

Controle Biológico de Pragas

parasitoides e predadores



José Roberto P. Parra
Depto. Entomologia e Acarologia, ESALQ/USP



Tradição em 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.

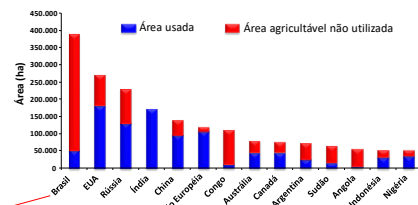


desde **2008**
Brasil é o maior consumidor de agroquímicos do mundo

US\$12 bilhões/ano (agroquímicos)
(US\$9,6 bilhões/ano - 2015)

US\$3,2 bilhões - inseticidas

Área mundial cultivada e não cultivada



Produção de grãos 2016/2017 **240 milhões** de toneladas

Brasil, líder mundial



Modelo tecnológico | paradigma atual

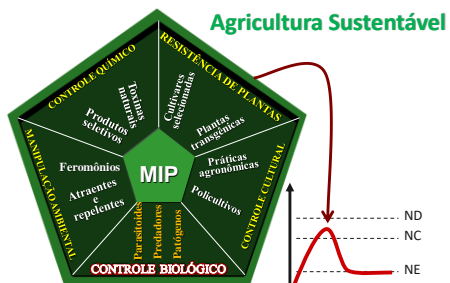
- Qualidade dos produtos;
- Preços;
- Estabilidade de produção (materiais genéticos resistentes às adversidades climáticas);
- Imagem no mercado (produtos de alta qualidade e sanidade);
- Contratos de longo prazo (fornecimento estável, com certificação de produtos).

Desafio do novo modelo tecnológico

“Aumentar a produtividade levando-se em conta a qualidade de processos e produtos, sem degradação ambiental, e, se possível, de uma forma sustentável”

Controle Biológico e o MIP

O controle biológico não pode ser considerado isoladamente no controle de pragas, mas como um componente do MIP.



Leppa e Williams (1992)

Macro e micro-organismos

Macro-organismos
Insetos e ácaros

Micro-organismos
Bactérias, fungos, protozoários, vírus, nematoides etc.





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

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!

Controle Biológico Tropical



Modelo próprio, pois é uma agricultura com áreas extensas e com características edáficas e climáticas favoráveis dando um maior número de gerações, sem interrupção durante o ano, além dos problemas de polifagia e dos sistemas de produção.



Europa | situação diferente

90-95%
dos agricultores da Holanda usam controle biológico

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.

O sistema agrícola brasileiro está desequilibrado

- 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)

O sistema agrícola brasileiro está desequilibrado

- Incentivar o controle biológico e empresas de agentes de controle biológico;
- 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 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 (50,2 milhões de hectares)



Alterações na cultura da soja

Novas regiões

Condições ambientais distintas

Alterações nas práticas culturais

Mudanças em características edáficas

Cultivo contínuo

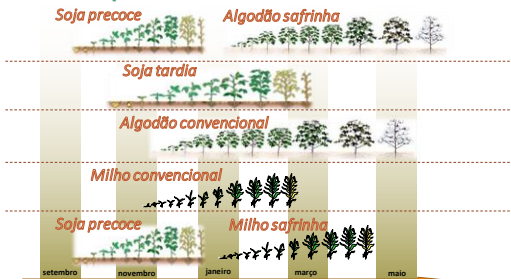
Variedades

Plantio direto

Irrigação

Rotação de culturas

Períodos de plantio no Mato Grosso



Pragas controladas por transgênico Bt

- Anticarsia gemmatalis*
- Chrysodeixis includens*
- Chloridea (=Heliopsis) virescens*
- Helicoverpa armigera*
- Helicoverpa gelatopoeon*
- Helicoverpa zea*
- Crociosema aporema*
- Omiodes indicata*
- Elasmopalpus lignosellus*

Lepidópteros não controlados

- Spodoptera cosmioides*
- S. eridania*
- S. albula*
- S. frugiperda*

*Euschistus heros**

* Grande problema atual.

Alterações na entomofauna da soja

A soja é um regulador de populações de pragas. Devido à grande área plantada (**35 milhões de hectares**) e com introdução da variedade transgênica Bt (50-60% da área plantada), devem diminuir algumas pragas como *Chrysodeixis includens*, *Helicoverpa armigera* e *Anticarsia gemmatilis* e aumentar o complexo *Spodoptera*.

