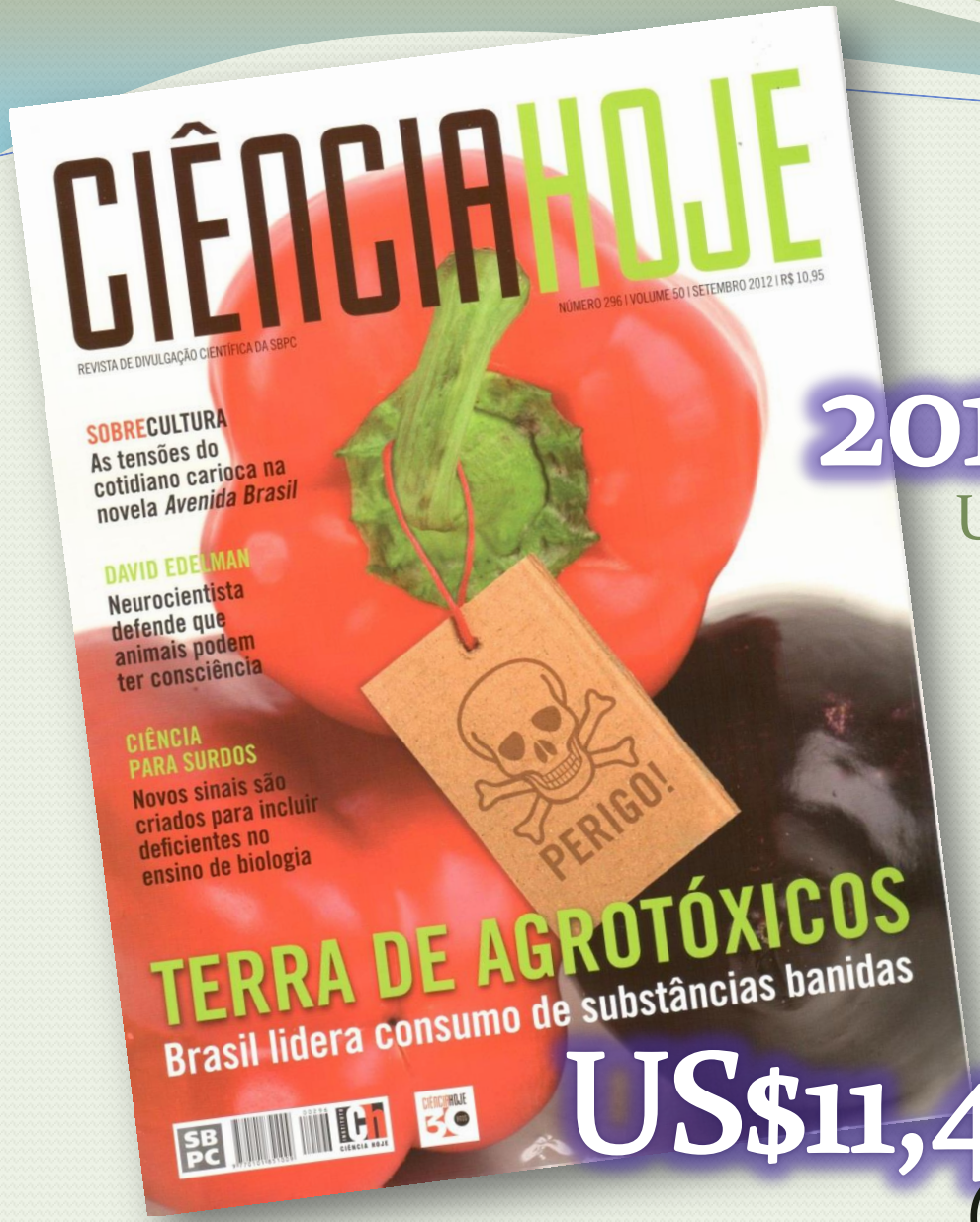
Controle Biológico no Brasil

o exemplo da cana-de-açúcar

José Roberto P. Parra

Depto. Entomologia e Acarologia, ESALQ/USP



2012

US$9,7 bilhões/ano

US$11,4 bilhões/ano

(agroquímicos) 2013

US$4,6 bilhões - inseticidas

Tradição de agroquímicos

O início da Entomologia Econômica no Brasil foi alicerçada nos agroquímicos.

Nos últimos 12 anos, a utilização de agroquímicos aumentou **162%** em relação ao crescimento de 90% no mundo.

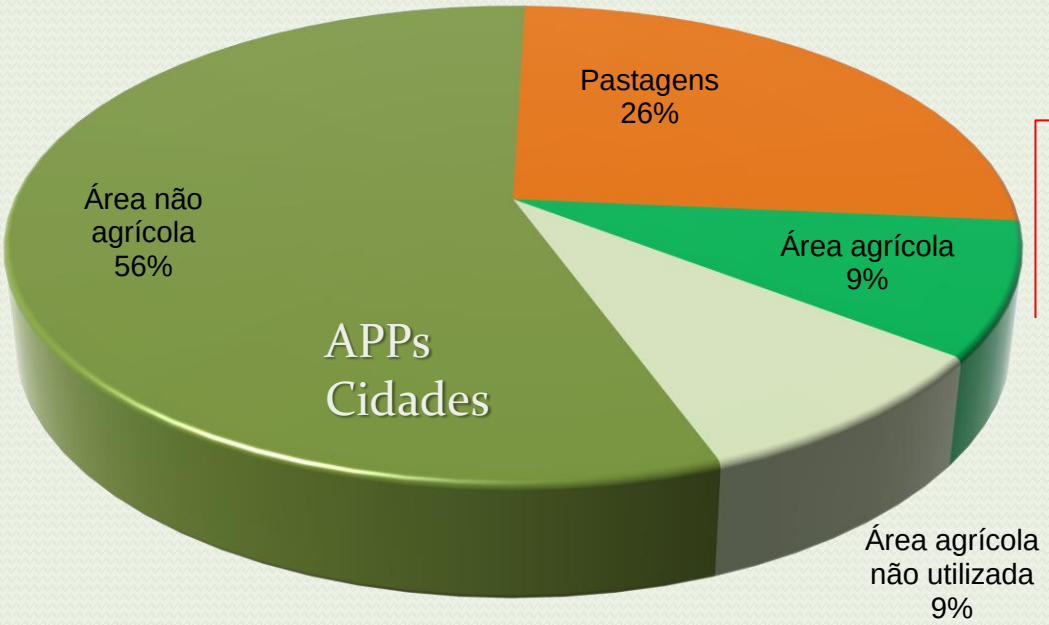
O Brasil é líder na Agricultura Tropical, com uma tecnologia própria

