera* no algodão (95,72 ovos/fêmea/dia), como também das altas viabilidades das fases imaturas (**Figura 2**). Acrescenta-se ainda que próximo ao período de disponibilidade do primeiro capulho, entre 110 e 120 dias após a emergência da planta, nota-se outro período de disponibilidade simultânea de indivíduos de todas as fases de desenvolvimento do inseto (principalmente lagartas), observado do 99° ao 108° DIS (**Figuras 4 e 6**), porém em elevadas quantidades de indivíduos; ressaltando mais uma vez a grande capacidade de geração de descendentes da espécie com potencial de grande impacto na produtividade e/ou qualidade da cultura.

A localização das áreas municipais brasileiras plantadas com algodão no ano base de 2018 foi obtida a partir do levantamento da Produção Agrícola Municipal (PAM), disponível no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (IBGE. SIDRA, 2019). A partir deles foi calculada a área plantada relativa (em %) em relação à área plantada anual de algodão, considerando cada município no ano base de 2018. Em seguida, esse resultado foi classificado em quatro classes distintas, conforme método do Quantil (SLOCUM et al., 2008), possibilitando segmentar os municípios em classes alta (Q1), média (Q2), baixa (Q3) e muito baixa (Q4) de área plantada relativa da cultura de algodão. A espacialização dos municípios com as maiores áreas plantadas da cultura de algodão foi realizada fazendo uso de ferramentas do

Sistema de Informações Geográficas (SIG) ArcGIS 10.7, do Environmental Systems Research Institute (ESRI), em base cartográfica do IBGE de 2018 contendo os limites municipais (IBGE, 2018). Após determinar as áreas ocupadas com o cultivo de algodão, o cruzamento com o plano de informação do limite físico do Bioma Cerrado no Brasil, disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004), foi realizado, possibilitando destacar as áreas de cultivo presentes no bioma. O mapa apresentando a distribuição das áreas plantadas de algodão, de maneira georreferenciada e classificada quanto ao tamanho da área municipal resultante, é apresentado a seguir (**Figura 7**).

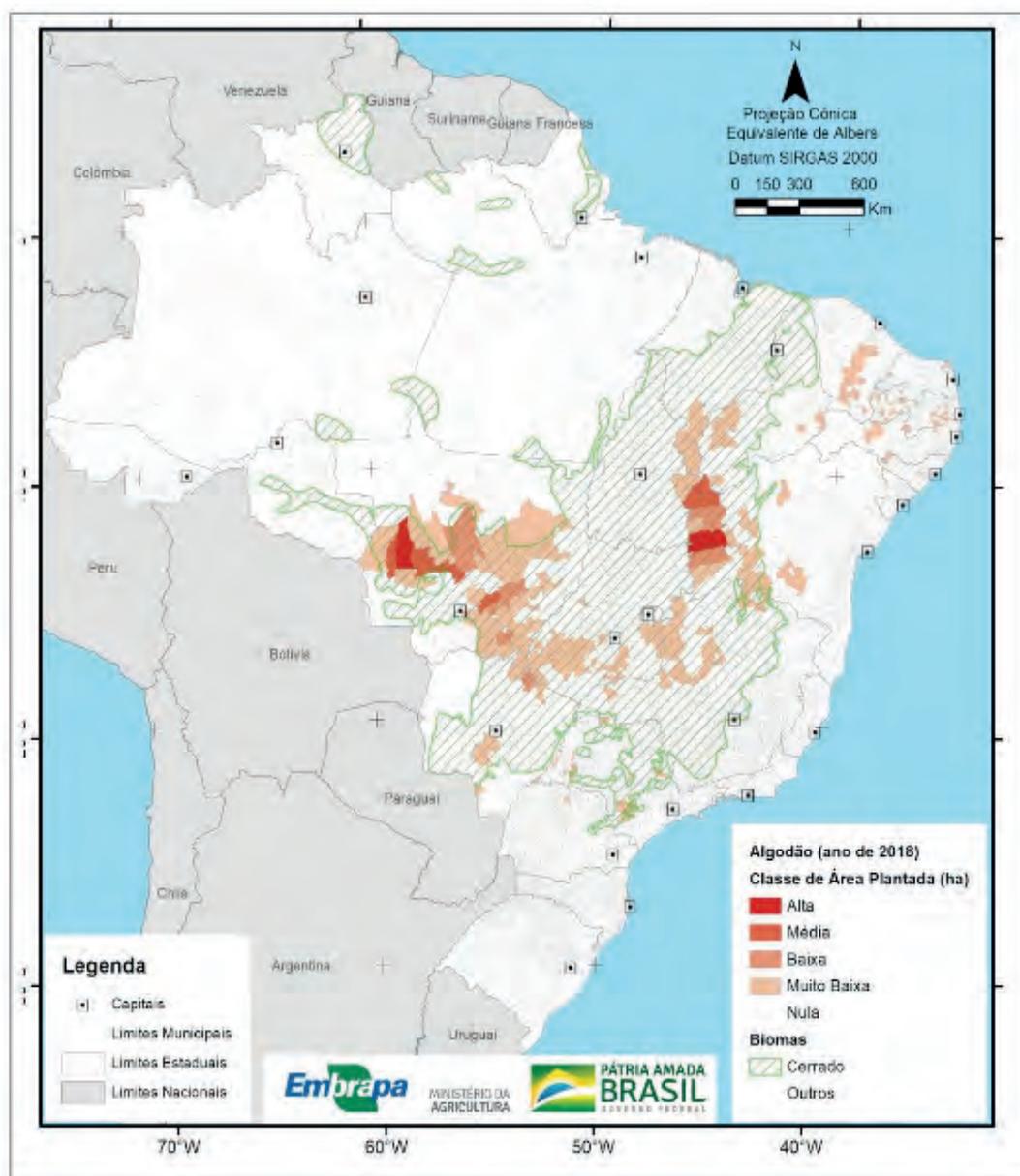


Figura 7. Mapa da distribuição e classificação de tamanhos das áreas plantadas municipais de algodão (ano base 2018), com áreas hachuradas sinalizando o Bioma Cerrado