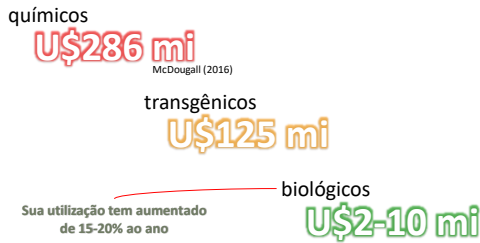


Alterações na entomofauna da soja

Com as alterações que deverão ocorrer, será aberto um espaço para o Controle Biológico de *Euschistus heros*, atualmente controlado com neonicotinóides e piretroides, com *Telenomus podisi* produzido em laboratório. Embora em fase inicial, tal parasitoide já vem sendo utilizado sobre o percevejo-marrom produzido em dieta artificial.



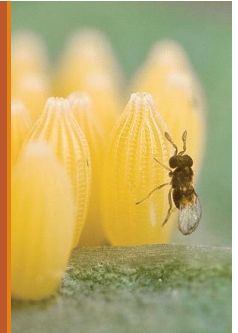
Custo do desenvolvimento de produtos



Existe, hoje, no mundo uma tendência de redução de produtos químicos no controle de pragas, com grupos de trabalho para estudar novos micro ou macro-organismos, especialmente na Europa.

Recentemente, o presidente da China lançou um programa nacional de pesquisa para a redução da utilização de pesticidas e fertilizantes no valor de **340 milhões de dólares**.

van Lenteren et al., 2017



Fenômeno natural que consiste na regulação de plantas e animais (agentes de mortalidade biótica)

PREDADORES PARASITÓIDES
PATÓGENOS

“É um fenômeno dinâmico que sofre influência de fatores climáticos, da disponibilidade de alimentos e da competição, assim como de aspectos independentes e dependentes da densidade”

van den Bosch et al. (1982)

AGENTES DE CONTROLE BIOLÓGICO

MICRO-ORGANISMOS
fungos *protozoários*
bactérias *rickettsias*
virus *micoplasmas*

NEMATÓIDES

RÉPTEIS

ANFÍBIOS

PEIXES

ÁCAROS

ARANHAS

INSETOS

PREDADORES
PARASITÓIDES

AVES

MAMÍFEROS

Predador
INSETO
 Parasitoide

PARASITÓIDES

Mata o hospedeiro

Somente um indivíduo para completar o desenvolvimento

Adulto de vida livre

Em geral, de mesmo tamanho do hospedeiro

PREDADORES

Mata a presa

Exige mais de um indivíduo para completar o desenvolvimento

Vida livre durante todo o ciclo

INIMIGOS NATURAIS

OVO
 LARVA ou NINFA
 PUPA
ADULTO



Parasitoides da fase de ovo

Hymenoptera

Trichogramma sp.





Hemiptera: Geocoridae



Geocoris sp.

Hemiptera: Reduviidae



Zelus sp.

Hemiptera: Pentatomidae



Podisus sp.

Coleoptera: Carabidae



Calosoma granulatum

Coleoptera: Staphylinidae



Coleoptera: Coccinellidae



Scolanus Pullus sp.



PREDADOR

MASTIGADORES

Coccinellidae e Carabidae

SUGADORES

Reduviidae, Chrysopidae e Syrphidae

PARASITOIDE

PARASITO (OIDE) PRIMÁRIO

PARASITOIDE

ENDO ECTO



PARASITO (OIDE)

PARASITOIDE

PARASITISMO MÚLTIPLO SUPERPARASITISMO



PARASITOIDE

HIPER
PARASITO (OIDE)

FORMAS DE EXPLORAÇÃO DO HOSPEDEIRO

IDIOBIONTE CENOBIONTE

TIPOS DE REPRODUÇÃO E ESTRATÉGIAS REPRODUTIVAS

arrenotoquia
deuterotoquia (anfitoquia)
telitoquia



POLIEMBRIONIA

PASSADO

O controle biológico no mundo



Embora os chineses usassem...