Extensão territorial do Brasil

76 milhões ha

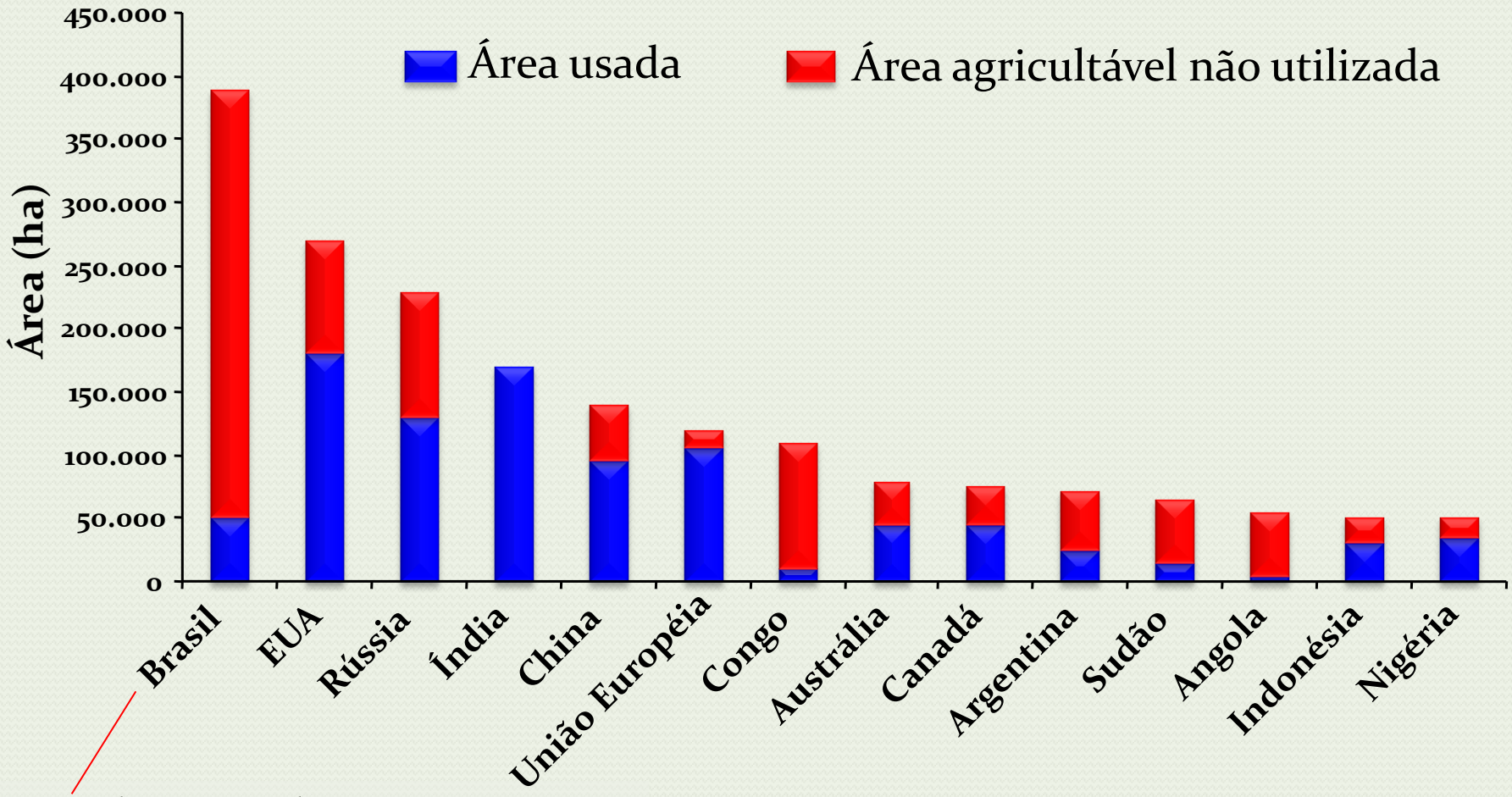
22%

da área agrícola



851 milhões ha

Brasil: celeiro de alimentos no mundo



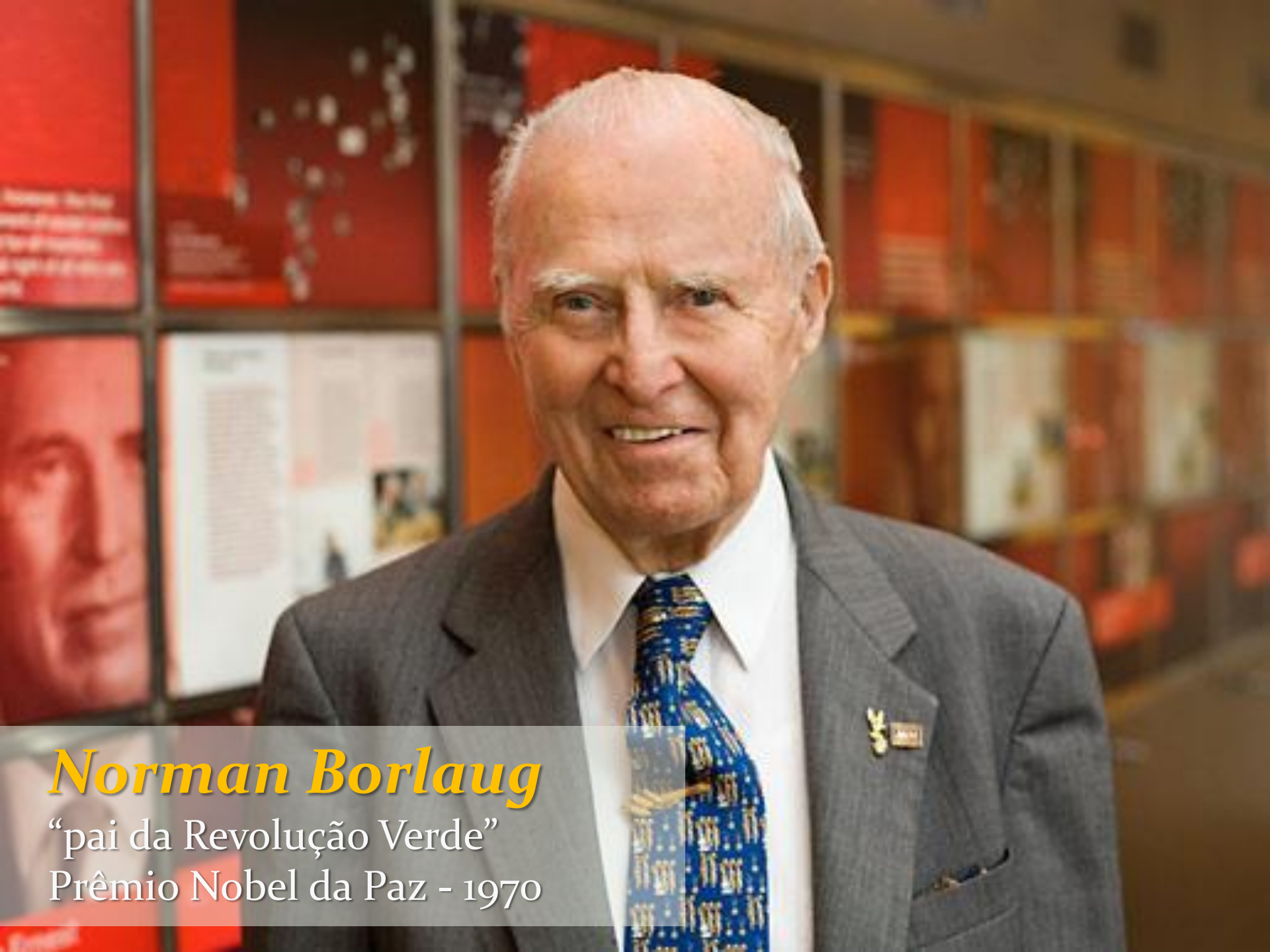
Produção de grãos 2014/2015

209 milhões de toneladas

Neves et al. (2005)

Brasil: área plantada e produção de grãos

Brasil: participação do PIB do Agronegócio



Norman Borlaug

"pai da Revolução Verde"

Prêmio Nobel da Paz - 1970

Por outro lado, a agricultura brasileira é “perversa” para a utilização de Controle Biológico

Biodiversidade no Brasil

pouco conhecida

Temos características edáficas e climáticas favoráveis. As pragas têm gerações sucessivas e dão uma perda de

US$12bi anuais

pouco explorada e utilizada

Oliveira et al. (2012)

Controle Biológico Tropical

Dadas às características da nossa Agricultura, com extensas áreas, temos que pensar num Modelo próprio para regiões tropicais.

É esse o nosso desafio atual!

Por que o Controle Químico atualmente é questionado?

Além dos problemas tradicionalmente conhecidos:

- Resistência aos inseticidas;
- Aparecimento de pragas secundárias e ressurgência de pragas;
- Desequilíbrios biológicos;
- Problemas ambientais no solo, na água, ao homem;
- Resíduos nos alimentos.

Por que o Controle Químico atualmente é questionado?

- Custos na síntese de novas moléculas;
- Desconhecimento químico para novas sínteses;
- Restrição da utilização de moléculas no Brasil, muitas delas já retiradas do mercado internacional;
- Pressão da Sociedade;
- Exigências dos mercados internacionais com relação à resíduos;
- A expectativa com relação aos transgênicos não foi totalmente atingida.

Custo do desenvolvimento de produtos

químicos

U$250 mi

transgênicos

U$125 mi

biológicos

U$2-10 mi

2013

mercado de biológicos

U$1.5bi (aumento de 15% ao ano)

X

mercado de químicos

U$54bi

Helicoverpa armigera

Mais uma praga introduzida e que causa perdas de

2 bilhões de dólares

nos Trópicos semiáridos da Europa

Ávila et al. (2013)

controle

U$500 milhões/ano

Introduzida no Brasil recentemente

Czepak et al. (2013)

Helicoverpa armigera

Marco no Controle Biológico do Brasil, pois pela dificuldade de controle (feito só com produtos biológicos), quase que “exigiu” a mudança de cultura do nosso Agricultor.

Chrysodeixis includens

Nos últimos anos, suplantou em importância a própria *Helicoverpa armigera*

Complexo *Spodoptera*

Ocorrendo em diversas culturas, em diferentes estágios de desenvolvimento

Controle Biológico no Brasil

parasitoides

3,3 milhões de hectares

Controle Biológico no Brasil

patógenos

Disponibilidade de agentes de Controle Biológico

Segundo van Lenteren (2012), **230** (250) produtos biológicos estão disponíveis no mundo.

Desses inimigos naturais, 95,2% são Arthropoda, 10 espécies Nematoda e 1 Mollusca.

Dentre os artrópodes, 52,2% (120 espécies) são Hymenoptera, 13,1% (30 espécies) são Acari, 12,2% (28 espécies) são Coleoptera e 8,3% (19 espécies) são Heteroptera.

van Lenteren (2012)

Parasitoides disponíveis no Brasil

Cotesia flavipes

Diatraea saccharalis

Bracon hebetor

Ephestia spp.

Trichogramma galloi

Diatraea saccharalis

Anticarsia gemmatalis, *Helicoverpa armigera*, *Chrysodeixis includens* etc.

Trichogramma pretiosum

Predadores disponíveis no Brasil

Neoseiulus californicus

Panonychus ulmi, Tetranychus urticae, Polyphagotarsonemus latus

Neoseiulus barkeri

Polyphagotarsonemus latus, tripes

Phytoseiulus macropilis

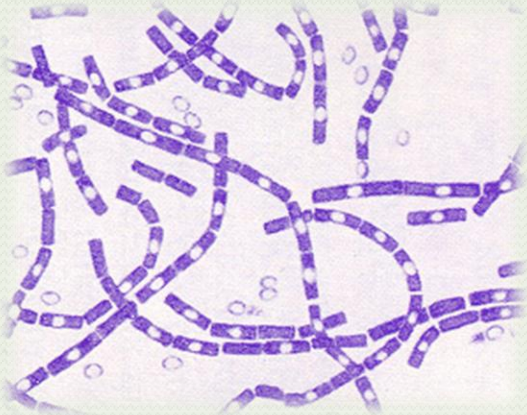
Tetranychus urticae

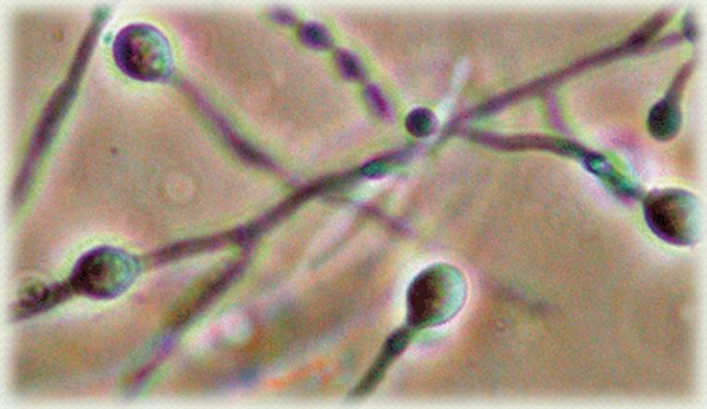
Bradysia spp., Collembola, ácaros de solo, tripes (pupa)

Stratiolaelaps scimitus

Microrganismos

Deverão ser produzidos e distribuídos por multinacionais que têm adquirido pequenas empresas e possuem recursos para sua produção e controle de qualidade. Têm a vantagem do “tempo de prateleira”.





Macrorganismos

Deverão ser produzidos e distribuídos por pequenas empresas, que no Brasil têm ainda sistemas de produção não mecanizados, com grande número de técnicos para a produção, o que, muitas vezes, onera a produção e reduz a margem de lucros.

