

CONTRIBUIÇÃO DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS PARA O DESENVOLVIMENTO: O CASO DO CONTROLE BIOLÓGICO

Décio L. Gazzoni*

1. INTRODUÇÃO

Observa-se, no Brasil, uma nítida reorientação conceitual entre os pesquisadores que estudam os problemas entomológicos de implicação econômica na agropecuária brasileira.

Creditamos este novo enfoque à remodelação do sistema de pesquisa agrícola oficial do país e, especialmente, ao treinamento maciço dos profissionais da área, que incorporam ao seu acervo os mais recentes avanços filosóficos e práticos do controle de pragas de importância agrícola.

Como decorrência deste fenômeno, observa-se hoje um alargamento de faixa de autonomia do tratamento de problemas entomológicos, deixando a entomologia de ser mera ciência de apoio a outras áreas de pesquisa, tornando-se uma atividade dinâmica e geradora de programas de grande impacto na economia do país, com contribuições de relevância social e ecológica.

A nível prático, observa-se que a utilização exclusiva do controle químico de insetos está sendo relegada a um segundo plano, substituída por um conjunto de estratégias. Dentre a série de medidas que estão sendo viabilizadas pelos cientistas brasileiros, inclui-se a utilização do controle biológico. Este pode ser focado sob diferentes aspectos, porém, neste trabalho, damos ênfase à preservação e maximização do uso do potencial de controle biológico natural e sua suplementação, quando necessário, pela introdução e colonização de espécies alienígenas altamente eficientes.

* Entomologista do Centro Nacional de Pesquisa de Soja da EMBRAPA. O autor agradece aos diversos órgãos da EMBRAPA é do PLANALSUCAR, em especial aos colegas Luiz Antonio Salles, Enrique Zuniga, Ivan Corso, Nilton De Gasperi, Seul Risco e Antonio Carlos Roessing pela inestimável colaboração, que viabilizou o presente trabalho.

A utilização de diversas medidas de controle, em contraposição ao uso unilateral de defensivos químicos, denomina-se "Manejo de Pragas", "Controle Integrado" ou "Manejo Integrado de Pragas", dependendo do quantitativo estratégico utilizado pelo Programa.

O desenvolvimento destas modernas linhas tecnológicas se deve ao grande número de conseqüências marginais indesejáveis, decorrentes do uso excessivo, inadequado e isolado de produtos químicos. Entre estes efeitos colaterais, podemos destacar:

- a) Desenvolvimento de resistência a inseticidas. Este fenômeno é proveniente de seleção genética produzida pela utilização maciça de produtos químicos, aumentando a freqüência genética do gene determinante da resistência a inseticidas. Centenas de exemplos são encontrados no mundo inteiro, concentrados especialmente nos Estados Unidos, o grande consumidor mundial de inseticidas.
- b) Surgimento de pragas secundárias. Normalmente, uma cultura pode servir de alimento para inúmeras espécies de insetos, habitantes do ecossistema. No entanto, a maior parte delas não causa preocupação sob o ponto de vista econômico, uma vez que são mantidas sob controle pelo complexo de inimigos naturais presentes na cultura. Rompido o equilíbrio inimigos naturais/praga pela ação de inseticidas, esta assume populações elevadas, podendo atingir níveis que determinem a utilização de novas medidas de controle. Exemplos de surgimento de pragas secundárias podem ser encontrados no histórico das culturas de café e algodão, aqui mesmo no Brasil.
- c) Ressurgência de pragas. Enquanto o surgimento de pragas secundárias é um processo que demanda algumas safras para o seu estabelecimento, a ressurgência de pragas originadas da mesma causa, costuma ocorrer na mesma safra, apenas algumas semanas após o uso indevido de inseticidas. Exemplos didáticos deste fato podem ser observados na cultura da soja, após a utilização de inseticidas de largo espectro.
- d) Efeitos sobre o ambiente e vida humana. O uso inadequado de inseticidas pode acarretar verdadeiros desastres ecológicos, como mortandade de aves, peixes e animais silvestres ou domésticos. Também são inúmeros os casos de intoxicação humana, por contato com inseticidas químicos. Além do que, alguns inseticidas podem entrar em processo de bioacumulação ou perpetuação, sob a forma de resíduos.

Em contrapartida, o redirecionamento da pesquisa entomológica no Brasil procura evitar ou minimizar estes problemas, ampliando o número de alternativas possíveis de serem utilizadas integradamente, para cada problema entomológico de importância econômica, existente no Brasil. Uma destas alternativas é o controle biológico, através da utilização de parasitas, predadores e doenças das pragas, o que equivale a dar melhores condições de atuação à forma de regulação das populações de pragas, conforme concebida pela natureza.

Existem diversos exemplos de estudos de utilização do controle biológico pelos pesquisadores brasileiros. Optamos pelas pesquisas realizadas nas culturas de trigo, cana de açúcar e soja, por acreditarmos serem estes os exemplos mais didáticos existentes no país, sem com isto considerarmos outros programas do gênero como sendo de menor impacto ou menor valor prático.

Cabe ressaltar que os valores numéricos citados no texto referem-se às safras 1979 (trigo) e 1979/80 (cana de açúcar e soja) e os valores monetários têm como base o mês de fevereiro de 1980.

2. O EXEMPLO DO TRIGO

2.1. Os Problemas de Cultura

A cultura do trigo no Brasil ocupa, atualmente, cerca de 3 milhões de hectares, distribuídos pelos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Goiás e Minas Gerais.