Pelo mapa (**Figura 7**) notam-se grande predomínio de altas e médias classes de áreas plantadas presentes no Bioma Cerrado em sete municípios (Campo Novo do Parecis, Campos de Júlio, Diamantino, Sapezal, Campo Verde, Formosa do Rio Preto

e São Desidério), localizados nas microrregiões dos Parecis (Mato Grosso), Primavera do Leste (Mato Grosso) e Barreiras (Bahia); devendo ter monitoramento intensificado.

3 | SIMULAÇÃO DA DINÂMICA POPULACIONAL DE *H. ARMIGERA* EM TRIGO BR-18

Para a simulação de *H. armigera* em trigo foram utilizados dados biológicos do inseto na cv. BR 18, disponibilizados por Gomes et al. (2017). Essa cultivar, também conhecida como Terena, é amplamente utilizada no país e possui ciclo muito curto, tendo seu período da emergência ao espigamento com duração média de 59 dias e ciclo total médio de 109 dias (EMBRAPA TRIGO, 2002; SOUSA, 2002).

O mesmo método já citado para a elaboração do modelo conceitual, modelagem matemática e simulação numérica MatLab do algodão foram utilizados para trigo. Assim, a partir das informações supra citadas foi elaborado o modelo conceitual das principais fases do ciclo de vida de *H. armigera* em trigo BR 18 (com duração de imaturos (D) em dias, longevidades de adultos (Long) em dias, razão sexual ($\frac{\text{♀}}{\text{♀}+\text{♂}}$) (Rs) e as viabilidades das fases imaturas em porcentagens de vivos (V)) e considerando a fecundidade de 66,45 ovos/fêmea/dia (GOMES et al., 2017) (**Figura 8**).

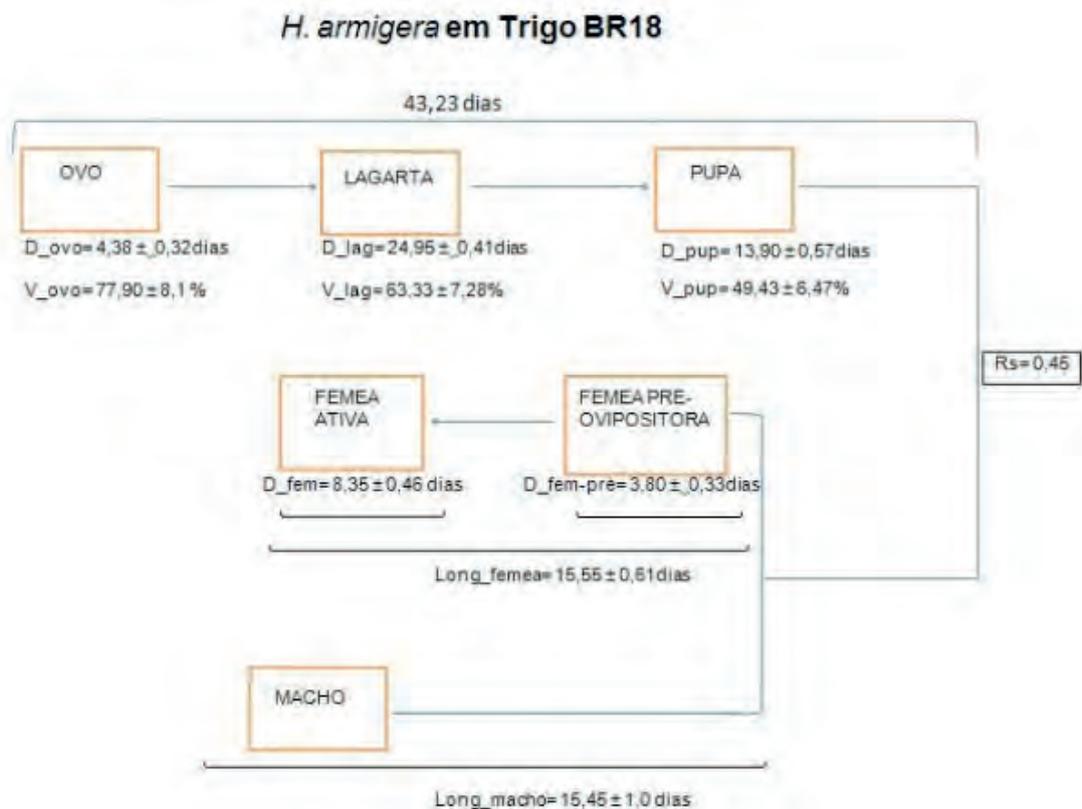


Figura 8. Modelo conceitual das fases de desenvolvimento de *Helicoverpa armigera* em trigo cv. BR 18

O cenário base simulado foi o mesmo já citado para a simulação de algodão, a saber: um casal de *H. armigera* presente no início da simulação (infestação inicial) e o tempo total de simulação de 55 dias e de 120 dias consecutivos, avaliados

separadamente. As informações das quantidades diárias de indivíduos vivos nas fases de ovo, lagarta, pupa, fêmea-pré ovipositora (não ativa), fêmea (ativa) e macho, como também os totais de indivíduos mortos por fase, foram avaliadas.

Os resultados gráficos obtidos, considerando as disponibilidades de indivíduos das fases imaturas (**Figuras 9 e 10**) e adultas (**Figuras 11 e 12**) durante o período total simulado em trigo BR-18 são apresentados a seguir.