Controle Biológico

procedimentos básicos

INTRODUÇÃO

Controle Biológico Clássico

CONSERVAÇÃO

Controle Biológico Natural (Conservativo)

MULTIPLICAÇÃO

Controle Biológico Aplicado (Aumentativo)

Desafios da utilização do Controle Biológico

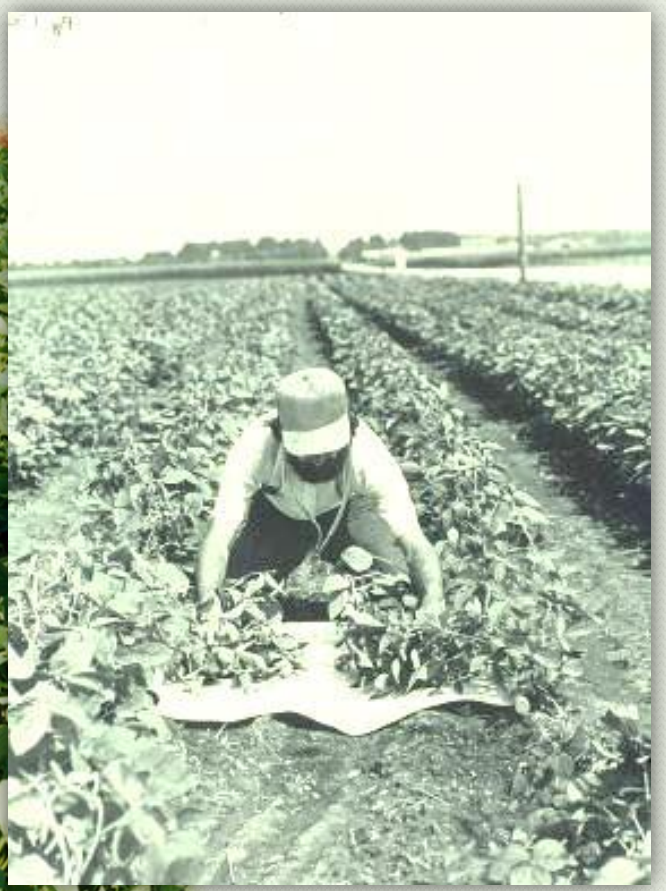
Plenamente viável em pequenas áreas, agricultura orgânica, casas de vegetação, pois é possível **amostragens** com sistemas convencionais (Ex.: pano de batida em soja, feromônios), desde que se leve em conta que deve existir **disponibilidade de insumos biológicos de qualidade** e **uma adequada logística de armazenamento e transporte**.

Desafios da utilização do Controle Biológico em grandes áreas

1. "Cultura" do agricultor
2. Amostragem (feromônios, sensoriamento remoto)
3. Transferência de tecnologia
4. Disponibilidade do insumo biológico
5. Qualidade do inimigo natural produzido
6. Logística de armazenamento e transporte
7. Legislação própria
8. Seletividade
9. Tecnologia de liberação (predação) (terrestre ou aérea)
10. Agricultura dinâmica
11. Áreas com plantas transgênicas

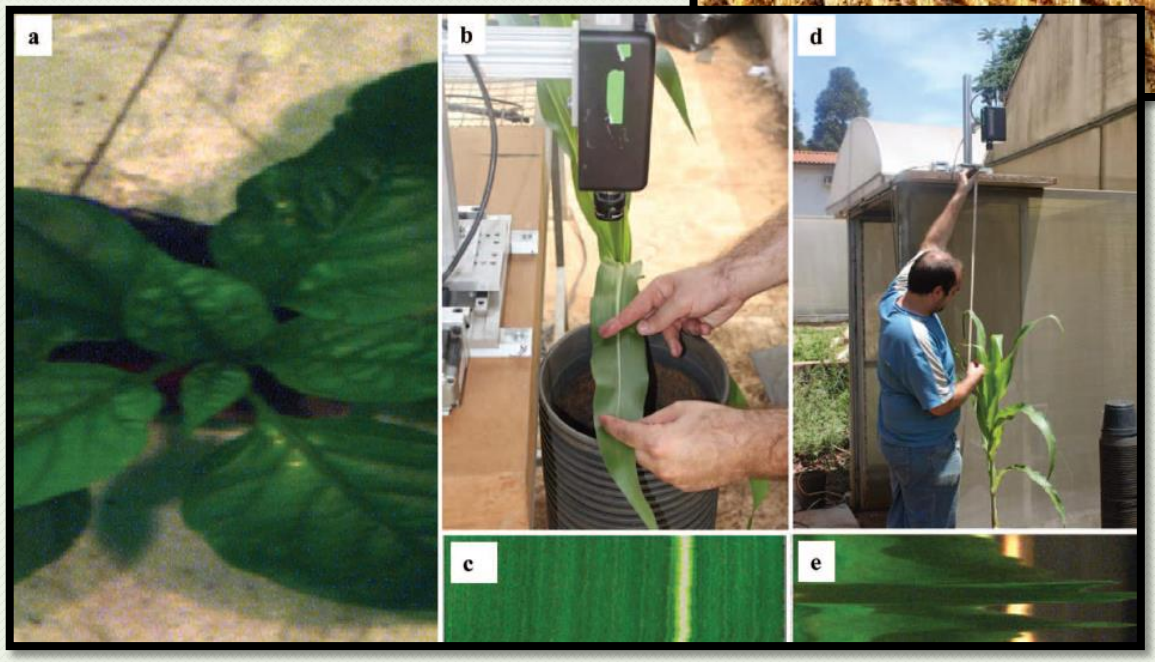
comercialização

Amostragem em soja



Amostragem com feromônio

Amostragem com sensoriamento remoto



Hiperespectrômetro digital

Nansen et al. (2013; 2014)
Applied Spectroscopy, 67:11, 2013
The Journal of Experimental Biology, 217, 2014