A cultura pode ser atacada por algumas espécies de insetos como lagartas, pulgões, percevejos, etc. No entanto, o maior problema da cultura, em relação ao ataque de pragas, é representado pelos pulgões. Entre os afídeos que se alimentam de trigo, pode-se citar *Metopolophium dirhodum* (pulgão da folha), *Sitobion avenae* (pulgão da espiga), *Schizaphis graminum* (pulgão verde do trigo), *Rhopalosiphum padi* (pulgão da aveia) e *Rhopalosiphum rafiabdominalis* (pulgão da raiz). Considerando-se a potencialidade de causar danos econômicos, os pulgões *M. dirhodum*, *S. avenae* e *S. graminum* são os mais importantes para a lavoura brasileira, sendo que as duas primeiras espécies são de distribuição ampla, enquanto *S. graminum* é encontrado com maior intensidade no Centro-Sul do país.

Os pulgões podem atacar o trigo a partir de março, estendendo-se até novembro, dependendo da espécie e do local do ataque. Das espécies citadas, o pulgão da espiga que pode ocorrer desde julho até novembro, constitui-se no maior problema em potencial, por afetar mais diretamente a população. No caso específico do Mato Grosso do Sul, a espécie *S. graminum* é muito importante, por causar mortalidade de plantas e conseqüente redução da densidade populacional da cultura. O ataque deste pulgão é importante até o estágio 4 (Feeks & Large).

As condições ideais de desenvolvimento dos afídeos que atacam o trigo são representadas por temperaturas médias variáveis entre 20-25°C, umidade relativa do ar entre 60-70% e, marginalmente, por dias claros, com suficiente radiação solar.

Além de sugar as diversas partes das plantas, os pulgões podem ser responsáveis pela transmissão de moléstias ao trigo, especialmente o vírus do mosaico amarelo.

As reduções de produção, devidas ao ataque de pulgões, podem situar-se entre 10-20% do rendimento, para infestações médias e fortes, respectivamente. Na última década, os anos de 1970, 78 e 79 apresentaram baixa incidência de

pulgões na cultura, enquanto ataques médios foram verificados nos anos de 1971, 72, 73 e 77. Os ataques mais intensos ocorreram nos anos de 1974, 75 e 76.

2.2. O Controle Natural Existente

Os agentes de controle natural que habitam o ecossistema da cultura do trigo não apresentam a eficiência necessária para manter as diversas espécies de afídeos sob completo controle.

Apesar disso, a importância dos agentes naturais ainda é extrema, como pode ser percebido pelo cálculo da quantidade de descendentes de uma única fêmea, durante os quatro meses de safra. Considerando-se uma descendência de 50 indivíduos a cada dez dias, no final do período teríamos $4.882.812,5 \times 10^{12}$ pulgões equivalente a 366.210.940 toneladas de pulgões. Com base neste números, os entomologistas do CNPT/EMBRAPA presumem que o controle natural seja responsável pela eliminação de mais de 98% da população de pulgões.

As espécies de predadores mais comuns na cultura são *Cycloneda sanguinea*, *Eriopis connexa*, *Allograpta spp.*, *Chrysopa spp.* e *Nabis spp.* Entre os parasitas nativos, podem ser citados *Aphidius colemani*, que ataca *S. graminum* e *R. padi*, os quais também são parasitados por *Lysephelbus testaceipes*.

Em condições de alta umidade e pouca radiação solar, os pulgões do trigo são atacados por diversas espécies de *Entomophthora*, um fungo entomógeno.

2.3. A Tecnologia Desenvolvida pelo CNPT/EMBRAPA

A tecnologia tradicional utilizada pelo triticultor, preconizando o uso unilateral de defensivos, apresenta diversos inconvenientes, inerentes ao fato de que a utilização de produtos químicos representa a introdução de um componente estranho ao meio, provocando as reações naturais de adaptação à nova situação. Desta forma, a reação da natureza a curto e médio prazo é representada por resistência dos insetos aos inseticidas, ressurgência de pragas, surgimento de novas pragas, etc. Além de que o mau uso destes produtos gera a ocorrência de intoxicações de pessoas humanas e mortalidade de animais domésticos e silvestres.

Inicialmente, os entomologistas do CNPT propuseram a utilização mais criteriosa de produtos químicos, respeitando-se a seletividade, aos inimigos naturais nativos da cultura, bem como, a sua utilização apenas a partir de determinados níveis de ataque, denominado de níveis econômicos de danos. Neste caso, uma aplicação de inseticidas só seria necessária quando mais de 10% das plantas estivessem atacadas por pulgões antes do espigamento, e de 10-20 pulgões por espiga, a partir desta fase.

Paralelamente, foi efetuado um levantamento das espécies de parasitas e predadores de pulgões, nas diversas regiões produtoras de trigo do país, com a

finalidade de verificar a viabilidade de importação de espécies alienígenas, de eficiência comprovada em seus locais de origem ou em outros locais onde houvessem sido introduzidos.

2.4. A Tecnologia Anterior

Como salientamos anteriormente, os pulgões constituem-se na praga mais importante da cultura do trigo e, dependendo da sua densidade populacional e da época de ataque, medidas de controle são necessárias para evitar reduções de produção, devido ao ataque destes insetos.

A tecnologia tradicional preconizava o uso do controle químico exclusivo, como forma de redução da população de pulgões na lavoura. A decisão de aplicação estava baseada em critérios próprios de cada agricultor em particular, que levava em consideração diversos fatores, porém sem o devido respaldo científico.

A guiza de exercício da hipótese de comparação de custos entre as tecnologias disponíveis, tem-se que, em média, o tricultor brasileiro efetua duas aplicações de inseticidas por safra de trigo visando o controle das plantas presentes nas lavouras. Em fevereiro de 1980, o custo da aplicação de inseticidas na cultura do trigo era de Cr\$ 153,00/ha, sendo o custo do produto de Cr\$ 170,00/ha (Pirimicarb, 150 g/ha). Assumindo-se que toda a área plantada com trigo no Brasil, necessitasse de controle químico de pulgões, teríamos um gasto total de Cr\$ 1.994.000.000,00. Convém salientar que a decomposição dos custos indica que quase 90% dos custos envolvidos referem-se a material importado diretamente, ou vinculado a capital estrangeiro, representando, em última análise, uma evasão de divisas do país.