Formigas predadoras
Oecophylla smaragdina

Pragas de citros

século III

Bosch et al. (1982)

O controle biológico no mundo

EUROPA



Apanteles glomeratus



Pieris rapae

(Aldrovandi)

século 17 – Vallisnieri

1602

Bosch et al. (1982)

Marco em controle biológico



Rodolia cardinalis

Icerya purchasi

pulgão-branco-dos-citros

Importação
Austrália - EUA



1888

Um século de controle biológico

Na Universidade da Califórnia,
berço do controle biológico
Callagirene e Dout (1989)



Paul H. DeBach



Robert van den Bosch



Kenneth S. Hagen

1989

1940

até metade dos anos 60

PERÍODO NEGRO DO
CONTROLE DE PRAGAS

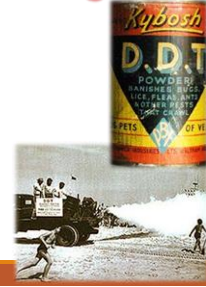
Kogan (1998)

Período negro do controle biológico de
pragas

até metade dos anos 60



1940



Kogan (1998)

Primavera Silenciosa



1962

The systemic insecticides:
a disaster in the making

Author Dr. Heak Tonnokes | Illustrations Ami Bernard Zillweger

PROCEDIMENTOS BÁSICOS
EM CONTROLE BIOLÓGICO

INTRODUÇÃO

CONSERVAÇÃO

MULTIPLICAÇÃO

INTRODUÇÃO

**CONTROLE BIOLÓGICO
CLÁSSICO**

LIBERAÇÕES INOCULATIVAS

No passado, foi importante ...

CONTROLE BIOLÓGICO CLÁSSICO

1921

Encarsia (Praspaltella) berlesei
Pseudaulacaspis pentagona

no Brasil



1923

Prorops nasuta
Hypothenemus hampei

1928

Aphelinus mali
Eriosoma lanigerum

1937

Tetrastichus giffardianus
Ceratitis capitata

CONTROLE BIOLÓGICO CLÁSSICO

1944

Macrocentrus ancylivorus
Grapholita molesta

no Brasil

1950

Lixophaga diatraeae
Diatraea saccharalis

1967

Neodusmetia sangwani
Antonina graminis



CONTROLE BIOLÓGICO CLÁSSICO

... e hoje, tende a voltar com maior
intensidade ...

... em **CULTURAS PERENES** ou **SEMI PERENES**
(controle a longo prazo)

**PRESSÃO MUNDIAL CONTRA O
USO ABUSIVO DE AGROQUÍMICOS**

tendência de se produzirem inseticidas com características
menos agressivas ao ambiente

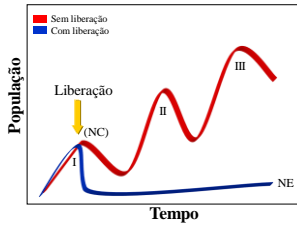
CONTROLE BIOLÓGICO CLÁSSICO

NO BRASIL

Ageniaspis citricola em citros

(Hymenoptera, Encyrtidae)

para controle de *Phyllocnistis
citrella*



I, II, III- gerações da praga
 NC - nível de controle
 NE - nível de equilíbrio

FORMAS DE LIBERAÇÃO

- ~~Inoculativa~~
- ~~Inoculativa sazonal~~
- ~~Inundativa~~

ESTRATÉGIAS DE LIBERAÇÃO E SISTEMA ALVO

~~Inoculação~~

Sistemas abertos com baixa variabilidade temporal

Culturas perenes
 Florestas

(Leppa e Williams, 1992)