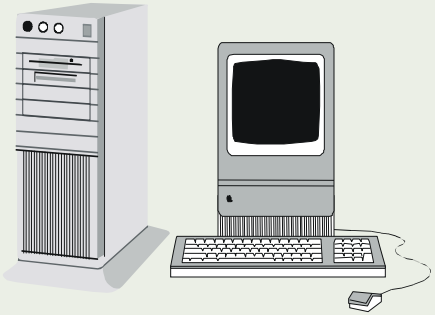
SISTEMA DE AVISO PARA O BICHO-FURÃO

Estações Termopluviométricas

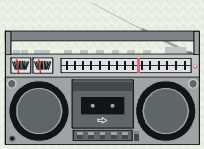
Acompanhamento por Técnicos

Dados

Via Internet



Revista Fundecitrus



Rádio

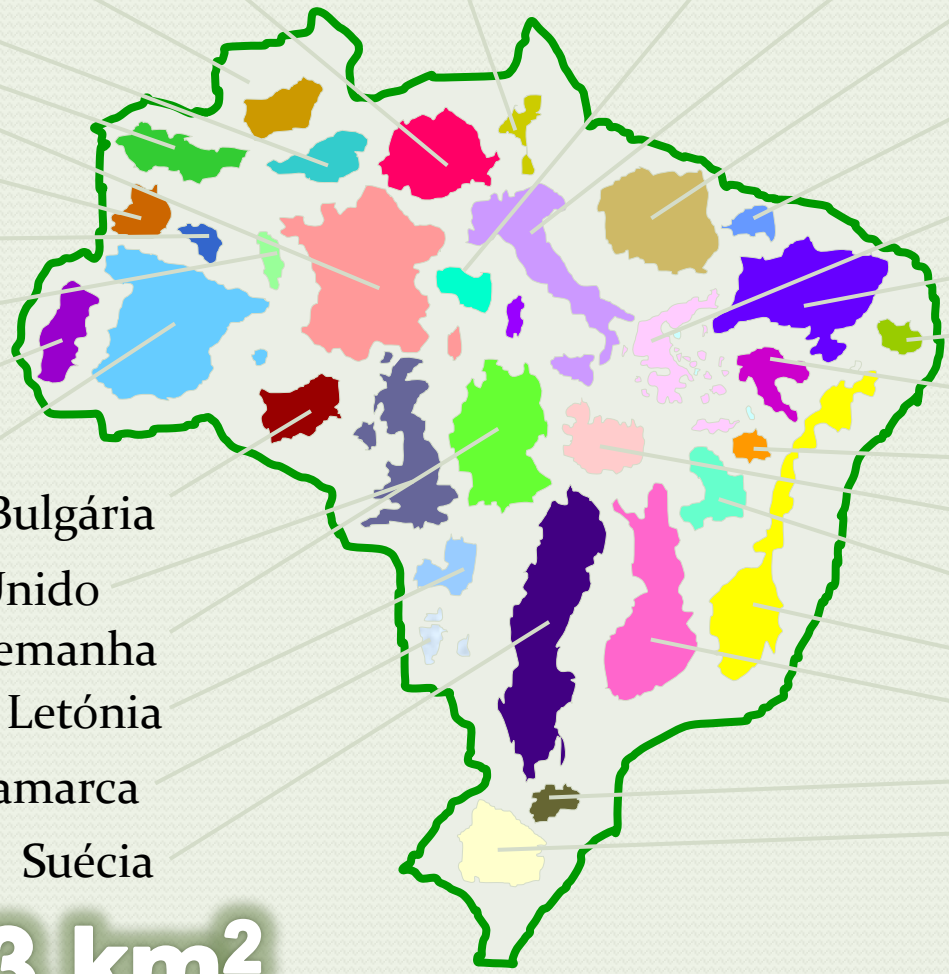
TV

Jornal

Internet e celular

Telefone 0800

Logística de armazenamento e transporte



8.547.403 km²

Fonte: J.L.Coelho, John Deere, 2001

Técnicas de liberação

predadores

Técnicas de liberação

Técnicas de liberação

Técnicas de liberação

Técnicas de liberação

Técnicas de liberação

no campo

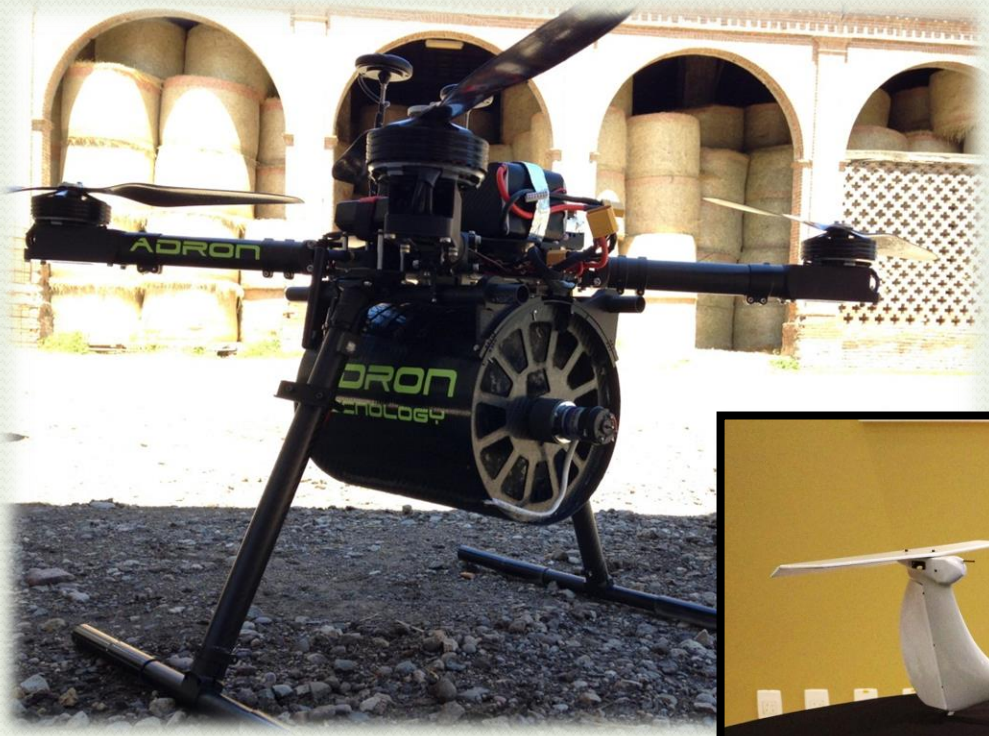
Cartela de *Trichogramma*

Copo com *Cotesia*

Cápsula com *Trichogramma*

Técnicas de liberação

Técnicas de liberação



Técnicas de liberação

Agricultura dinâmica

- Ocupação de pastagens e áreas de Cerrado
- Áreas irrigadas
- Sucessão e rotação de culturas
- Plantio direto
- Novas variedades
- Pragas introduzidas (*Helicoverpa armigera*)
- Utilização maciça de inseticidas
- Áreas com plantas transgênicas (42 milhões ha)

Criação *in vitro*

T. pretiosum
T. galloi

Cônsoli e Parra (1996)

T. atopovirilia

Dias, Parra e Cônsoli (2010)

É preciso reequilibrar o sistema

- Vazio sanitário;
- Calendário de plantio;
- Preservação de inimigos naturais (seletividade);
- Rotação de princípios ativos;
- Refúgio de 20% de plantas não transgênicas;

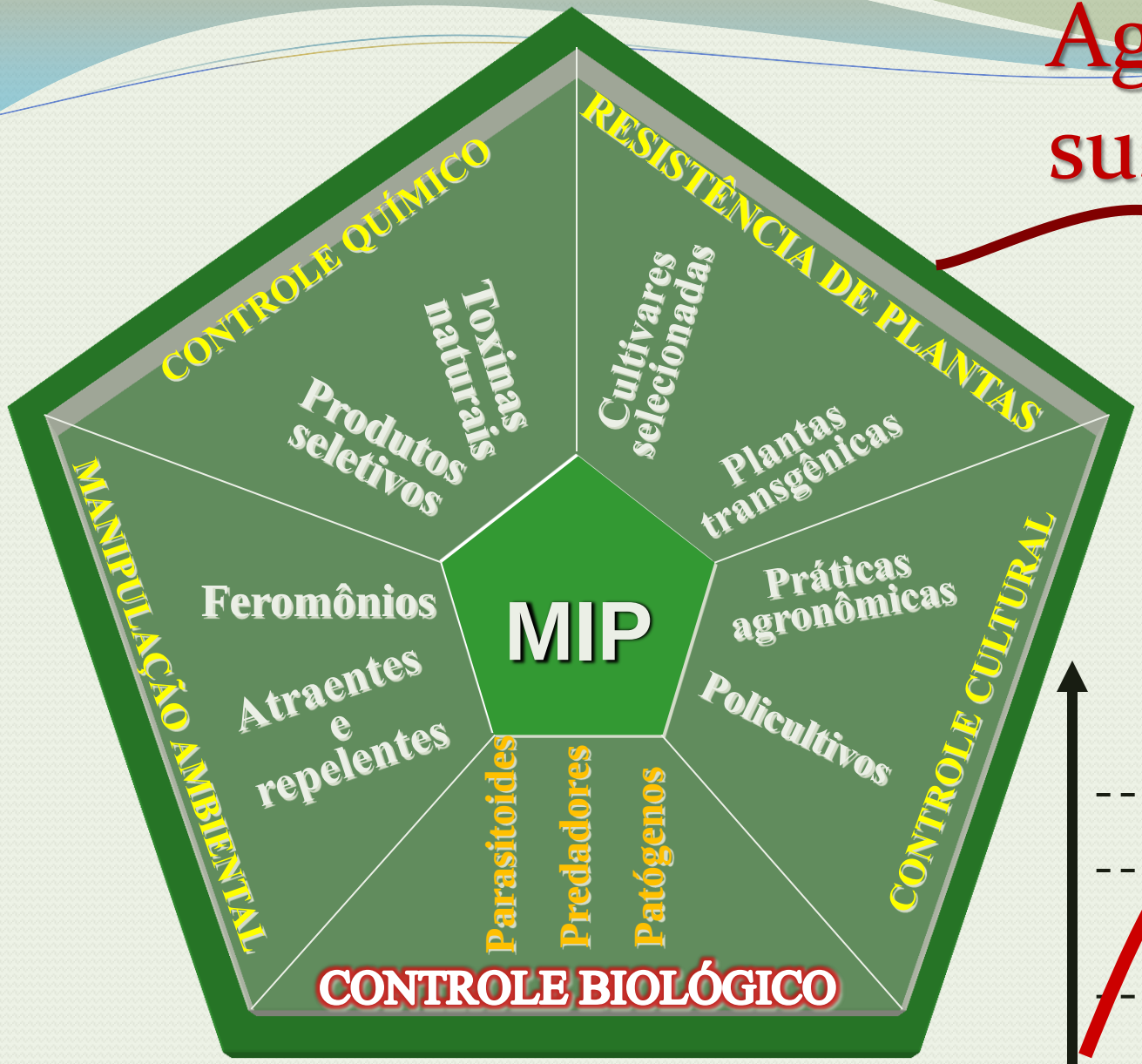
Degrande e Omoto (2013)

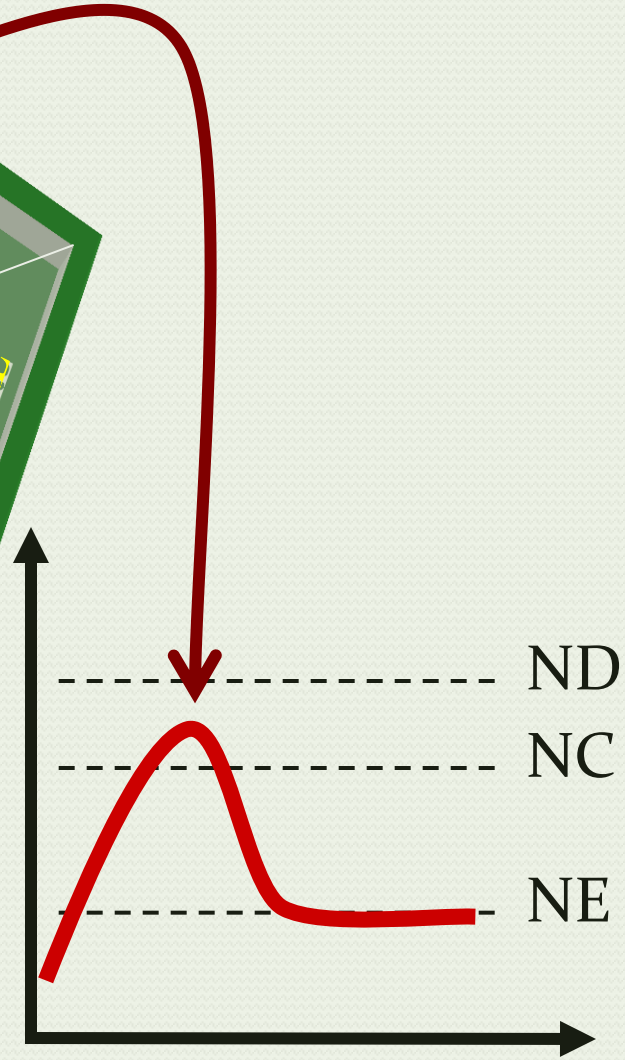
É preciso reequilibrar o sistema

- Incentivar controle biológico com *Trichogramma pretiosum* e/ou vírus contra *H. armigera*;
- Incentivar empresas a produzirem inimigos naturais;
- Controle cultural (época de plantio, eliminação de plantas invasoras, destruição de pupas, destruição de soqueiras etc.);
- Treinamento de amostragens e assessoramento.