As espécies de inimigos naturais introduzidos, seus hospedeiros e sua procedência, constam do quadro 1.

As espécies introduzidas passam o período inicial, após sua chegada ao país, em instalações especiais de quarentena. O objetivo principal do período quarentenário é a separação da espécie desejada, de outros organismos que porventura possam acompanhar estas espécies, quando de sua introdução no país.

Após o período de quarentena, as diversas espécies de parasitas são criadas em gaiolas especiais, alimentando-se diretamente de pulgões de trigo, no interior das quais se desenvolve a fase larval do parasita. As gaiolas são mantidas em um insetário, onde as condições de luz, temperatura e umidade são manejadas de maneira a situarem-se dentro da amplitude ideal para o desenvolvimento dos parasitas.

Os pulgões, que servem de hospedeiros aos parasitas da criação massal, são produzidos sobre plantas de trigo criadas em estufas ou telado, instalações próprias do CNPT.

Quando a população de pulgões na lavoura se encontrava em nível adequado para a perfeita reprodução dos parasitas, foram efetuadas as liberações dos mesmos em diversos campos de trigo. A condição ideal da lavoura para

liberação dos parasitas consistia na presença de matas ou vegetação nativa nas proximidades, e situar-se ao abrigo dos ventos dominantes da região.

QUADRO 1. Inimigos naturais de pulgões de trigo introduzidos pelo CNPT/EMBRAPA, Passo Fundo, RS. 1978/79

Espécie	Hospedeiro	Procedência
PARASITAS		
HYMENOPTERA - APHELINIIDAE		
<i>Aphelinus abdominalis</i> Dalman	MD-SA-SG1	Chile
<i>Aphelinus asyschis</i> Wilker	MD-SA-SG	França
<i>Aphelinus varipes</i> Forster	MD-SA-SG	França
<i>Aphelinus flavipes</i> Forster	MD-SG	França
NYMENOPTERA - APHIDIIDAE		
<i>Aphidius colemani</i> Viereck	MD-SA	Israel/França
<i>Aphidius ervi</i> Haliday	SA-MD	Grécia/França/Inglaterra
<i>Aphidius pascuorum</i> Marshall	MD-SA	França
<i>Aphidius picipes</i> Nees	SA-MD	Grécia
<i>Aphidius rhopalosiphi</i> De Stefani	SA-MD	Chile
<i>Aphidius uzbekistanicus</i> Luzhetskii	MD-SA	Inglaterra/Israel/França/Itália
<i>Ephedrus plagiator</i> Nees	SA-MD	França/Suíça
<i>Praon volucre</i> Haliday	MD-SA	Israel/França/Chile
<i>Praon gallicum</i> Stary	MD-SA	França
PREDADORES		
COLEOPTERA - COCCINELLIDAE		
<i>Hippodamia quinquesignata</i> Kirby	várias	USA
<i>Coccinella septempunctata</i> Linnaeus	várias	Israel

^{1/} MD = *Metolophium dirhodum*
 AS = *Sitobion avenae*
 SG = *Schizaphis graminum*

Aproximadamente quinze dias após a liberação dos parasitas, são efetuadas avaliações dos resultados a fim de que sejam certificadas a adaptação e o estabelecimento das diversas espécies. O quadro 2 indica as espécies colonizadas e/ou estabelecidas, após as liberações efetuadas.

QUADRO 2. Espécies de parasitas de pulgões de trigo, colonizadores ou estabelecidas, após liberações efetuadas pelo CNPT/EMBRAPA

Espécie	Colonizada	Estabelecida
Aphidius colemani*	X	
Aphidius ervi*	X	
Aphidius pascuorum	X	
Aphidius rhopalosiphi*	X	
Aphidius uzbekistanicus*	X	
Ephedrus plagiator	X	
Praon volucre		X

(*) Espécies com grande dispersão natural

Segundo os entomologistas do CNPT, com as instalações atualmente disponíveis, a capacidade de produção de parasitas atinge 6.000.000 de espécimes/safra. Se este total tivesse sido alcançado na safra de 1979, o custo por parasita seria de aproximadamente Cr\$ 0,22.

De acordo com a mesma fonte, são necessários entre 5 e 10.000 espécimes por hectare, para haver um bom controle dos pulgões presentes na lavoura. Estima-se em cerca de cinco anos de trabalho a capacidade máxima, o tempo médio necessário para redução em 50% da quantidade de inseticidas utilizada na lavoura.

2.5. Resultados Econômicos

Partindo-se das colocações realizadas anteriormente, é possível efetuar-se uma estimativa do benefício econômico e, por extensão, social, advindo da tecnologia gerada pelo CNPT/EMBRAPA.

Considerando-se a área, total de plantio de trigo de 3.000.000 ha recebendo em média duas aplicações de inseticidas, teríamos um dispêndio total de Cr\$ 1.954.000.000,00. Ao final de cinco anos de cultura, teríamos um gasto estimado de Cr\$ 9.720.000.000,00. Saliente-se que deste total, 89,1% é representado por gastos com material importado (inseticidas e petróleo) ou fabricado no país por indústria estrangeira (trator).

Assumindo-se como correta a estimativa do CNPT, com respeito à redução de 50% das aplicações de inseticidas, após cinco anos de utilização maciça do controle biológico, o gasto total com a produção dos 30.000.000 de parasitas necessários seria de Cr\$ 6.600.000,00.

QUADRO 3. Custo de aplicação de inseticidas na cultura do trigo (Valores de fevereiro/80). Seg. A. C. Roessing, CNPSo/EMBRAPA

Fator	Cr\$	%
Trator	50,68	15,6
Pulverizador	14,00	4,3
Combustível+lubrificante	67,26	20,9
Operador	11,42	3,5
Diarista	9,94	3,1
Inseticida	170,00*	52,6
Total	324,00	100,00

(*) 75g i.a./ha de Pirimicarb (Pirimor GD^R).