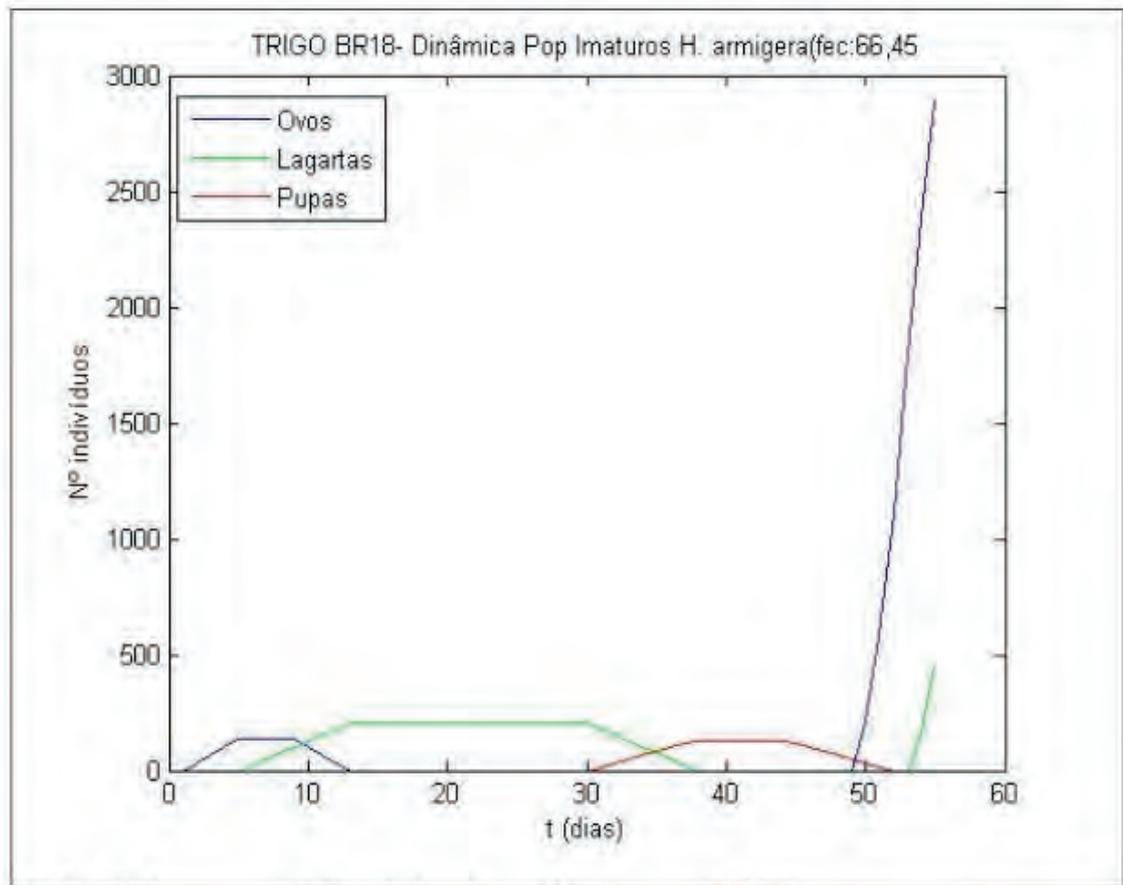


Figura 9. Dinâmica populacional das fases imaturas de *Helicoverpa armigera* em trigo cv. BR-18, apresentando os indivíduos vivos no período simulado de 55 dias.