ESTRATÉGIAS DE LIBERAÇÃO E SISTEMA ALVO

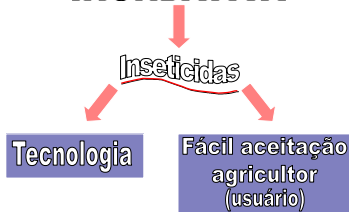
~~Inundativa~~
~~Sazonal inoculativa~~

Sistemas com alta variabilidade temporal

Culturas anuais ou sistemas fechados com baixa variabilidade temporal

Casas-de-vegetação
 Produtos armazenados

INUNDATIVA



produção massal de
Cotesia flavipes

Produção massal de *Cotesia flavipes*

preparo da dieta



Produção massal de *Cotesia flavipes*

criação de adultos

coleta de ovos



22°C, 70% de UR e fotofase de 14h

Produção massal de *Cotesia flavipes*

preparo de posturas



Produção massal de *Cotesia flavipes*

desenvolvimento larval da broca

produção em recipientes de 500ml

produção em tubos de fundo chato



30°C, 70% de UR e fotofase de 14h

Produção massal de *Cotesia flavipes*

parasitismo



25°C, 70% de UR e fotofase de 14h

lagartas parasitadas em dieta de realimentação

Produção massal de *Cotesia flavipes*

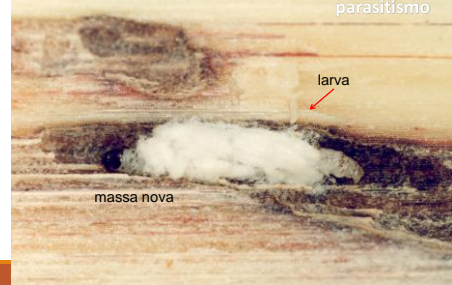
parasitismo



Produção massal de *Cotesia flavipes*



Produção massal de *Cotesia flavipes*



Produção massal de *Cotesia flavipes*



Produção massal de *Cotesia flavipes*



Controle biológico com *Cotesia flavipes*

na cana-de-açúcar

10%
década de 1970
em São Paulo

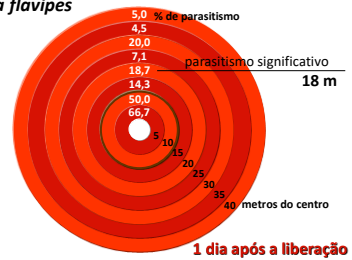
2%
I.I.

US\$100 milhões

US\$20 milhões

Dispersão

Cotesia flavipes

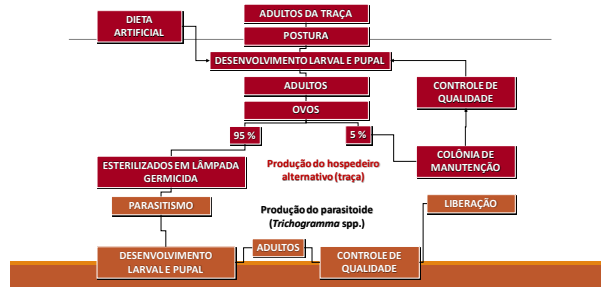


Liberção
Cotesia flavipes



8 pontos/ha
4 pontos/ha, 6.000 parasitoides (mínimo), uma liberção

ESQUEMA DE PRODUÇÃO DE *Trichogramma*



PRODUÇÃO DE *Trichogramma* EM PEQUENA ESCALA



PRODUÇÃO MASSAL DE *Trichogramma*



DIETAS PARA HOSPEDEIROS ALTERNATIVOS

A. kuehniella

farinha de trigo integral (97%) e levedura de cerveja (3%) ou farinha de trigo (40%) e milho (60%)
(PARRA, 1997)

C. cephalonica

germe de trigo (97%) e levedura (3%) ou farelo de arroz integral (94%), açúcar (3%) e levedura (3%)
(BERNARDI et al., 2000)

S. cerealella

grãos de trigo



PRODUÇÃO MASSAL DE *Trichogramma*
Preparo de gaiola de adultos



Hospedeiro alternativo *A. kuehniella*

Fundo da gaiola

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*

PRODUÇÃO MASSAL DE *Trichogramma*
Ovos de *Anagasta kuehniella*



Ovos isentos de escamas

PRODUÇÃO MASSAL DE *Trichogramma*
Câmara UV



Hospedeiro alternativo *A. kuehniella*



PRODUÇÃO MASSAL DE *Trichogramma*
 Recipiente de vidro para parasitismo



Longevidade (dias) de *T. pretiosum* (25°C)

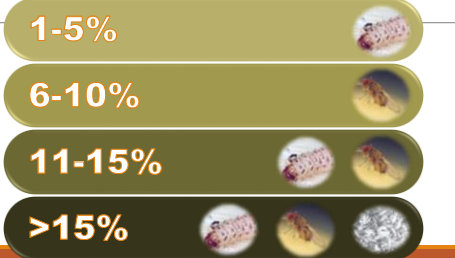
Sem alimento	1,3 ± 0,11
Mel 10%	2,4 ± 0,21
Mel puro	5,1 ± 0,65