Degrande e Omoto (2013)

Agricultura sustentável





Leppla e Williams (1992)

O exemplo da cana-de-açúcar

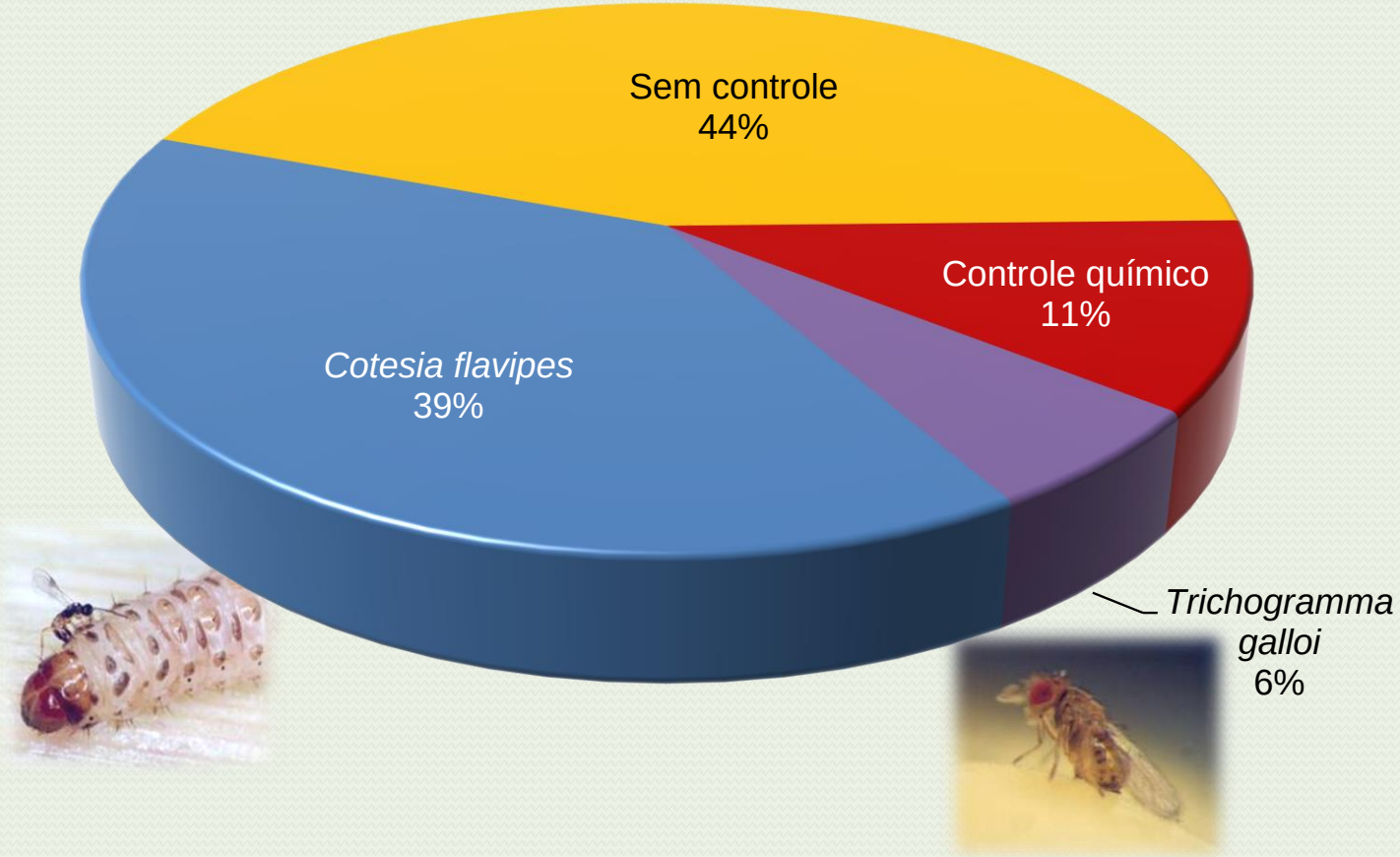
Cana-de-açúcar

É diferente, pois desde 1960-1970, o Controle Biológico é aceito pelo agricultor.

Controle Biológico no Brasil

cana-de-açúcar

9 milhões de ha



Metade da área plantada tratada com produtos biológicos (~ 9 milhões de hectares)

3,3 mi

2,0 mi

0,5 mi

um dos maiores programas de

controle biológico

do mundo

Fatores que podem afetar a entomofauna da cana-de-açúcar

- Forma de colheita
- Problemas quarentenários
- Desequilíbrios biológicos
- Sistemas de cultivo
- Características edáficas

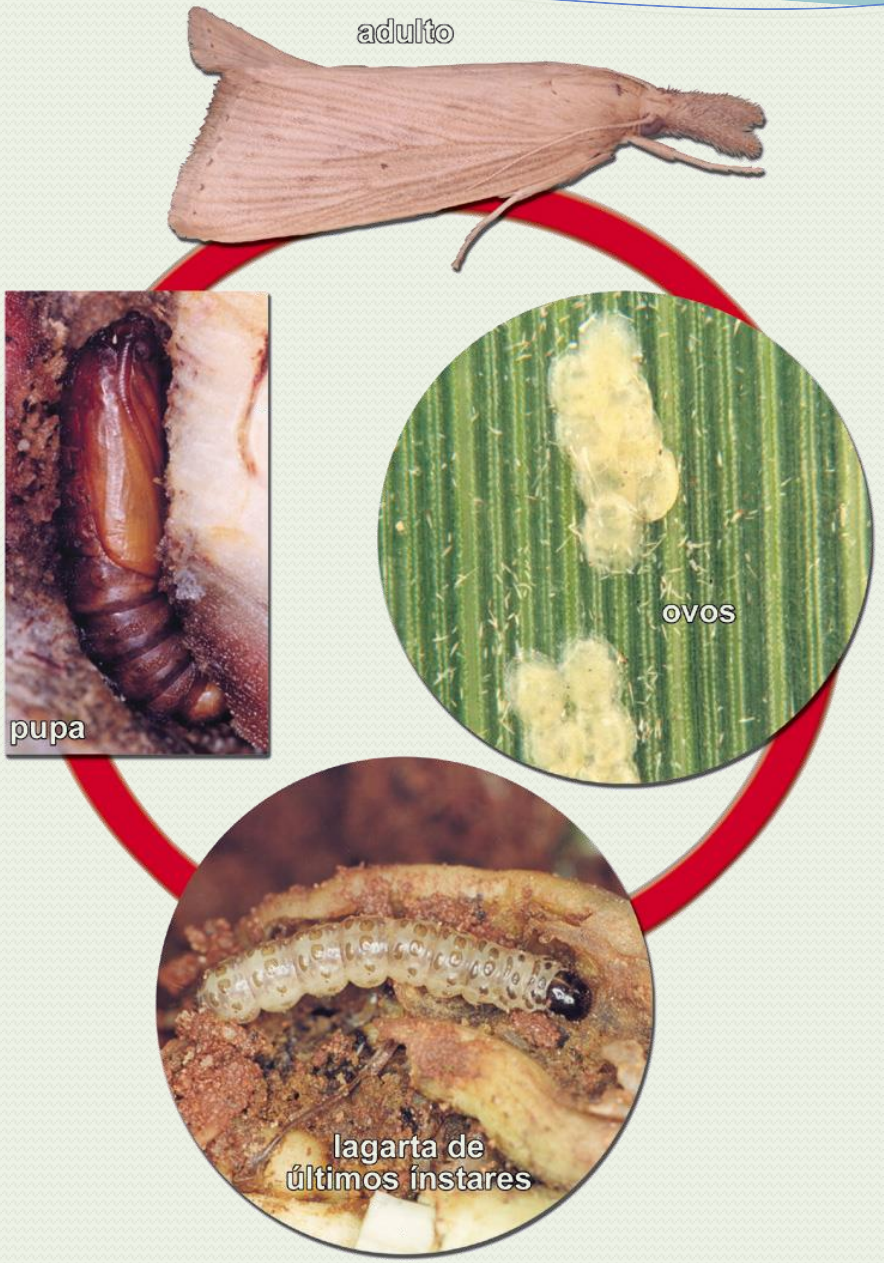
Parra et al. (2010)
(Capítulo 11)