Supondo-se, apenas para efeito de raciocínio, que o impacto do programa de controle biológico ocorra apenas a partir do quinto ano de utilização maciça do mesmo, verifica-se que com a economia de inseticidas proveniente de apenas 20.370 ha de trigo, serão cobertas as despesas efetuadas com a criação dos parasitas. Supondo-se inalterada a área de plantio de trigo no país, a partir de 1986 os gastos com defensivos na lavoura de trigo seriam reduzidos em Cr\$ 997.000.000.000/ano, em valores atuais. Cumpre ressaltar que a escalada ascensional dos preços do petróleo deverá manter sua tendência acima dos índices inflacionários, o que torna lícito supor que o benefício real do país será superior ao possível de ser estimado no momento.

Finalizando o exercício, cabe comparar o montante que se estima será economizado anualmente pelo sistema agrário (Cr\$ 997 milhões) com os gastos para a introdução da tecnologia (Cr\$ 6,6 milhões) ou mesmo com o orçamento global da EMBRAPA (Cr\$ 4,4 bilhões) para se ter uma idéia da potencialidade da tecnologia alternativa gerada.

2.6. Entraves à Adoção da Tecnologia

O grande entrave se constitui na utilização de inseticidas extremamente tóxicos aos parasitas e que poderia, comprometer o sucesso do programa. A solução aventada é a utilização de inseticidas seletivos, que permitem a compatibilidade dos controles biológicos e químicos. Afora este aspecto, os responsáveis pelo programa referem a grande receptividade do mesmo junto aos agricultores motivando a procura de parasitas junto ao CNPT para liberação nas lavouras, inclusive mediante pagamento do material recebido, o que representa um primeiro sintoma de rompimento da relação paternalista agricultor/órgãos oficiais.

Referem, também, os responsáveis pelo programa, que a escassez de recursos, especialmente destinados à movimentação, pode prejudicar o programa em sua totalidade, sendo isto um fenômeno lastimável após o investimento vultoso já realizado pela Empresa em termos de treinamento de recursos humanos, aquisição de equipamentos e construções.

2.7. Necessidades de Pesquisa

Diversas são as necessidades de conhecimento para melhoria da tecnologia, porém alguns aspectos particulares parecem necessitar atenção mais imediata, quais sejam:

1. Avaliação dos inimigos naturais introduzidos;
2. Níveis de danos econômicos de pragas e doenças;
3. Criação e colonização de parasitas e predadores;
4. Seletividade toxicológica dos defensivos aos inimigos naturais;
5. Estudos de laboratório da ecologia, biologia dos pulgões e inimigos naturais;
6. Distribuição de pulgões na planta e na lavoura;
7. Fenologias, efeito diferencial dos pulgões em trigo (cevada, aveia);
8. Hospedeiros intermediários dos pulgões, incluindo ervas daninhas e sua distribuição geográfica;
9. Determinação do material resistente aos pulgões;
10. Sistema de alerta para os agricultores;
11. Sistema de manejo de pragas do trigo.

2.8. Instituições e Cientistas que se Destacaram na Condução da Tecnologia

O CNPT/EMBRAPA foi o gerador da tecnologia, destacando-se a atuação dos técnicos Luiz Antonio de Salles, Fernando Tambasco e Enrique Zuniga.

3. O EXEMPLO DA CANA-DE-AÇÚCAR

3.1. Os Problemas da Cultura

O Brasil é um dos principais produtores mundiais de açúcar de cana, com previsão de 6.600.000 t para a safra 1979/80. Esta produção se concentra principalmente nos estados de São Paulo, Pernambuco, Alagoas e Rio de Janeiro.

Os problemas entomológicos da cultura são muito diversificados. A praga de maior importância é a broca-da-cana (*Diatraea saccharalis* F. e *flavipennella* Box), de distribuição ampla e com enorme potencialidade para causar danos com reflexo direto sobre a produção. Outras pragas que têm afetado os canaviais são a broca gigante (*Castnia licus* D.) e a cigarrinha (*Mahanarva posticata* S.).

A broca-do-colmo (*Diatraea* spp.) penetra no colmo da planta em fase de larva, cavando uma galeria em seu interior. Além do dano direto representado pela

alimentação da broca, há que se considerar também a penetração de fungos e bactérias pela abertura da galeria. Estudos realizados com estes insetos indicaram que, a cada ponto percentual de infestação da broca na lavoura, corresponderia a perda de 0,5% da produção de açúcar e 0,14% do peso da cana.

A broca é criada em dieta artificial (Hammond & Hensley, modificada) desde a eclosão até o final da fase de lagarta. Ao atingir a idade adequada é inoculada com o parasita em um processo bastante simples, no qual o parasita introduz os ovos no interior do corpo da lagarta, em número de aproximadamente 50 ovos por lagarta.

Seque-se um período de incubação em que o parasita se desenvolve no interior da lagarta. Quando este se transforma em pupa, no interior de um casulo, a lagarta morre. Após alguns dias, ocorre a eclosão do parasita, sendo o mesmo liberado na lavoura, onde irá parasitar a broca-da-cana.

Para a manutenção das colônias de broca e parasita, uma parcela deste não é liberada no campo, destinando-se à inoculação das brocas, enquanto uma parte das brocas não é inoculada com o parasita, permitindo-se o encrisalidamento, o surgimento do adulto, a reprodução e a oviposição, reiniciando-se o ciclo, com as pequenas brocas alimentando-se de dieta artificial.

O aprimoramento da tecnologia de produção e sua transferência aos próprios produtores propiciaram o desenvolvimento de um programa de controle biológico de *D. saccharalis* a nível nacional, com envergadura ainda não atingida em qualquer outro país. Para sustentar a afirmativa, apenas na região Centro-Sul do país, dez laboratórios de empresas privadas e um oficial produzem mensalmente em torno de 12.000.000 de parasitas. Este material é liberado prioritariamente em cana-planta e variedades mais suscetíveis.