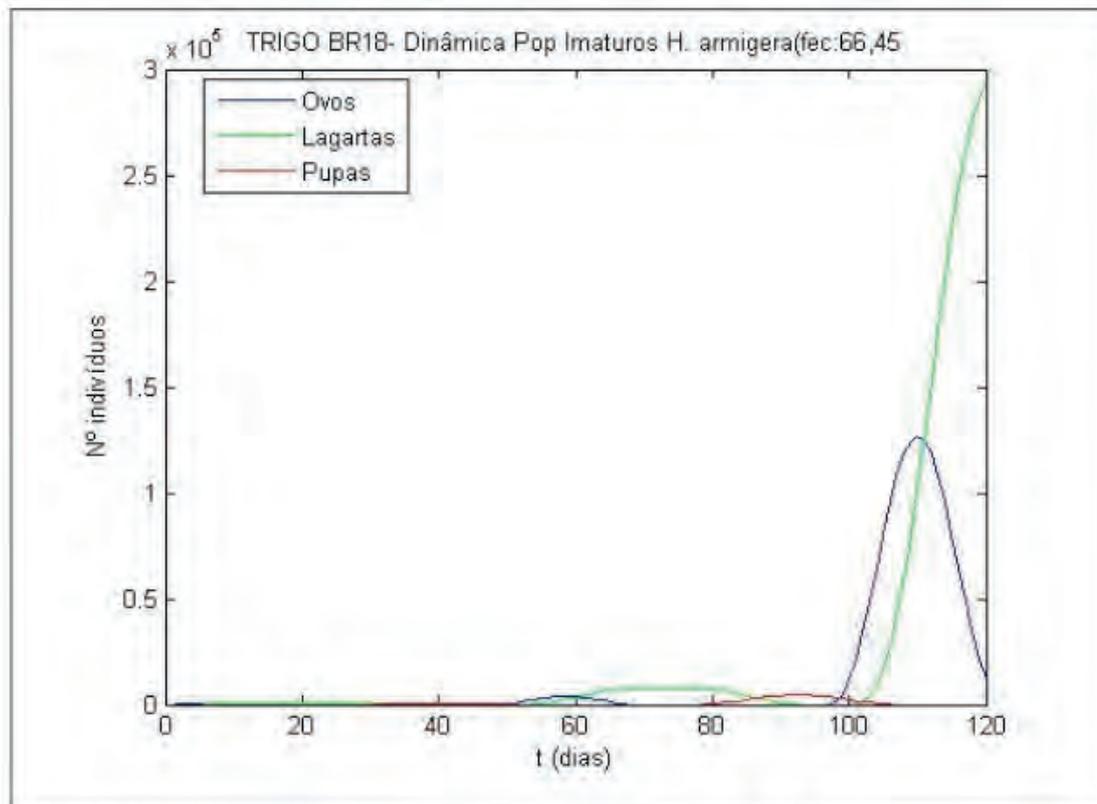


Figura 10. Dinâmica populacional das fases imaturas de *Helicoverpa armigera* em trigo cv. BR-18, apresentando os indivíduos vivos no período simulado de 120 dias.

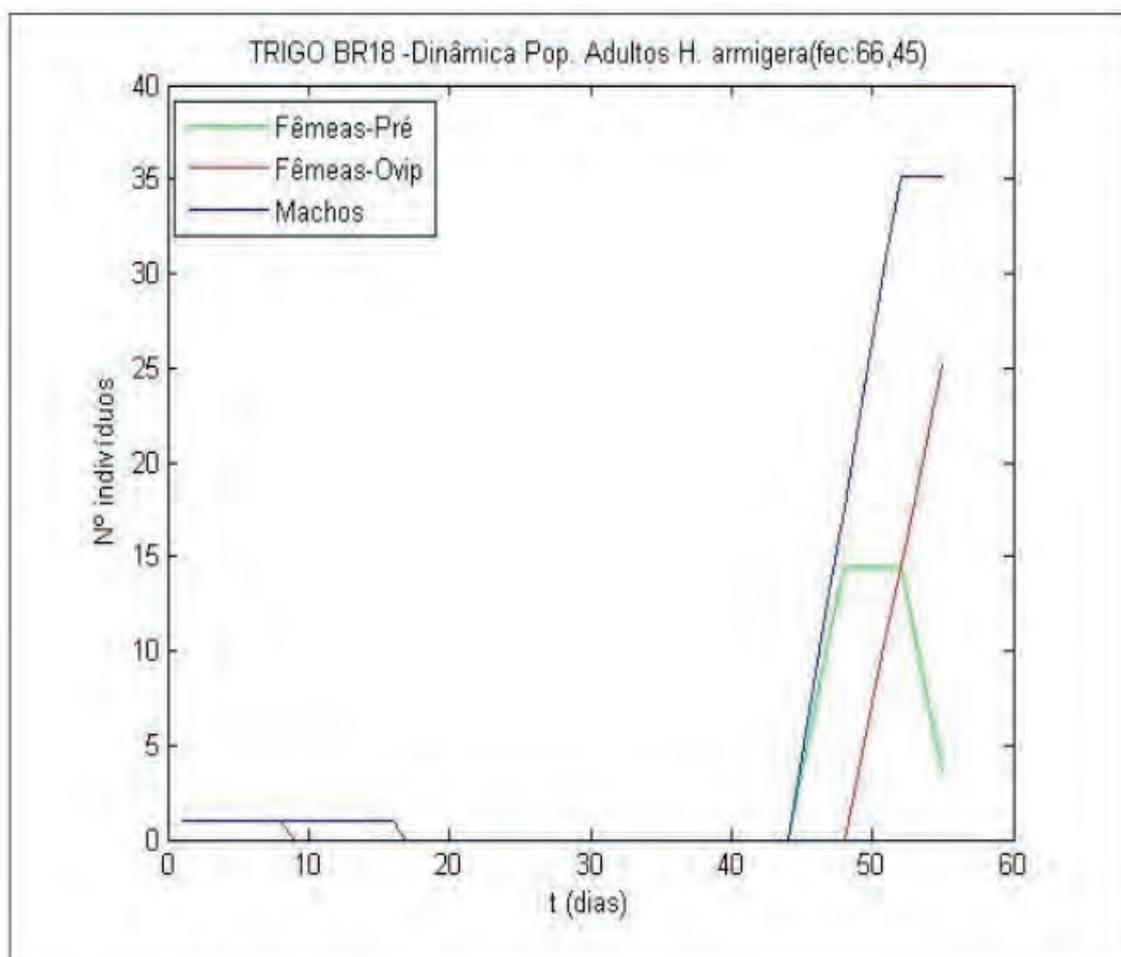


Figura 11. Dinâmica populacional das fases adultas de *Helicoverpa armigera* em trigo cv. BR-18, apresentando os indivíduos vivos no período simulado de 55 dias.