Bleichner e Parra (1991)



Densidade populacional x inimigo natural

Índice de Intensidade de Infestação do ano anterior



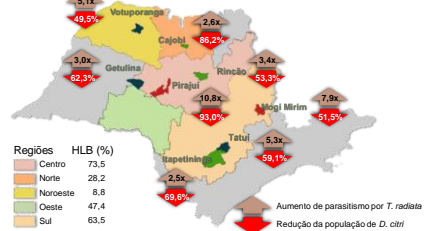
T. radiata* x *D. citri





Criação massal de *Tamarixia radiata*

Áreas de liberação de *Tamarixia radiata*
São Paulo, Brasil



Nossa proposta

NOVA ABORDAGEM EM CONTROLE BIOLÓGICO

Liberação de parasitoides em:

- Pomares abandonados;
- Pomares não pulverizados;
- Áreas de murta;
- Pomares orgânicos;
- Pomares de "fundo de quintal".

Isto representa **11.700 ha** no Estado de São Paulo
 Ferreira (2014)
 Lewis-Rosenblum (2015)



Controle de *Diaphorina citri* com *Tamarixia radiata*

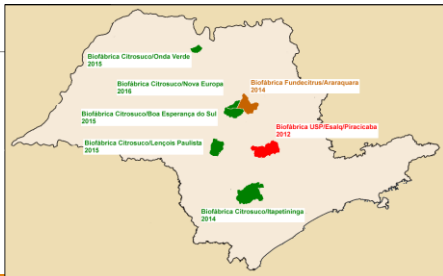
Existem 6 Biofábricas produzindo *T. radiata*.

Controle de 80%

com uma capacidade de dispersão de 40 km



BIOFÁBRICAS DE *T. radiata*



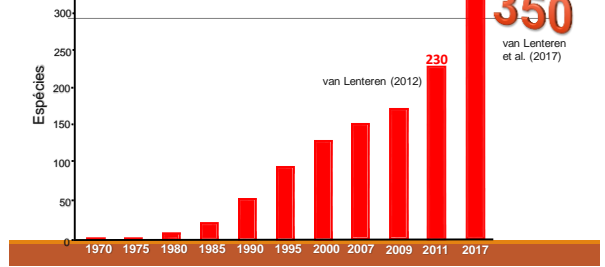
Marcos no controle de pragas no Brasil

- 1888 Início do Controle Biológico – uso de *Rodolia cardinalis* nos EUA.
- 1921 Primeiro inseto introduzido no Brasil para controle biológico – *Encarsia berlessei*.
- 1939 Síntese do DDT – Prêmio Nobel.
- 1970 Surge o conceito de MIP.
- 1980 Início das plantas transgênicas (Nature, 1987).
- 2013 Relato de *Helicoverpa armigera* no Brasil. Czapak et al. (2013)





Espécies disponíveis no mundo



Disponibilidade de agentes de CB no mundo

Segundo van Lenteren (2012), **230** (350) 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)

Agentes de Controle Biológico registrados no Brasil

7 macro-organismos

24 micro-organismos

ÁCAROS

Neoseiulus californicus
Phytoseiulus macropilis
Stratiolaelaps scimitus

PARASITÓIDES

Cotesia flavipes
Trichogramma gallii
Trichogramma pretiosum

PREDADOR

Cryptolaemus montrouzieri

Aspergillus flavus

Bacillus amyloliquefaciens
Bacillus firmus
Bacillus licheniformis
Bacillus methylotrophicus

Bacillus pumilus

Bacillus subtilis
Bacillus thuringiensis
Beauveria bassiana

Deladenus siricidicola

Isaria fumosorosea
Metarhizium anisopliae
Paeciliomyces lilacinus
Pochonia chlamydosporia
Steinernema puertoricense

Trichoderma asperellum

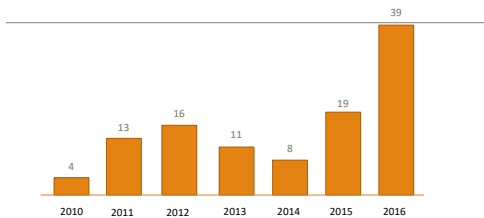
Trichoderma harzianum
Trichoderma stromaticum
Virus de *Anticarsia gemmatilis*
Virus de *Chloridea virescens*
Virus de *Candytorhiza vestigialis*
Virus de *Helicoverpa armigera*
Virus de *Helicoverpa zea*
Virus de *Spodoptera frugiperda*

41

* Produtos aguardando registro
MAPA (2016)

Fonte: ABCBio (2017)

Produtos biológicos registrados no Brasil



Fonte: ABCBio (2017)



Assim, o Controle Biológico está crescendo no Brasil. Existem hoje, na FAPESP, **11 PIPES** (startups) financiadas para controle biológico.