Com relação à outra espécie de broca que ataca a cana de açúcar, a broca gigante (*C. licus*), não foram encontrados, até o momento, inimigos naturais altamente eficientes, que pudessem manter esta praga sob controle. No momento, o controle está sendo efetuado de forma mecânica, através da coleta manual das diversas formas biológicas de praga (lagarta, pupa, adulto). Através desta técnica tem sido possível manter as áreas onde a mesma é empregada, com baixos índices de infestação da praga.

A cigarrinha das folhas é praga de importância em algumas regiões produtoras do Nordeste do País, mormente Alagoas e Pernambuco. Convencionalmente, inseticidas químicos na formulação pó vinham sendo utilizados pelos agricultores para manter *M. posticata* sob controle.

Mais recentemente o Planalsucar desenvolveu uma nova tecnologia de controle desta praga, através da utilização de esporos do fungo *Metarhizium anisopliae*, causando uma epizootia artificial deste microorganismo nos canaviais e mantendo a cigarrinha sob controle.

O fungo é produzido nos laboratórios da Planalsucar, em meio de cultura apropriada, baseado em arroz autoclavado. As garrafas contendo o meio de cultura são inoculadas e deixadas em incubação nas melhores condições ambientais (temperatura, luminosidade, umidade) para o perfeito desenvolvimento do fungo.

Após a completa esporulação do fungo, as garrafas são abertas, liberando o conteúdo, o qual é peneirado e embalado, estando em condições de ser aplicado ao campo.

3.2. Resultados Econômicos

O uso de inseticidas químicos para controle da broca-da-cana, *Diatraea spp.*, não tem se mostrado uma alternativa viável, por inúmeras razões. Saliente-se, com preponderância, que os produtos químicos atualmente disponíveis não fornecem controle satisfatório da praga, ao mesmo tempo em que podem provocar graves problemas de desequilíbrio biológico, de previsível impacto ecológico, econômico e social.

Estudos já realizados indicam uma relação linear entre o grau de ataque da broca-da-cana e o teor de açúcar da cana, sendo lícito afirmar que, para cada ponto percentual de ataque da praga, ocorrerá uma redução de 0,5% no peso de açúcar da cana atacada.

Segundo o Planalsucar, o custo de produção de cada vespa de *Apanteles flavipes* se situava em torno de Cr\$ 0,042 em 1978, podendo este custo ser projetado para cerca de Cr\$ 0,08 para a safra 1979/80.

Dispõe-se, assim, de elementos para contabilizar a contribuição econômica da tecnologia e seu potencial de impacto, caso fosse utilizada a plena capacidade.

Segundo dados da Planalsucar, baseados em observações efetuadas na Usina Santa Bárbara (Santa Bárbara do Oeste-SP), a liberação de 5.297 espécimes de *A. flavipes*, por hectare, reduziu a intensidade de infecção da broca-da-cana em 4,38%. Tomando-se por base a produtividade média da propriedade, de aproximadamente 14 ton/ha de cana, foram evitadas perdas de 607 kg/ha de cana de açúcar e 258 kg de açúcar.

Ao preço médio de Cr\$ 300,00, para a tonelada de cana, e de Cr\$ 400,00, para o saco de açúcar de 60 kg, a liberação do parasita representou acréscimos de renda bruta equivalente a Cr\$ 1.902,10, devidos à redução no ataque de *Diatraea spp.* Descontando o custo de produção dos parasitas, no valor de Cr\$ 423,76, temos uma renda líquida de Cr\$ 1.478,34, por hectare.

Apenas para efeito de projeção, se a técnica fosse aplicada sobre a totalidade da área plantada, isto representaria um aumento de 1.320.964 toneladas de cana e 9.357.737 sacas de açúcar por safra. Ou, expressando em valores monetários, o equivalente em dólares (US\$ 1,00 = Cr\$ 46160) a US\$ 8.504.060,00 decorrente do aumento de produção de cana ou US\$ 80.323.922,00 proveniente do aumento de rendimento de açúcar. Ou, expressando em moeda brasileira Cr\$ 396.314.360,00 e Cr\$ 3.743.094.770,00, respectivamente.

Para efeito de cálculo, posto que os resultados disponíveis até o momento não permitiam a sua utilização a nível de campo, podemos comparar a tecnologia em vigor com a alternativa química, a qual não geraria um acréscimo de rendimento tão ponderável quanto o exposto, pela inexistência de um produto que forneça bom controle da broca. Porém, é possível efetuar uma estimativa do custo de aplicação de Thiodan granulado 3G. Supondo-se uma aplicação à dose de 40 kg/ha, ao preço unitário de Cr\$ 25,00, o kg, cobrindo-se toda a área produtora, verificamos serem necessários Cr\$ 2.176.218.000,00 em inseticidas, além de Cr\$ 261.146.160,00 para pagamento das despesas com aeronaves agrícolas.

Para manter a mesma área sob controle biológico eficaz, tomando-se por base os valores expostos anteriormente, verificamos serem necessários Cr\$ 922.063.560,00, ou seja, Cr\$ 1.515.300.600,00 a menos que a opção química.

No caso da cigarrinha das folhas, não se dispõe de uma estimativa concreta do custo de produção do fungo *M. anisopliae*, porém há evidência de que seu custo final não é superior ao do controle químico convencional.

Supondo-se aproximadamente 600.000 ha afetados pela praga, o país pode se beneficiar, a curto prazo, com uma economia de Cr\$ 326.000.000,00 representados por inseticidas químicos que seriam substituídos pela utilização do controle biológico.

Atualmente, em cerca de 30% da área atingida pela praga, está sendo utilizado o controle biológico em substituição ao controle químico.