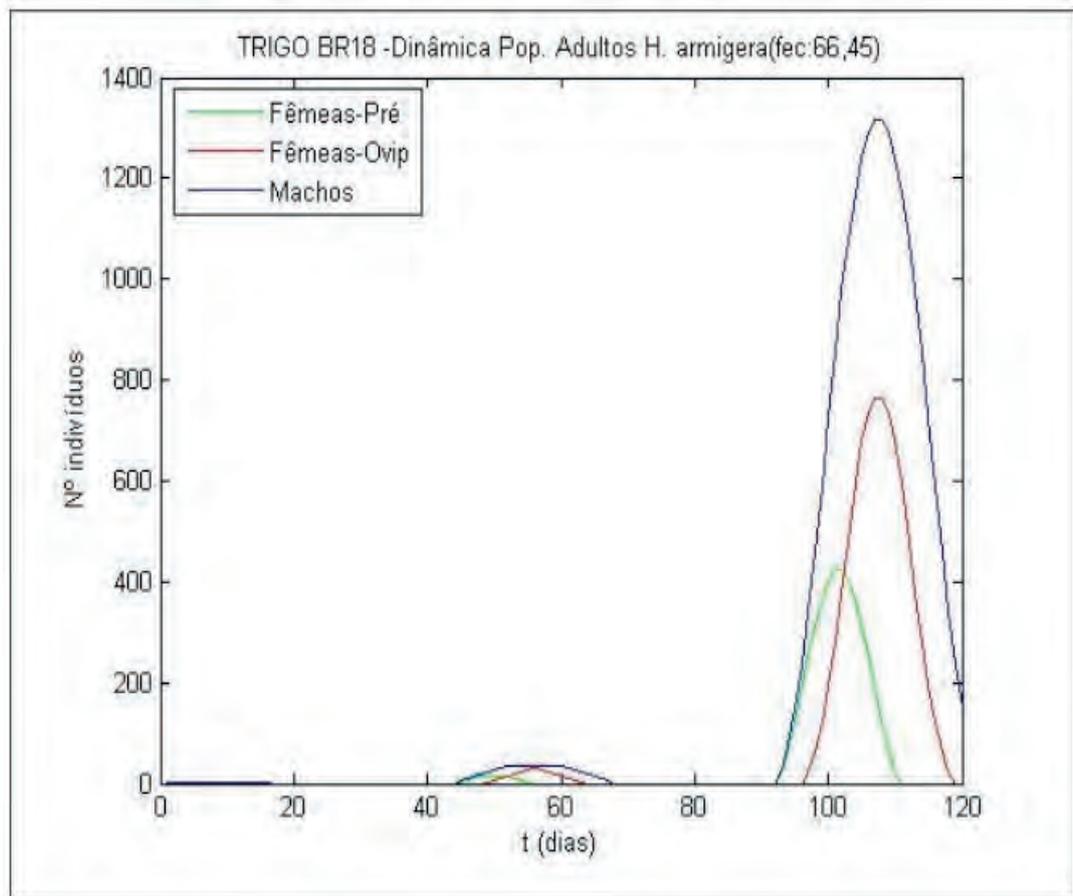


Figura 12. Dinâmica populacional das fases adultas de *Helicoverpa armigera* em trigo cv. BR-18, apresentando os indivíduos vivos no período simulado de 120 dias.

Pelos resultados obtidos nas simulações realizadas, foram determinados os períodos de disponibilidade das fases de desenvolvimento de *H. armigera* em trigo cv. BR-18, assim como seus respectivos períodos de maiores disponibilidades de indivíduos (picos), a partir do dia de início da simulação (DIS), conforme apresentado a seguir:

g) Ovos: ocorrendo do 2º ao 12º DIS (pico de 133 ovos correndo do 5º ao 9º DIS), do 50º ao 67º DIS (com pico de 3.890 ovos em 58º e 59º DIS) e do 98º ao 120º DIS (pico de 126.490 ovos no 110º DIS). Aos 55 DIS estariam em desenvolvimento 2.891 ovos, enquanto que aos 120 DIS, 11.720 ovos.

h) Lagartas: presentes do 6º ao 37º DIS (pico de 207 lagartas correndo do 13º ao 30º DIS), do 54º ao 92º DIS (com pico de 7.760 lagartas do 68º ao 78º DIS) e do 102º ao 120º DIS (pico de 294.730 lagartas em 120º DIS). Aos 55 DIS estariam em desenvolvimento 454 lagartas, enquanto que aos 120 DIS 294.730 lagartas.

i) Pupas: presentes no solo do 31º ao 51º DIS (pico de 131 pupas presentes do 38º ao 44º DIS), do 79º ao 106º DIS (com pico de 4789 pupas no solo nos 92º e 93º DIS). Aos 55 DIS estariam em desenvolvimento 16 pupas no solo, enquanto que aos 120 DIS não haveriam mais pupas no solo.

j) Fêmeas pré-ovipositoras (não ativas): presentes 45° ao 55° DIS (pico de indivíduos do 48° ao 55° DIS), do 93° ao 110° DIS (com pico de 422 fêmeas pré em 101° e 102° DIS). Aos 55 DIS ainda estariam vivas 4 fêmeas pré-ativas, enquanto que aos 120 DIS nenhuma estaria presente.

k) Fêmeas ativas (ovipositoras): as fêmeas da infestação inicial estariam presentes do 1° ao 8° DIS. As fêmeas ativas da 1ª geração seriam observadas a partir do 49° até o 63° DIS (pico de 29 fêmeas no 56° DIS), do 95° ao 118° DIS (com pico de 763 fêmeas ativas nos 107° e 108° DIS). Aos 55 DIS estariam presentes 25 fêmeas ativas, enquanto que aos 120 DIS nenhuma fêmea ativa seria observada;

l) Machos: os machos da infestação inicial estariam presentes do 1° ao 16° DIS. Machos da 1ª geração seriam observados a partir do 45° até o 67° DIS (pico de 35 machos observados no período de 52° ao 60° DIS), do 95° ao 120° DIS (pico de 1318 machos aos 107° e 108° DIS). Ao 55° DIS estariam em presentes 35 machos, enquanto 147 machos ao 120° DIS

O período de disponibilidade de indivíduos de todas as fases de desenvolvimento de *H. armigera* em trigo Terena foi observado por simulação como sendo do 102° ao 105° DIS. Como a variedade é de ciclo médio, de 109 dias, o final do ciclo estaria próximo a esse período de maior disponibilidade de fases do inseto. Considerando também o período da emergência ao espigamento da variedade, de 59 dias em média, observou-se potencial presença de fases imaturas (ovos e lagartas) no espigamento em grandes quantidades, como também a presença de adultos (fêmeas ativas e machos), havendo condições favoráveis ao desenvolvimento do inseto.