Principais pragas da cana-de-açúcar

BROCA-DA-CANA-DE-AÇÚCAR

Diatraea saccharalis

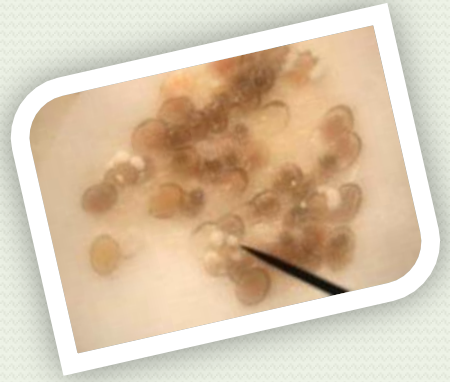
CICLO BIOLÓGICO DE *D. saccharalis*



Opções biológicas

Cotesia flavipes

Trichogramma galloi

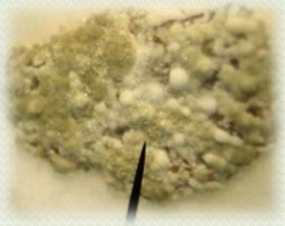


Beauveria bassiana

Billaea claripalpis

Lydella minense

Metarhizium anisopliae



Bacillus thuringiensis

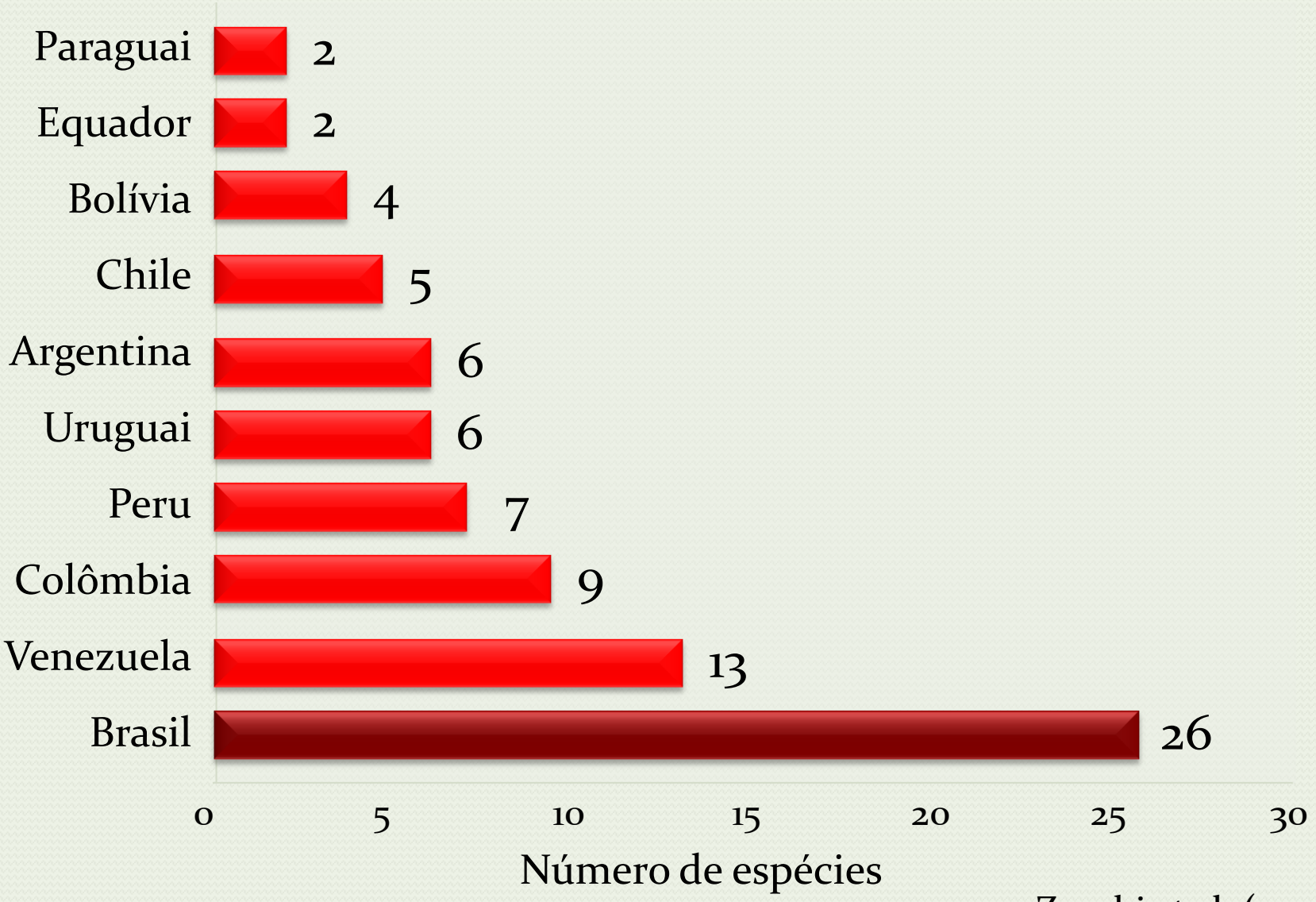
Tetrastichus howardi

OVO

fator chave do crescimento populacional

Botelho (1985)

NÚMERO DE ESPÉCIES DE *Trichogramma* na América do Sul



Zucchi et al. (2010)

ESPÉCIES DE *Trichogramma*

para *D. saccharalis*

predominante

T. galloi

de ocorrência esporádica

T. distinctum

FORUM

Trichogramma in Brazil: Feasibility of Use after Twenty Years of Research

José R.P. Parra and Roberto A. Zucchi

Depto. Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, ESALQ/USP, C. postal 9, 13418-900, Piracicaba, SP

Neotropical Entomology 33(3):271-281 (2004)

Trichogramma no Brasil: Viabilidade de Uso Após Vinte Anos de Pesquisa

RESUMO - São apresentados os resultados dos estudos com *Trichogramma* no Brasil, especialmente aqueles desenvolvidos na ESALQ/USP, nas últimas duas décadas (1984-2004). O projeto, envolvendo desde a taxonomia, técnicas de criação, aspectos biológicos e comportamentais das pragas e dos parasitóides, dinâmica populacional das pragas, técnicas de liberação,estudos de seletividade, avaliação da eficiência, pode ser considerado um modelo e foi seguido por outros programas de controle biológico no Brasil e na América Latina. O programa gerou inúmeras publicações, permitindo a formação de recursos humanos na área, abrindo novas áreas de pesquisa e mostrando que o parasitóide pode ser usado no controle de pragas-chave do algodoeiro, cana-de-açúcar, grãos armazenados, hortaliças, milho, soja e tomateiro. As perspectivas do uso do parasitóides possibilitaram a criação de empresas para comercializá-los no Brasil, transferindo mais facilmente a tecnologia ao usuário.

PALAVRAS-CHAVE: Trichogrammatidae, parasitóide de ovos, controle biológico aplicado

ABSTRACT - Results of studies with *Trichogramma* in Brazil are presented, especially those developed at ESALQ/USP in the past two decades (1984-2004). The project involved taxonomy, rearing techniques, biological and behavioral aspects of the pests and parasitoids, pest population dynamics, release techniques, selectivity studies, and efficiency evaluation. It can be considered a model project and has been adopted by other biological control programs in Brazil and Latin America. The program has given rise to a number of publications, allowing the formation of human resources in this area and opening new research areas. The results indicated that the parasitoid can be used to control key pests in cotton, sugarcane, stored grain, vegetables, corn, soybean, and tomato. The perspective of using the parasitoid has stimulated the creation of companies to commercialize it in Brazil, thus more easily transferring this technology to users.

KEY WORDS: Trichogrammatidae, egg parasitoid, applied biological control

Trichogramma species (Fig. 1) are among the most reared and used natural enemies in the world. Every year, they are released in more than 16 million ha, in annual (for the most part) and perennial crops (Hassan 1997, van Lenteren 2000), even though Smith (1996) had reported their use in 32 million ha. Worldwide, 28 *Trichogramma* species are released in 28 crops (Hassan 1988). These are among the most frequently studied insects, with several books published about their efficiency in biological control (Wajnberg & Hassan 1994, Parra & Zucchi 1997).

Studies on *Trichogramma* began in the last century, when Flanders (1927) discovered the possibility of rearing it on a factitious host, *Sitotroga cerealella* (Oliv.). Since then, there has been great interest in the parasitoid, because of its efficiency and ease of multiplication. In Brazil, studies began in the 1940's to control *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) in tomato (Gomes 1963). Papers by Moraes *et al.* (1963) came next, targeted at forest lepidopterans.

In the 20th century, since the researches by Flanders (1927), several countries, especially the USA, started to use it. However, these initial programs were in general inadequately-planned and isolated projects without inter- and multidisciplinary characteristics. Thus, many errors were committed and the expected efficiency was not achieved because of a lack of knowledge or misevaluation of the following items: (1) egg density of the target pest; (2) *Trichogramma* species unsuitable for controlling the target pest; (3) quality control of the parasitoid produced; (4) number of parasitoids released, and form of release; (5) pest dynamics and phenology of the plant; (6) competition with other biological control agents; (7) effect of chemical products (selectivity) on *Trichogramma* in crops where several pests occurred (Parra *et al.* 2002). These errors led this egg parasitoid to be discredited with regard to its efficiency. However, some important findings in the 1970's, such as the use of male genitalia for species identification (Nagarkati & Nagaraja

São programas a longo prazo...

Parra e Zucchi (2004)

CAUSAS DO INSUCESSO

inadequados

(sem características inter e multidisciplinares)

- Não levavam em conta a densidade de ovos da praga visada;
- Não utilizavam a linhagem ou espécie de *Trichogramma* mais adequada para o controle da praga alvo;
- Não acompanhavam, em laboratório, a qualidade do parasitoide produzido;

CAUSAS DO INSUCESSO

- Não davam atenção ao número de parasitoides liberados e sua forma de liberação;
- Não observavam corretamente a dinâmica da praga e a fenologia da planta;
- Não levavam em conta a competição com outros agentes de controle biológico;
- Desprezavam o efeito de produtos químicos (seletividade) sobre *Trichogramma* nas culturas em que ocorriam diversas pragas.

CANA-DE-AÇÚCAR

Como já existia o programa de *C. flavipes* consolidado, passou a se recomendar *T. galloi* em áreas onde a predação de ovos era baixa ou em áreas de menor adaptação climática de *C. flavipes*.

Como um inseto tão pequeno (0,25 mm) localiza a praga no campo?

Ele é super especializado (grupo dos mais evoluídos) → por meio de compostos químicos, liberados das escamas das asas da praga que colocou os ovos

TRICOSANO → cairomônio (favorece quem recebe)

marcam os ovos para evitar superparasitismo

Por que o ovo escurece após o parasitismo por *Trichogramma*?

Ocorre deposição de grânulos de urato próximo à pupação na parte interna do córion.

ovos escurecidos
indicação do parasitismo

1,6 *Trichogramma* por ovo

Parra e Zucchi (2004)

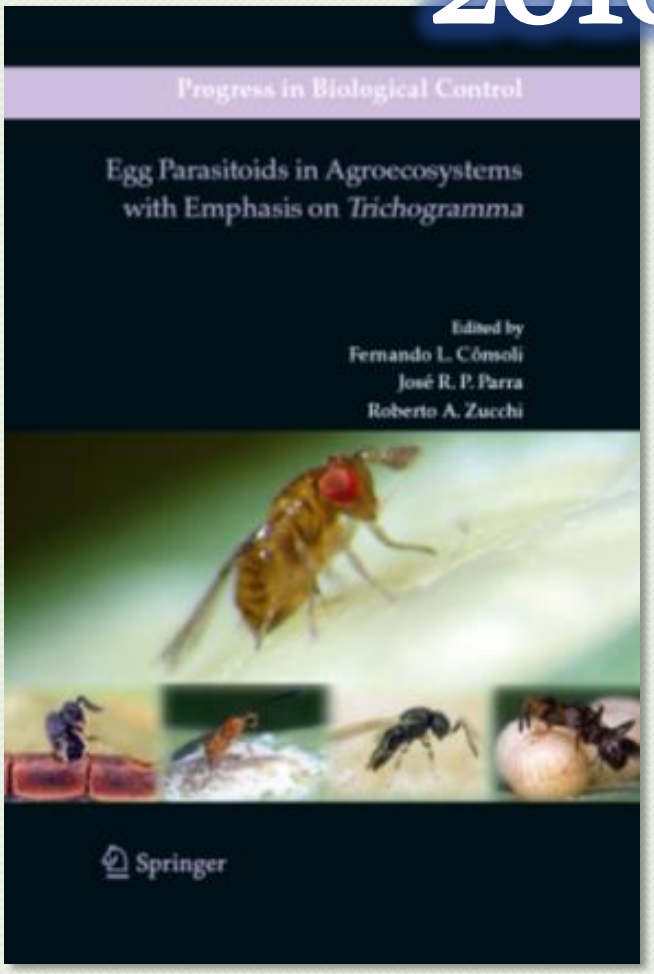
INTERNATIONAL WORKSHOPS

on Egg Parasitoids

1996
2008

1997

2010



NECESSIDADES PARA SUCESSO

exigências térmicas

Temperatura (ºC)	Duração (dias)
18	31,3
20	19,5
22	15,6
25	12,1
30	8,0
32	7,0

	Tb (ºC)	**K (GD)**
T. galloi	13,6	131,0

logística

previsão de produção
(diferente de patógenos)

Cônsoli e Parra (1995)

NECESSIDADES PARA SUCESSO

- seleção de linhagens
- existência de simbiontes
- capacidade de parasitismo
- dispersão ativa
- alimentação de adultos