3.3. Necessidades de Pesquisa

A filosofia de controle de pragas da cana de açúcar está dentro de uma linha corretamente posicionada, considerando-se os aspectos técnicos, econômicos, sociais e ecológicos envolvidos. A partir dos resultados já alcançados, os diversos cientistas envolvidos no programa deverão dirigir seus esforços para a ampliação do mesmo, objetivando uma solução qualitativa e quantitativa do processo.

3.4. Instituições e Cientistas que colaboraram na geração da Tecnologia

Apesar de diversas instituições e técnicos terem contribuído para o desenvolvimento da tecnologia, é opinião deste autor que se ressaltem os trabalhos realizados pela ESALQ-USP, pelo Planalsucar e pela Copersucar. Merecem destaque, entre outros, o professor Domingos Gallo e os técnicos Pietro Guaglielmi e Herval Dias de Souza.

4. O EXEMPLO DA SOJA

4.1. Os Problemas da Cultura

A soja ocupa atualmente cerca de 8,5 milhões de hectares, com produção estimada de 15 milhões de toneladas. A área de produção se concentra no Sul do país, especialmente nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Mato Grosso do Sul. A soja também é produzida em outros estados, como Santa Catarina, São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso.

Os problemas entomológicos da lavoura de soja são, em linhas gerais, semelhantes para todas as regiões produtoras, constituindo-se basicamente de lagartas e percevejos. Dentro desta definição mais ampla, vamos encontrar pequenas diferenciações, como é o caso dos percevejos: a espécie *Nezara viridula* apresenta maiores populações nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, enquanto a espécie *Euschistus heras* prefere as regiões ao norte do paralelo 24°S. O percevejo *Piezodorus guildinii* é encontrado em toda a região produtora, como ocorre com a lagarta *Anticarsia gemmatalis* tendo esta a particularidade de atacar mais cedo nas lavouras ao norte do paralelo 24oS e, posteriormente, nas regiões mais meridionais do país.

Outros insetos podem, eventualmente, causar problemas de ordem econômica, como *Pseudoplusia includens*, *Epinotia aporema*, *Spodoptera latifascia*, *Spodoptera eridania*, *Hedylepta indicata*, *Dichelops melacanthus*, entre outros.

Os danos causados pelas pragas principais da soja são representados pelo desfolhamento, no caso da lagarta *A. Gemmatalis*, ou pelo sugamento dos grãos, praticados pelos percevejos, o que pode ocasionar reduções de produção variáveis em função da época de ataque e da densidade populacional da praga.

4.2. O Controle Natural Existente

Assim como existe uma quantidade relativamente grande de pragas potenciais, das quais as mais comuns foram referidas anteriormente, também encontramos um complexo razoavelmente sofisticado de inimigos naturais destas pragas, representados por predadores, parasitas e doenças de insetos.

Para a maior parte das pragas potenciais, o controle natural é suficiente para impedir que estas atinjam altas populações, ou, ao menos, populações que pudessem traduzir-se em danos econômicos. No caso das pragas principais da cultura, em algumas situações, esta afirmação também é válida, tendo em vista ser perfeitamente factível produzir-se soja, em alguns níveis de rendimento, sem a utilização de defensivos químicos.

Entre os predadores das pragas de soja merecem citação, pela sua importância, as seguintes: *Nabis spp.*, *Geocoris spp.*, *Callida spp.*, *Lebia concina* e diversas espécies de aranhas. Das espécies de parasitas, podemos referir

Microcharops bimaculata, *Litomaxtix truncateiluz*, *Patelloa simillis*, *Trissolcus basal* e *Eutrichopodopsis nitens*.

No entanto, é no grupo das doenças de insetos, que vamos encontrar os inimigos naturais mais eficientes, sob o ponto de vista econômico. *Nomuraea rileyi* é um fungo entomôgeno que, anualmente, dizima quase completamente as populações de lagartas existentes na lavoura, poupando uma a duas aplicações de inseticidas. Em anos com altos índices de precipitação pluviométrica, por exemplo, a safra 1979/80, a utilização de inseticidas reduz-se a níveis inferiores a 20% do que seria utilizado na ausência do fungo. Outras espécies de fungos podem ser encontradas sobre insetos de soja, como *Entomophthora spp.* e *Beauveria spp.*, além de espécies de vírus, sendo o mais importante *Baculovirus anticarsia*.

O Programa de Manejo de Pragas da Soja visa, entre outros objetivos, aumentar a participação relativa dos agentes de controle natural no elenco de medidas de controle das pragas de soja, como uma das formas de controle biológico.

4.3. A Tecnologia Anterior

Anteriormente a 1975 - ano de início dos estudos com Manejo de Pragas no Brasil - e mesmo atualmente, entre os agricultores não atingidos pelo Programa ou refratários à tecnologia, o único método de controle disponível era representado por aplicações unilaterais de inseticidas. Segundo levantamento do CNPSO, nesta situação, o agricultor utiliza, em média, de quatro a cinco aplicações de inseticidas, sendo a amplitude variável de 2-10. Verificou-se, também, que estes agricultores costumam lançar mão de produtos de largo espectro - liquidando tanto as pragas como os inimigos naturais - e com alto poder residual, ou seja, produtos com grande potencial de persistência no ambiente.

Diversos fatores levam os agricultores a utilizarem a tecnologia convencional, podendo ser citados como mais importantes os seguintes: pressão de venda exercida pelas firmas produtoras; conceito errôneo de relação linear entre uso de insumos e produtividade; facilidade - algumas vezes, obrigatoriedade - de aquisição de defensivos via crédito subsidiado; desconhecimento dos níveis de danos dos insetos que atacam a cultura.

Os critérios de decisão a respeito da utilização ou não de inseticidas, na tecnologia convencional, são os mais descontraídos, como por exemplo: controle preventivo; aplicação no início do aparecimento das pragas; dependendo da disponibilidade de equipamentos; influência de vizinhos ou líderes rurais; em função das condições meteorológicas ou fases da lua; com datas cronológicas pré-fixadas; considerando o estágio de desenvolvimento da lavoura ou após decorridos "n" dias do plantio, etc.