A localização das áreas municipais brasileiras plantadas com trigo no ano base de 2018 (**Figura 13**) foi obtida utilizando o mesmo método citado para a obtenção do mapa de algodão, já apresentado anteriormente. Para trigo, observaram-se 13 áreas municipais (Laguna Carapã, Ponta Porã, Itaí, Buri, Itaberá, Itapeva, Itararé, Arapoti, Jaguariaíva, Piraí do Sul, Castro, Tibagi e Ventania) classificadas como de alta e média áreas plantadas com esse cultivo no bioma Cerrado; onde parte significativa dessas áreas com trigo vem estando sob irrigação (pivô central) (FARIAS et al., 2016; CUNHA et al., 2011). Apesar do cultivo não ser hospedeiro principal do inseto, essas áreas municipais, presentes nas microrregiões de Dourados (no Mato Grosso do Sul), Avaré e Itapeva (em São Paulo), e de Jaguariaíva, Ponta Grossa e Telêmaco Borba (no Paraná), devem ter monitoramento intensificados; principalmente as localizadas em áreas de influência de massas de ar, conforme já apontado por Pessoa et al. (2016).

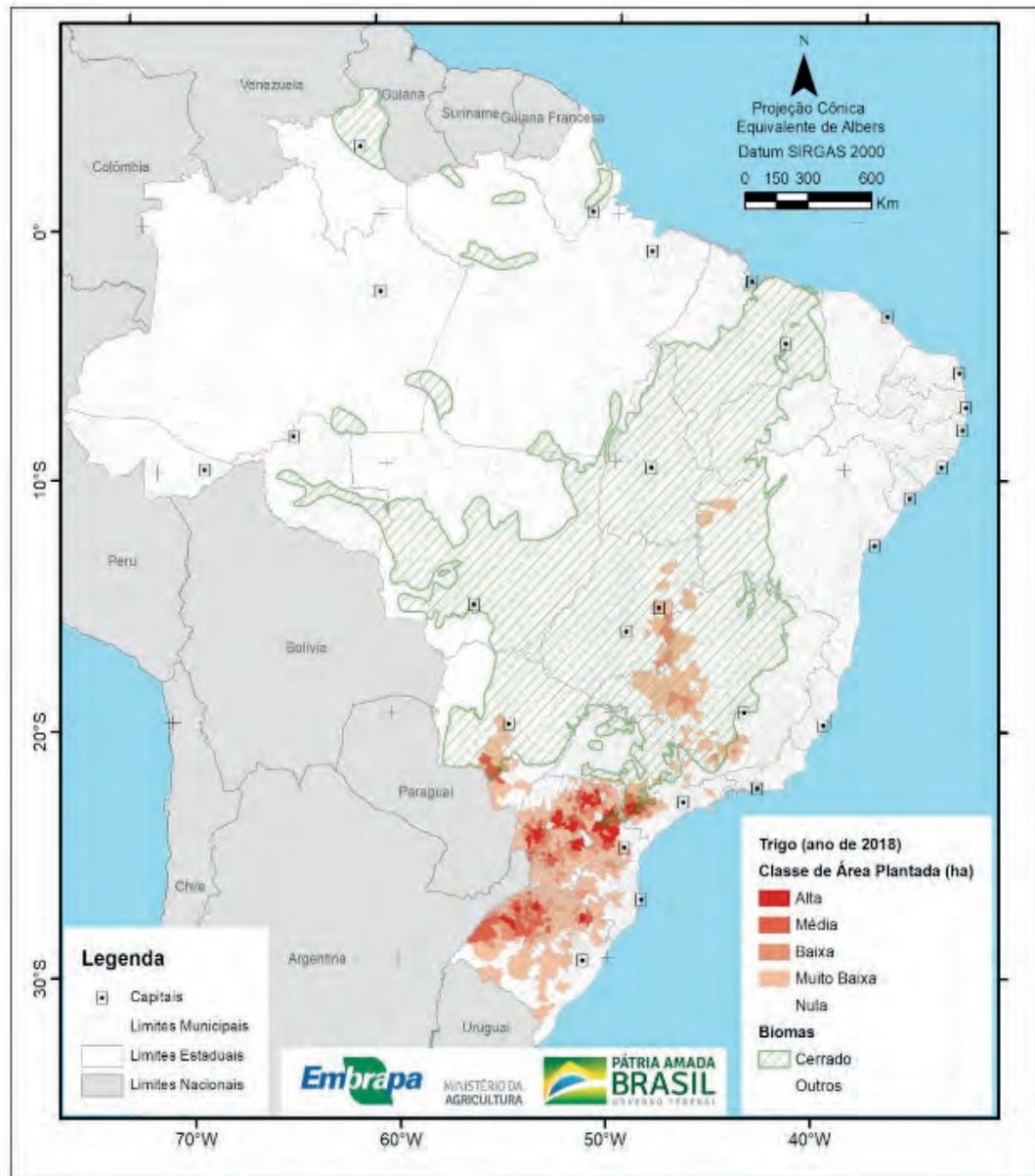


Figura 13. Mapa da distribuição e classificação de tamanhos das áreas plantadas municipais de trigo (ano base 2018), com áreas hachuradas sinalizando o Bioma Cerrado

4 | CONCLUSÕES

Os resultados obtidos pelas simulações destacaram o grande potencial reprodutivo do inseto em condições favoráveis ao seu desenvolvimento e reforçam a importância da realização de monitoramento preventivo em cultivos de algodão e trigo. Na fase de aparecimento dos primeiros botões florais na planta de algodão estariam disponíveis todas as fases de desenvolvimento do inseto em quantidades expressivas de lagartas, com grande potencial de dano a essas estruturas. Em trigo, observou-se disponibilidade de fases imaturas (ovos e lagartas) em grandes quantidades no espigamento, como também de adultos (fêmeas ativas e machos).