Usinas e Empresas de Controle Biológico no Brasil

Usinas Empresas

<i>Cotesia flavipes</i>			
São Paulo	14	São Paulo	12
Minas Gerais	5	Alagoas	2
Mato Grosso	3	Paraná	2
Goiás	2	Goiás	1
Alagoas	2	Minas Gerais	1
Pará	1	Alagoas	1
Paraná	1	Mato Grosso do Sul	1
Espírito Santo	1		20
Amazonas	1		
	30		

Fonte: ABCBio (2016)

Empresas de Controle Biológico no Brasil



Maiores usuários de Controle Biológico

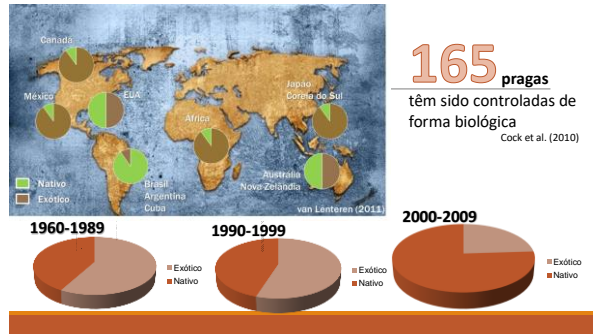
Existem cerca de 500 empresas no mundo.

(van Lenteren et al., 2017)

- Europa
- EUA
- Ásia
- América Latina*
- África



* Em termos de área, o Brasil lidera a utilização do Controle Biológico.



3,5 milhões de hectares

2,1 milhões de hectares

Exemplos de Controle Biológico no Brasil

PARASITOIDES

15.000 hectares

Exemplos de Controle Biológico no Brasil

ÁCAROS

Exemplos de Controle Biológico no Brasil



Desafios do Controle Biológico no Brasil

A Pesquisa e desenvolvimento de Programas de Controle Biológico

B Utilização do Controle Biológico, tendo o pacote tecnológico desenvolvido

A Pesquisa e desenvolvimento de Programas de Controle Biológico

Exploração da nossa Biodiversidade



A despeito dos problemas apontados, deve ser melhor explorada a nossa biodiversidade na busca de agentes de Controle Biológico, por ser ela muito rica e ainda pouco explorada e conhecida.

A Pesquisa e desenvolvimento de Programas de Controle Biológico

Investimentos

Embrapii
Centro de Controle Biológico
(FAPESP/empresas)

Estímulo a novas empresas (11 PIPES
FAPESP)



* Riscos de produção pelo Agricultor

A Pesquisa e desenvolvimento de Programas de Controle Biológico

Programas inter e multidisciplinares

Trichogramma

- ▶ Coleta, identificação e manutenção de linhagens de *Trichogramma* spp.;
- ▶ Seleção de um hospedeiro para criação massal do parasitoide;
- ▶ Aspectos biológicos e comportamentais de *Trichogramma* spp.;
- ▶ Dinâmica de ovos da praga visada;
- ▶ Liberação de parasitoides; número de parasitoides liberados e pontos de liberação; época e forma de liberação;
- ▶ Controle de qualidade*
- ▶ Seletividade de agroquímicos*;
- ▶ Avaliação da eficiência (modelo de simulação parasitoide / praga).

Hoje utilizado para algodão, cana-de-açúcar, milho, soja, feijoeiro, batata, tomateiro, abacate, banana, citros, mandioca, videira, cucurbitáceas, abacaxi etc.