O uso desta tecnologia anacrônica tem como conseqüência imediata a elevação dos custos de produção e a possibilidade do surgimento dos efeitos colaterais representados por resistência dos insetos, surgimento de pragas secundárias, reinvasão de pragas, etc.

4.4. A Tecnologia Recomendada pela EMBRAPA

O Programa de Manejo de Pragas da Soja foi idealizado visando o atingimento de diversos objetivos, sendo os mais importantes a redução do custo do controle de pragas da soja, a evitação dos problemas colaterais causados pelo uso exclusivo de inseticidas e o aumento da participação do controle biológico a limites próximos à sua potencialidade máxima.

A tecnologia gerada para atingir-se os objetivos propostos foi delineada com duas características, a fim de garantir uma rápida adoção pelo agricultor: simplicidade no uso e segurança na aplicação. Reservou-se para uma segunda etapa a introdução de procedimentos mais sofisticados, bem como, a redução da margem de segurança embutida nas recomendações do Programa.

Em seu formato atual, o Programa consta basicamente de visitas sistemáticas à lavoura, sendo sua freqüência determinada pela probabilidade de atingimento dos níveis de danos econômicos. Nestas visitas, o agricultor vistoria a lavoura, efetuando um levantamento das pragas presentes, dos danos já causados e dos principais inimigos naturais ocorrentes no momento da tomada da amostra. Em função do tamanho da área manejada, de sua disponibilidade de tempo e do nível populacional das pragas, o número de amostras por unidades de área irá variar, sempre acima de um mínimo recomendado para inferir-se uma média confiável dos parâmetros que se pretende estimar.

Obtidas as médias de população de pragas e seus danos, compara-se o resultado obtido com o disposto no quadro 4, decidindo-se por uma aplicação de inseticidas, caso os valores médios encontrados no campo igualem ou superem os referidos no quadro 4.

Apenas observando-se estes critérios é possível reduzir entre 50 e 100% o número de aplicações de inseticidas na cultura da soja, sem que o rendimento seja afetado. A grande margem de segurança, referida anteriormente, encontra-se nas recomendações constantes do quadro 5.

A meta estabelecida para a safra 1979/80 seria a cobertura de 25-30% da área plantada com soja, através da atuação direta de extensionistas - ou por vias indiretas de comunicação massal. Na realidade, levando-se em consideração as excelentes condições climáticas vigentes em toda a área produtora de soja, acredita-se que esta meta tenha sido superada. Isto devido ao fato de que condições climáticas favoráveis à atuação do controle biológico tornam o agricultor muito mais receptivo à idéia difundida pelo Programa. Estimativas extra-oficiais disponíveis no momento fazem prever uma média de aproximadamente uma aplicação por lavoura, durante toda a safra, o que significaria uma redução de aproximadamente 80% em relação aos índices levantados para a tecnologia convencional, no ano de 1975.

Para efeito de exercício, utilizaremos os valores constantes do quadro 5, que fazem uso de um valor conservador de duas aplicações por safra na tecnologia recomendada, em contraposição a cinco aplicações na tecnologia convencional.

QUADRO 4. Níveis econômicos de danos das principais pragas da soja

Fase	Plantio		Colheita
	Vegetativa	Florescimento	Formação de vagens e enchimento de
Lagartas: 40 espécimes por amostragem ou 30% de desfolhamento = aplicar.			40 espécimes por amostragem ou 15% de desfolhamento = aplicar
	Broca das axilas: 30% de ponteiros atacados = aplicar.		Não ocorre ataque = Não aplique.
	Percevejos: o ataque não é importante nesta fase = Não aplique		Lavoura de consumo: 4 percevejos por amostragem = Aplique
			Lavoura de semente: 2 percevejos por amostragem: Aplique

QUADRO 5. Diferencial de custos, comparando-se a tecnologia convencional e a recomendada pela EMBRAPA, com base em 1 hectare de soja, safra 1979/80¹

Item	Tec. Convencional (5 aplicações)	Tec. Recomendada (2 aplicações)	Diferença
	Cr\$/ha	Cr\$/ha	Cr\$/ha
Trator e pulverizador	492,40	196,96	295,44
Combustível e Lubrificante	240,00	96,00	144,00
Inseticidas	589,90	256,86	333,04
Total	1.322,30	549,82	772,48

^{1/} OLIVEIRA

Dessa forma, teríamos uma redução de 9.175,5 toneladas de inseticida, considerando-se a área de 8.500.000 ha de soja, que ao custo de US\$ 4,500.00/t, daria uma economia de divisas de US\$ 41.3 milhões. Ou, ao câmbio de Cr\$ 46,60/US\$ 1,00, de Cr\$ 1.924.580.000,00.

Estimando-se a economia global do sistema, chegaríamos à cifra de Cr\$ 6.566.080.000,00 (US\$ 140,903,000.00), o que equivale a um montante 50% superior ao orçamento da EMB RAPA para 1979, ou cerca de 500 vezes superior ao montante gasto para a implantação da tecnologia junto ao agricultor.

4.5. Entraves à Adoção da Tecnologia

Alguns aspectos inerentes à conjuntura agrícola do país têm dificultado a adoção da tecnologia em maior escala. Como aspectos principais, podemos referir:

- a) Dificuldade na reversão da mentalidade de determinados agricultores, acostumados a utilizar a tecnologia convencional durante décadas,
- b) Pressão de venda dos inseticidas por parte dos fabricantes e distribuidores.
- c) Legislação de uso e registro de inseticidas não congruentes com as necessidades reais de campo.
- d) Áreas de lavoura muito extensas, da ordem de milhares de hectares, que dificultam o acompanhamento cuidadoso da lavoura.
- e) Número reduzido de extensionistas em relação à área cultivada.
- f) Baixa disponibilidade financeira para implementar todas as estratégias disponíveis na difusão do Programa.