As áreas plantadas municipais de algodão e trigo encontradas em classes de áreas alta e média e localizadas no bioma Cerrado devem ter monitoramento intensificado, para que as ações de controle propostas pelo Manejo Integrado de

Pragas de *H. armigera* tenham como ser efetivas na contenção da população do inseto. Considerando essas áreas com cultivo de algodão, duas áreas municipais classificadas como de alta intensidade e cinco como de média foram priorizadas, e se localizam nas microrregiões dos Parecis (Mato Grosso), Primavera do Leste (Mato Grosso) e Barreiras (Bahia). Considerando trigo, 13 áreas plantadas municipais foram priorizadas, sendo cinco como de alta intensidade e oito de média, localizadas nas microrregiões de Dourados (no Mato Grosso do Sul), Avaré e Itapeva (em São Paulo) e Jaguariaíva, Ponta Grossa e Telêmaco Borba (no Paraná).

REFERÊNCIAS

AUSTRALIAN GOVERNMENT. GRAINS RESEARCH AND DEVELOPMENT CORPORATION (GRDC). **Helicoverpa high in winter cereals**. Online. 31. Out. 2016. Disponível em: <https://grdc.com.au/news-and-media/news-and-media-releases/north/2016/10/helicoverpa-high-in-winter-cereals> Acessado em: 01. Out. 2019.

ÁVILA, C. J.; VIVAN, L. M.; TOMQUELSKI, G.V. **Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícolas**. Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. 12p. (Circular Técnica, 23). Disponível em: [http://www.cnpso.embrapa.br/caravana/pdfs/FINAL_Circular_Tecnica_23_CPAO\(1\).pdf](http://www.cnpso.embrapa.br/caravana/pdfs/FINAL_Circular_Tecnica_23_CPAO(1).pdf) Acessado em: 28 set. 2019.

CABI-ISC. Datasheets -*Helicoverpa armigera* (cotton bollworm). Disponível em: <http://www.cabi.org/isc/?compid=5&dsid=26757&loadmodule=datasheet&page=481&site=144>. Acessado em: 08 abr. 2013.

CUNHA, G. R. DA; PASINATO, A.; PIMENTEL, M. B. M.; HAAS, J. C.; MALUF, J. R. T.; PIRES, J. L. F.; DALMAGO, G. A.; SANTI, A. Regiões para trigo no Brasil: ensaios de VCU, zoneamento agrícola e época de semeadura. In.: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. da (ed.) **Trigo no Brasil: bases para a produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. Capítulo 2, p.27-40.

CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K.C.; VIVAN, L.M.; GUIMARÃES, H.O.; CARVALHAIS, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepdoptera: Noctuidae) no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, n.1, p.110-113, 2013.

EMBRAPA ALGODÃO. Cultivar BRS 293 – maiores produtividades em condições de altitude. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão/Fundação Goiás/FIALGO. 2009. 2p. (Folder). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/160272/1/Folder-BRS-293-final.pdf>

EMBRAPA TRIGO. **Informações simplificadas sobre a cultivar de trigo-** Trigo BR 18 Terena. Documentos online, Passo Fundo, RS, Dezembro, 2002. (Documentos, 16). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_do16_4.htm Acessado em: 30 set. 2019.

FARIAS, A. R.; MINGOTTI, R.; HOLLER, W. A.; S´PADOTTO, C. A.; LOVISI FILHO, E.; DE MORI, C.; CUNHA, G. R. da; DOSSA, A. A.; FERNANDES, J. M. C.; SÓ E SILVA, M. **Potencial de produção de trigo no Brasil a partir de diferentes cenários de expansão da área de cultivo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo; Campinas: Embrapa Territorial, 2016. 40p. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento online, 85, Embrapa Territorial. Boletim de Pesquisa, 5). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/153343/1/ID43871-2016BPD85.pdf>

GOMES, E.S; SANTOS, V. ÁVILA, C.J. Biology and fertility life table of *Helicoverpa armigera* (Lepdoptera; Noctuidae) in different host. **Entomological science**, n20,2017. p419-426.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. SIDRA. Produção Agrícola Municipal. Ano base 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas> Acesso online 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biomassas do Brasil**, 2004.

LIMA, A. P. da S.; TAMAI, M. A.; MARTINS, M. C.; SILVA, M. S.; LEDO, I. C.; SANTOS, A. P. S.; GONÇALVES, I. R.; PEREIRA, J. M. Influência do instar larval de *Helicoverpa armigera* (Lep.: Noctuidae) no controle pelas formulações GEMSTAR® e HZ-NPV CCAB®. 2015. 1p. (trabalho 323-2). In: 10, Congresso Brasileiro do Algodão, Foz do Iguaçu, PR: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA), 1 a 4 de setembro de 2015. **Livro de resumos...** 2015. Disponível em: http://congressodoalgodao.com.br/2015/livro-de-resumos2015/lista_area_03.htm Acessado em: abr. 2018.

LUCHINI, G. A.; MARINHO-PRADO, J. S.; PESSOA, M. C. P. Y. Simulação do desenvolvimento de *Helicoverpa armigera* em soja, milho e dieta artificial. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 12., 2018, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo, 2018. Nº 18404. p. 1-14. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/191128/1/2018AA35.pdf>

MINGOTI, R.; PESSOA, M. C.P.Y.; MARINHO-PRADO, J. S.; SÁ, L. A. N. de; VALLE, L. B. do; FARIAS, A. R. Municípios do bioma Cerrado prioritários para monitoramento de *Helicoverpa armigera* considerando áreas plantadas com hospedeiros. 2019. In: XLVIII, Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola (CONBEA), Campinas, SP: SBEA, 17 a 19 de setembro de 2019. **Anais...** Resumo Expandido, 2019. 5p.