Wolbachia

71 ovos/fêmea

10 m

mel puro

PEQUENAS CRIAÇÕES DE *Trichogramma*

produção de larvas

coleta de adultos

coleta de ovos

cartão com ovos parasitados

PRODUÇÃO MASSAL DE *Trichogramma*

produção de larvas

bandejas com ovos parasitados

PRODUÇÃO MASSAL DE *Trichogramma*

Dieta artificial

Hospedeiro alternativo *A. kuehniella*

PRODUÇÃO MASSAL DE *Trichogramma*

Desenvolvimento larval

Hospedeiro alternativo *A. kuehniella*

PRODUÇÃO MASSAL DE *Trichogramma*

Desenvolvimento larval

Hospedeiro alternativo *A. kuehniella*

PRODUÇÃO MASSAL DE *Trichogramma*

Preparo de gaiola de adultos

PRODUÇÃO MASSAL DE *Trichogramma*

Preparo de gaiola de adultos

PRODUÇÃO MASSAL DE *Trichogramma*

Emergência de *A. kuehniella*

PRODUÇÃO MASSAL DE *Trichogramma*

Preparo de gaiola de adultos

PRODUÇÃO MASSAL DE *Trichogramma*

PRODUÇÃO MASSAL DE *Trichogramma*

Gaiolas de adultos

Hospedeiro alternativo *A. kuehniella*

PRODUÇÃO MASSAL DE *Trichogramma*

Limpeza dos ovos

PRODUÇÃO MASSAL DE *Trichogramma*

Ovos de *Anagasta kuehniella*

Hospedeiro alternativo *A. kuehniella*

PROBLEMAS

- Quando liberar;
- Como liberar;
- Disponibilidade do insumo biológico;
- Qualidade do insumo;
- Logística.

QUANDO LIBERAR

- Amostragem de ovos;
- Utilização de feromônios (fêmeas virgens);
- Estádio fenológico da cultura;
- Sensoriamento remoto.

Momento de liberação:
fêmeas virgens (renovadas a cada 3-4 dias)

Raio de ação:
200 m (Conti, 2012)

COMO LIBERAR

O grande problema em países tropicais são as formigas, pois se os parasitoides desprotegidos, em **duas horas** poderá ocorrer a destruição total do material liberado.

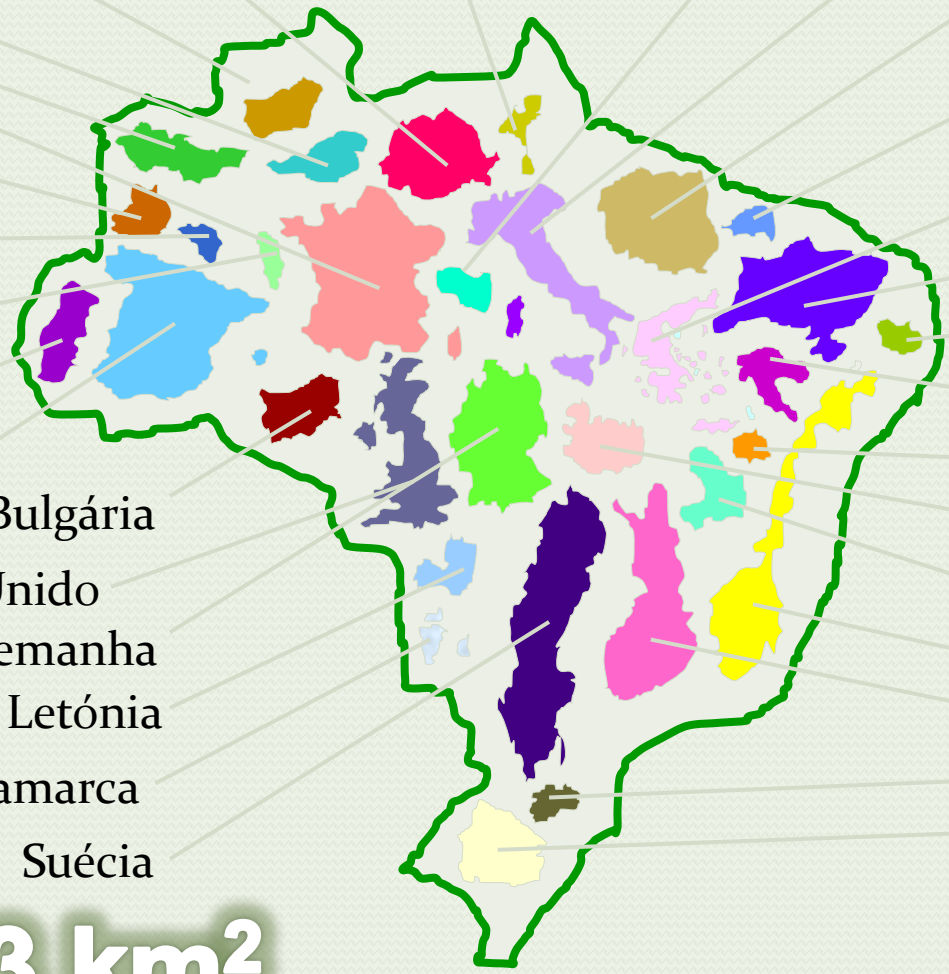
Portanto, o material deve ser liberado protegido ou, quando possível, como adultos.

Em grandes áreas, estuda-se a possibilidade de utilização de liberações aéreas.

CONTROLE DE QUALIDADE

Amostragens periódicas devem ser feitas, procurando produzir insetos competitivos com os da natureza.

LOGÍSTICA



8.547.403 km²

Fonte: J.L.Coelho, John Deere, 2001

CANA-DE-AÇÚCAR

Diatraea saccharalis

T. galloi

200.000 *T. galloi*/ha e
6.000 *C. flavipes*/ha

Redução da infestação de *D. saccharalis* com parasitoides em Brasilândia, MS.

Tratamentos	**I.I. (redução %)**
T. galloi (1 liberação) + *C. flavipes* (1 lib.)	27,0
T. galloi (2 liberações) + *C. flavipes* (1 lib.)	33,4
T. galloi (3 liberações) + *C. flavipes* (1 lib.)	60,2
C. flavipes (1 liberação) - test. 1	16,1
Sem liberação - test. 2	0,0

Botelho et al. (1989)

UM EXEMPLO

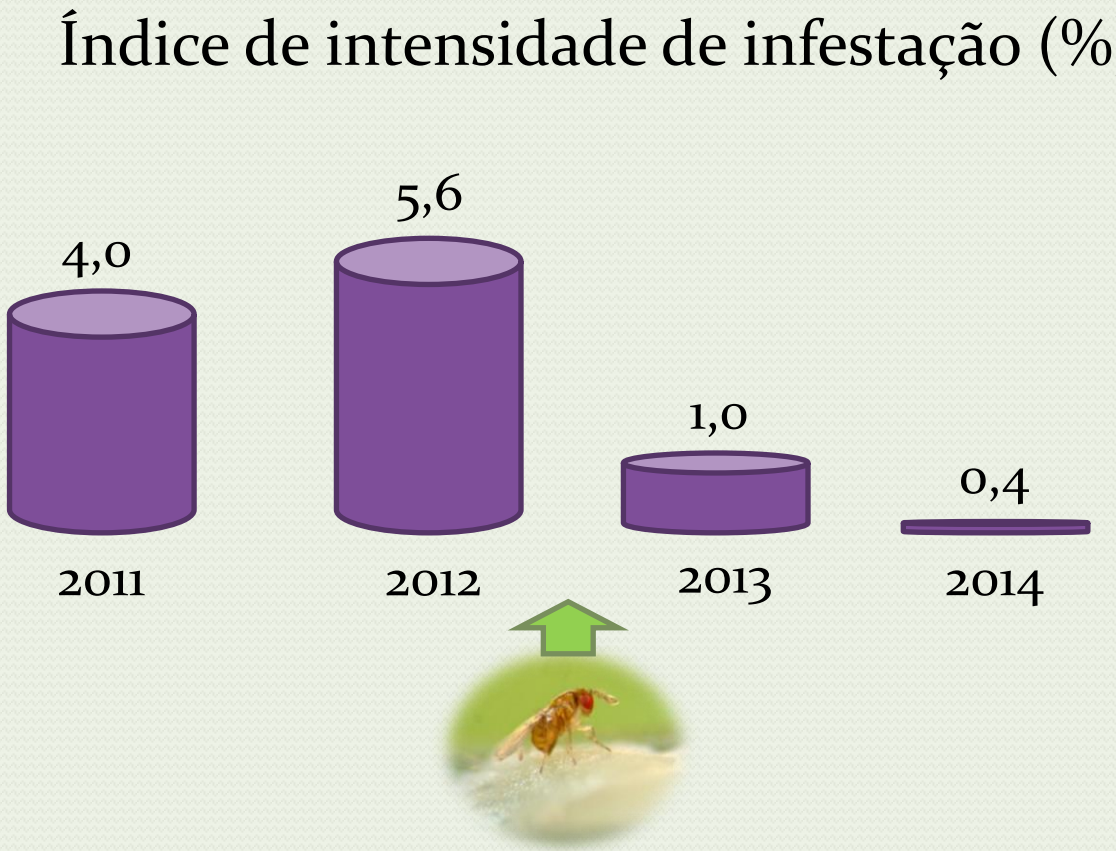
Trichogramma galloi

Tratamento	Açúcar (kg/ha)
Testemunha	**762**
C. flavipes (2)	**307**
T. galloi (3) + ***C. flavipes*** (2)	**112**

Custo/ha: R$50,00 (produto + frete + mão-de-obra)

Pinto (2010)