4.6. Necessidades de Pesquisa

Existem diversos aspectos que necessitam de um maior aprofundamento, ou mesmo estudos completos a respeito. Sem destacar ordem de prioridade, julgamos

os aspectos seguintes como merecedores de estudo.

- a) Modelagem do ecossistema da soja, sob o ponto de vista da fitossanidade.
- b) Refinamento dos métodos de levantamento de pragas da soja, a nível de lavoura.
- c) Reestudo dos níveis econômicos de danos das pragas principais e aproximação destes parâmetros para pragas secundárias.
- d) Estudos sobre a possibilidade de introdução de inimigos naturais alienígenas, altamente eficientes no controle de pragas da soja.

- e) Implantação de um projeto piloto para produção industrial de *Baculovirus anticarsia*. Em nossa opinião, este é o aspecto com maior probabilidade de ser explorado com sucesso, sob o ponto de vista do impacto econômico, na década de 80.
- f) Seleção genética e criação de cultivares tolerantes ou resistentes às principais pragas da cultura.
- a) 9) Estudo de técnicas alternativas complementares, para controle das pragas da soja.
- g) Estudo da biologia e ecologia das pragas da soja e seus inimigos naturais.
- h) Concentrar as recomendações do Programa em inseticidas que coadunem integralmente com sua filosofia.
- i) Coordenar um esforço mais agressivo na difusão do Programa, explorando ao máximo as técnicas de comunicação de massa.

4.7. Instituições e cientistas que se destacaram na geração e condução de tecnologia

A tecnologia foi gerada e testada no CNPSO, sob a responsabilidade de Edilson B. de Oliveira e Décio L. Gazzoni. A difusão esteve a cargo do sistema EMBRATER, através das EMATERs dos principais estados produtores, sob a coordenação dos técnicos anteriormente citados. A nível de estado, ressalte-se a cooperação dos entomologistas da EMBRAPA e empresas estaduais das diversas regiões produtoras.

5. CONCLUSÕES

Pelo exposto, pode-se verificar que a taxa de retorno dos investimentos realizados em pesquisa pode ser bastante elevada, como é o caso da busca de estratégias alternativas no controle de pragas agrícolas. Esta taxa pode atingir cifras altamente expressivas, como 1: 500, no caso do Programa de Manejo de Pragas de Soja.

Alguns aspectos merecem ser destacados à parte, como os referidos nos itens "Entraves à adoção da tecnologia" e "Necessidades de pesquisa", onde, a nosso ver, os problemas serão minorados apenas com maciças inversões de recursos, para ampliação e continuidade do Programa. Isto é especialmente válido para aquelas culturas, onde o estágio atual coincida com a fase de transferência de tecnologia. No caso deste trabalho ressaltamos o exemplo do trigo, onde, se não forem providenciados recursos para se levar avante a tecnologia gerada, os investimentos, até o momento realizados pela EMBRAPA terão retorno nulo, para um potencial de retorno de aproximadamente 1: 151.

Acreditamos como correta a atuação do sistema EMBRAPA em buscar soluções mais "naturais" para problemas que fundamentalmente decorrem de desequilíbrio da Natureza. Cabe salientar que, além da reorientação filosófica e institucional da EMBRAPA, o treinamento de alto nível propiciado a seus técnicos teve importância fundamental nos resultados obtidos.

6. LITERATURA CITADA

1. GALLO, D. Situação do Controle Biológico da Broca de Cana de Açúcar no Brasil. Resumo da Palestra proferida na mesa redonda de Cana de Açúcar do II Congresso Brasileiro de Entomologia. Campinas, 3-9/02/80. 7p., mimeo.
2. GAZZONI, D.L. 1980a. Manejo de Pragas de Soja do Sul do Brasil. Fundação Cargill (em impressão).
3. GAZZONI, D.L. 1980b. Manejo de Pragas da Soja no Brasil. Em impressão.
4. MACEDO, N., BOTELHO, P.S.M. & MENDES, A.C. s/d. Projeto piloto para produção de *Apanteles flavipes* com (Hym., Braconidae) 24 p. mimeo.
5. MENDES, A.C., MACEDO, N., BOTELHO, P.S.M. & CASTILHO, H.J. 1979. Justificativa e resultados da introdução da *Apanteles flavipes* (cam.) (Hym., Braconidae) para controle de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lep., Pyralidae), no estado de São Paulo. Publ. Planalsucar, 52 p. mimeo.
6. OLIVEIRA, F.T.G., SILVA, J.B., GAZZONI, D.L. & ROESSING, A.C. 1980. Retorno aos investimentos da EMBRAPA na Pesquisa com soja - o caso do Manejo de Pragas. Série: Avaliação de Resultados de Pesquisa n. 01. (em impressão).
7. PLANALSUCAR - Conor - Relatório final, Secção de Entomologia. 61 p. 1980. mimeo.
8. PLANALSUCAR 1979a. Relatório Técnico Anual - Secção de Entomologia. 34 p. mimeo.
9. PLANALSUCAR 1979b. Resumo do Relatório Anual de 1978 e previsões para 1979. Secção de Entomologia da Coord. Reg. Sul. 28 p. mimeo.
10. PLANALSUCAR. 1979c. IV Encontro Nacional de Entomologia do Planalsucar. 21 p., mimeo.
11. RISCADO, G.M., LIMA FILHO, M., BARBOSA, J.T. 1978. Avaliação do Programa Nacional de Controle Biológico da Cana de açúcar *Diatraea* spp. no período 1975-78. 15 p. mimeo.
12. SALLES, L.A.B., LUCCHINI, F. & SALINAS, E.D.C.Z. 1979. Pragas do Trigo. Inf. Agrop. 5 (50): 39-44.