PEREIRA, P. R. V. da S. **Helicoverpa armigera em trigo**. Caravana Embrapa – Conhecimento a caminho, Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2013. 5p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/145865/1/ID43722-2013FD0396.pdf>

PESSOA, M. C. P. Y.; MARINHO-PRADO, J. S.; SÁ, L. A. N. de; MINGOTI, R.; HOLLER, W. A.; SPADOTTO, C. A. Priorização de regiões do cerrado brasileiro para o monitoramento de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 5, p. 697-701, 2016a. (Notas Científicas) Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2016000500697

PESSOA, M. C. P. Y.; SA, L. A. N. de; FUJINAWA, M. F. **Modelagem e simulação como ferramentas para o estudo de agentes de controle biológico de pragas**. In: HALFELD-VIEIRA, B. A.; MARINHO-PRADO, J. S.; NECHET, K. de L.; MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. (Ed.). **Defensivos agrícolas naturais: uso e perspectivas**. Brasília, DF: Embrapa, 2016b. p. 744-801.

PESSOA, M. C. P. Y.; SÁ, L. A. N. de; MINGOTI, R.; HOLLER, W. A.; MARINHO-PRADO, J. S.; SPADOTTO, C. A. **Avaliação da potencial migração de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) por massas de ar para áreas produtoras de cultivos hospedeiros do Estado de São Paulo**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2016c. 33 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 66).

PESSOA, M. C. P. Y.; MARINHO-PRADO, J. S.; SA, L. A. N. de. **Avaliação do potencial desenvolvimento de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) em cultivo de soja na região de Barretos - norte do estado de São Paulo**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2014. 27 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 63). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120685/1/2014BP01.pdf>

PESSOA, M. C. P. Y.; MARINHO-PRADO, J. S.; SÁ, L. A. N. de. **Desenvolvimento de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) em tomateiro no sudoeste de São Paulo: avaliação por exigências térmicas**. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 13., 2013, Bonito. **Faça bonito: use controle biológico: anais**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 1 CD-ROM. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/98595/1/2013RA003.pdf>

PESSOA, M. C. P. Y.; FERNANDES, E. N.; QUEIROZ, S. C. N. de; FERRACINI, V. L.; GOMES, M. A. F.; SOUZA, M. D. de **Mathematical-Modelling Simulation Applied to Help in the Decision-**

Making Process on Environmental Impact Assessment of Agriculture. In: PRADO, H. A. do; LUIZ, A. J. B.; CHAIB FILHO, H. (eds) Computational Methods for Agricultural Research: Advances and Applications. Hershey - New York: Information Science Reference, 2011, p. 199-233 (Chapter 11).

PESSOA, M. C. P. Y.; LUCHIARI JUNIOR, A.; FERNANDES, E. N.; LIMA, M. A. de. **Principais modelos matemáticos e simuladores utilizados para análise de impactos ambientais das atividades agrícolas.** Jaguariúna: EMBRAPA-CNPMA, 1997. 83p. (EMBRAPA-CNPMA. Documentos, 8).

SCHNEIDER, A.; DUTRA, C. Agrônomo: A lagarta *Helicoverpa armigera*. **Informativo de desenvolvimento tecnológico.** Technology development by Monsanto. Ano 2, n.9. dez. 2013. Disponível em: http://www.roundupreadyplus.com.br/2018/wp-content/themes/rrplus/assets/boletins/artigo_01.pdf

SLOCUM, T. A.; MCMASTER, R. B.; KESSLER, F. C.; HOWARD, H. H. **Thematic cartography and geovisualization.** 3ed. New Jersey: Prentice Hall, 2008. 576p

SOUSA, P. G. novas cultivares BR 18 – Terena: cultivar de trigo para o Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.7, 2002.

SPECHT, A.; SOSA-GOMEZ, D.R.; PAULA-MORAES, S.V.; YANO, S. A.C. Identificação morfológica e molecular de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e ampliação de seu registro de ocorrência no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, n.6, p.689-692, 2013

SUZANA, C. S.; DAMIANI, R.; FORTUNA, L. S.; SALCADORI, J. R. Desempenho de larvas de *Helicoverpa armigera* (Hübner)(Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes fontes alimentares, **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 4, p. 480-485, 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-40632015000400480&script=sci_abstract&tlng=pt Acessado em: 26 jun.2019.

TEIXEIRA, W. P.; LUCHINI, G. A.; SOUZA, G. M.; MARINHO-PRADO, J. S.; PESSOA, M. C. P. Y. Simulação da dinâmica populacional de *Helicoverpa armigera* com base em dados de feijão cultivar pérola em sala de criação laboratorial. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11., 2017, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo, 2017. Nº 17422. 12 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/176500/1/2017-AA-Conceicao-Simulacao-15923-.pdf>

SALEEM, M.; YUNUS, M. Host plants, and nature and extend damage of *Helicoverpa armigera* (Hubner). Pakistan **Journal of Agricultural Research**, v.3, n.1, p.54-58, 1982.

THOMAZONI D., SORIA M.F., PEREIRA E.J.G., DEGRANDE P.E. ***Helicoverpa armigera*: perigo iminente aos cultivos de algodão, soja e milho do Estado de Mato Grosso.** Circular Técnica ImaMT, n.5, 2013. Disponível em: <https://docplayer.com.br/4250595-Circular-tecnica-helicoverpa-armigera-perigo-iminente-aos-cultivos-de-algodao-soja-e-milho-do-estado-de-mato-grosso.html>