Eficácia da liberação terrestre



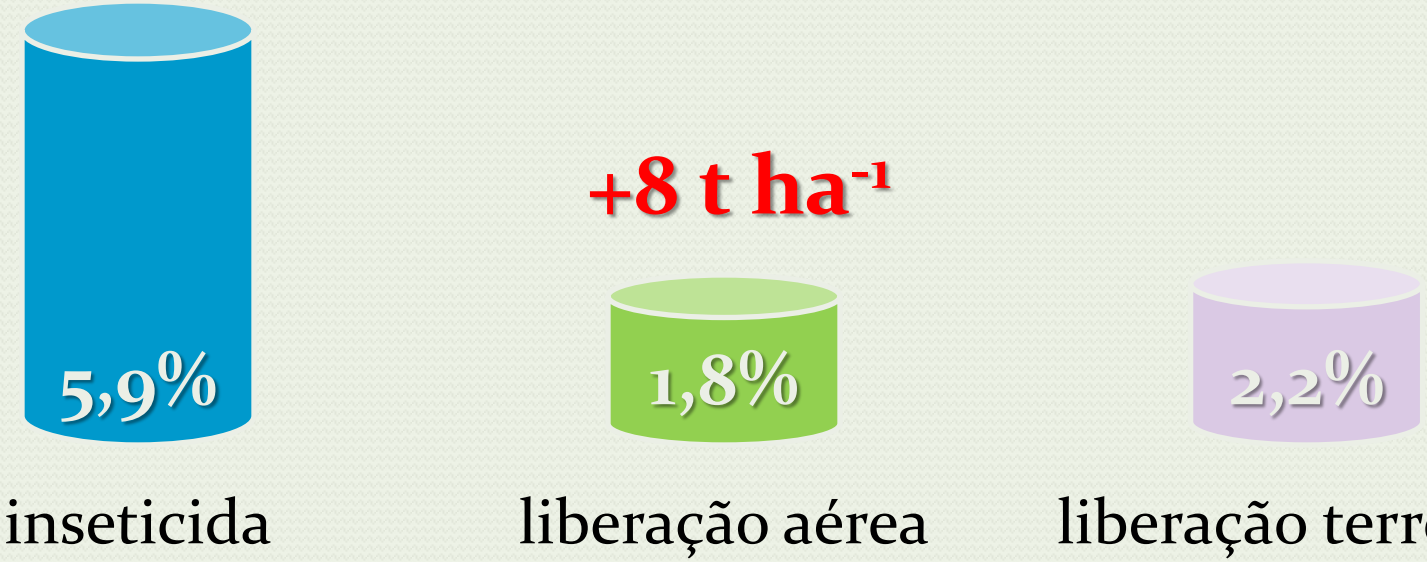
12.000 ha

Usina Pagrisa, Ulianópolis, PA

Pinto (2015)

Eficácia da liberação aérea

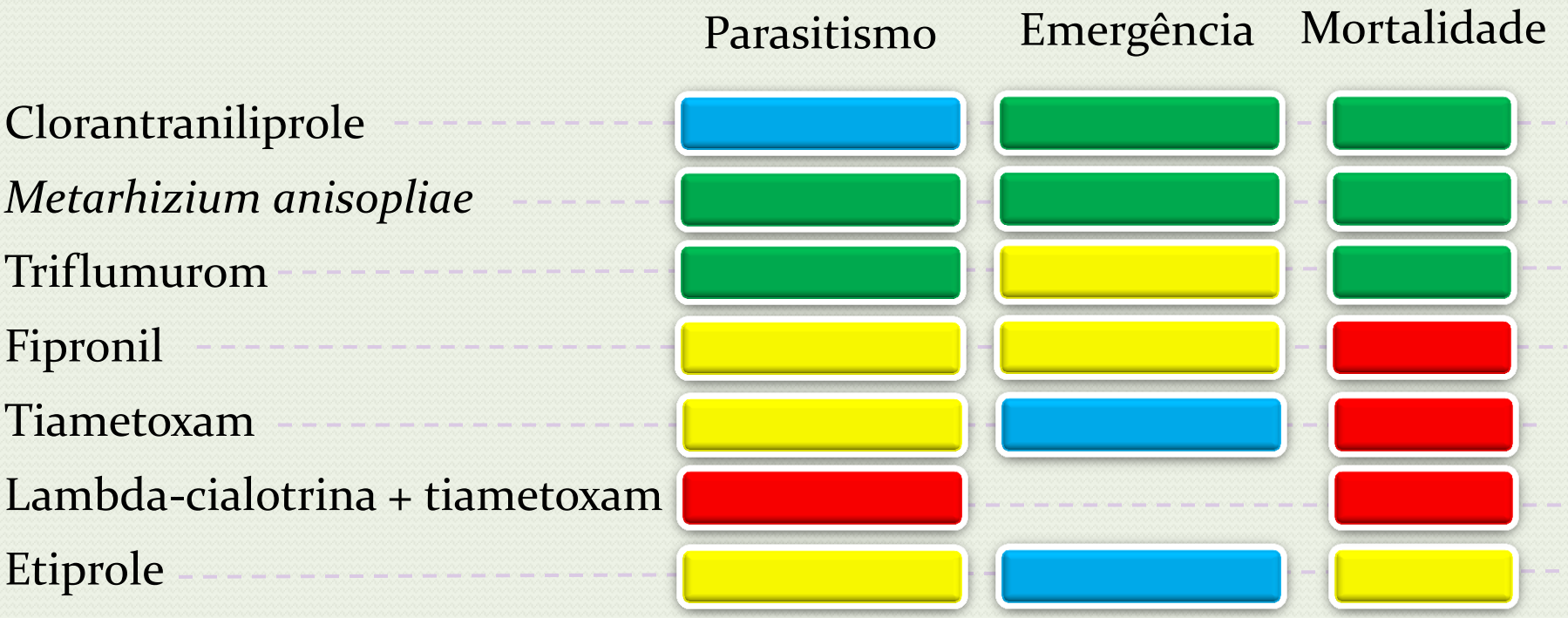
Infestação em cana-planta: 6-7%



Guaíra, SP, 2014

Pinto (2015)

Seletividade de inseticidas



Oliveira et al. (2013)

Liberação de *Cotesia flavipes*

PRODUÇÃO MASSAL DE *Cotesia flavipes*

Desenvolvimento larval da broca

produção em recipientes de 500mL

produção em tubos de fundo chato

30ºC, 70% de UR e fotofase de 14h

PRODUÇÃO MASSAL DE *Cotesia flavipes*

Parasitismo

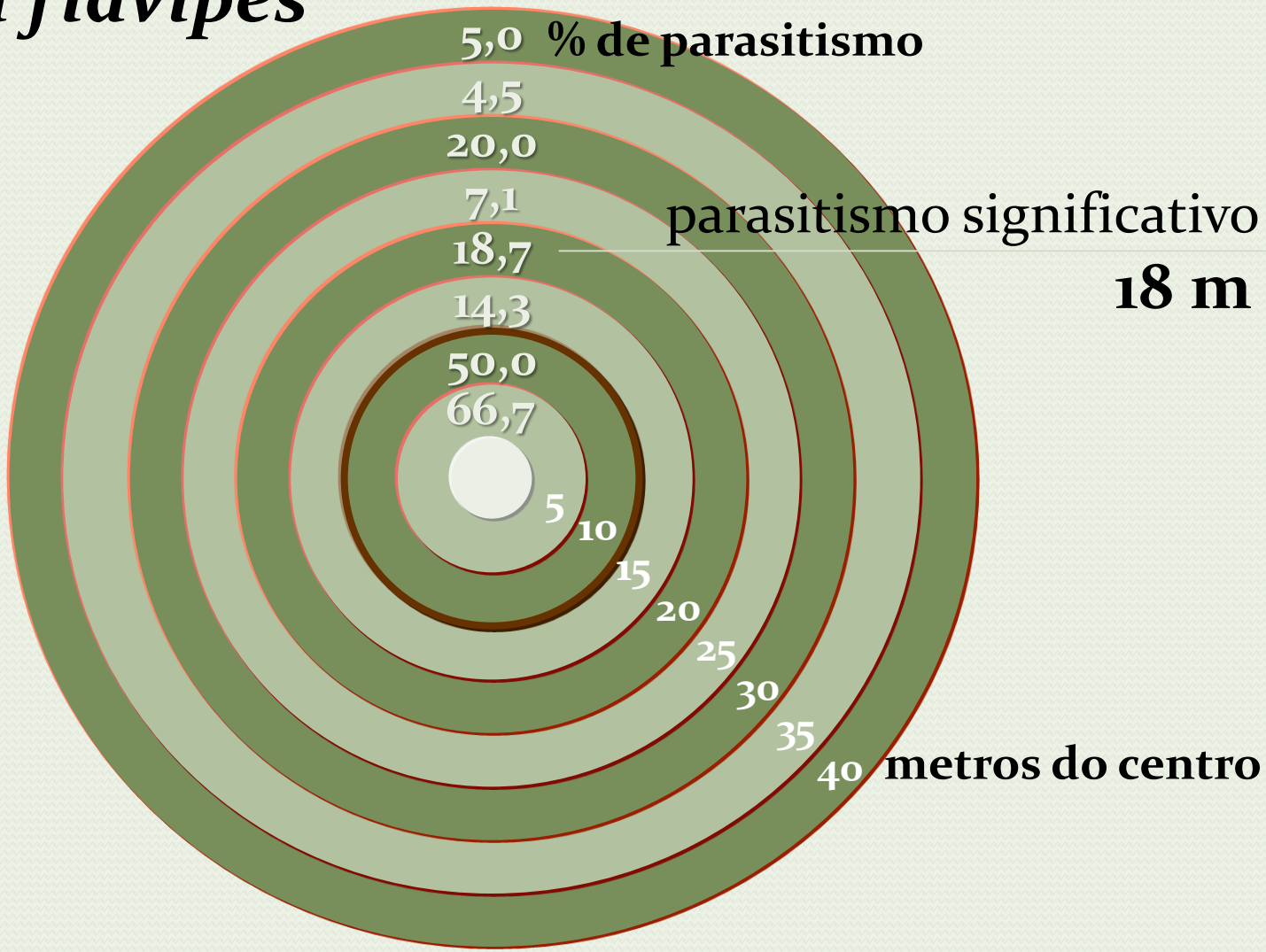
25ºC, 70% de UR e fotofase de 14h

PRODUÇÃO MASSAL DE *Cotesia flavipes*

Parasitismo

Dispersão

Cotesia flavipes



1 dia após a liberação

Número de pontos de liberação

8 pontos/ha, 6.000 parasitoides (mínimo), uma liberação

750 parasitoides/copo

Foto: Ronan Aquino Milhomem

Mihsfeldt et al. (2008)
Pomari et al. (2008)
Ivan et al. (2010)

Diminuição rápida de danos

Índice de Intensidade de Infestação do ano anterior

1-5%

6-10%

11-15%

>15%

Resultados variáveis

Vários fatores já comentados, mas a temperatura é importante.

	Tb (ºC)	K (GD)
D. saccharalis	9,4	711,0
C. flavipes	8,4	315,0
T. galloi	13,7	131,1

Obrigado
jrpparra@usp.br