Amostragem em soja



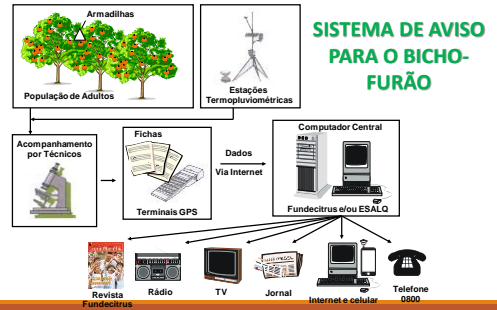
Amostragem com feromônio



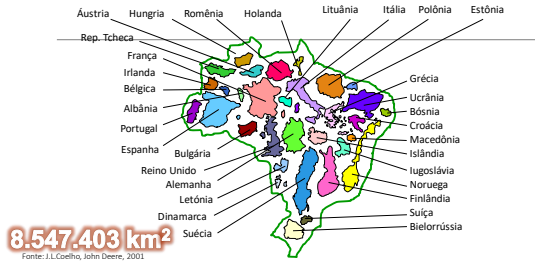
Amostragem com sensoriamento remoto

Hiperspectrômetro digital

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



Logística de armazenamento e transporte



Técnicas de liberação



Técnicas de liberação



Técnicas de liberação



Técnicas de liberação

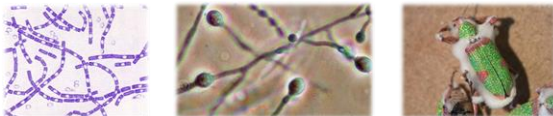


Técnicas de liberação



Micro-organismos

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”.



Macro-organismos

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



Controle biológico x tipos de agricultura

- ÁREAS ORGÂNICAS
- CASAS-DE-VEGETAÇÃO
- ÁREAS PEQUENAS
- ÁREAS GRANDES

	Disponibilidade	Seletividade	Amostragem	Tecnologia de liberação	Liberação em escala (transgênicos)
ÁREAS ORGÂNICAS	■	□	□	□	□
CASAS-DE-VEGETAÇÃO	■	■	□	□	□
ÁREAS PEQUENAS	■	■	□	□	□
ÁREAS GRANDES	■	■	■	■	■

Produtos biológicos				
Biofertilizantes	Bioestimulantes	Bioagentes		Macrorganismos
Microbiológicos	Manejo abiótico de estresse	Bioinseticidas, biofungicidas, bioherbicidas		
Fixadores de N	Aminocácidos	Bioquímicos	Microorganismos	Insetos
Solubilizadores de P/Og	Microorganismos	Semioquímicos	Bactérias	Aranhas
Mobilizadores de K	Extratos de planta	Extratos de plantas	Fungos	
Outros	Ácidos orgânicos	Minerais	Protozoários	
		Primitores cresc. vegetal (PCV)	Vírus	
		Ácidos orgânicos	Outros víruses	
			Herbicidas*	

Microorganismos usados para aumentar a absorção de nutrientes do solo;

As **bactérias fixadoras de nitrogênio** dominam o grupo;

Inclui ainda mobilizadores de nutrientes específicos (Zn, S) e fungos micorrízicos;

Regulamentação estadual.

Extratos de algas é o que predomina nesse grupo;

Ácidos orgânicos são os ácidos húmicos e fúlvicos usados como alteradores de solo, formados pela degradação microbiana da matéria vegetal;

Microorganismos, principalmente bactérias, muito usados no tratamento de sementes ou solo para auxiliar na assimilação de nutrientes;

A definição e a regulamentação está ainda em desenvolvimento no mundo.

Os **extratos de plantas** formam o maior segmento desse grupo;

Os semioquímicos (feromônios) tem o maior número de produtos;

O maior desafio para extratos de plantas é a fabricação e qualidade consistente nos ingredientes ativos(s).

Os **bactérias** seguidas pelos **fungos** formam o maior grupo comercial (vgs);

Os microorganismos forma o principal mercado de bioinseticidas (**R\$ 1,3 bil ano**);

Os principais desafios estão ligados à formulação (a tempo de prateleira, (b) e até minerais). Tem alvos específicos e são muito menos tóxicos do que inseticidas sintéticos.



O momento é propício para o Controle Biológico. A sua utilização tende a aumentar cada vez mais. Entretanto, é importante que esse crescimento seja gradual, porém eficiente e seguro, para dar credibilidade ao Controle Biológico como um componente do MIP.



jrpparra@usp.br