

**I SIMPÓSIO SOBRE
HERBICIDAS E
PLANTAS DANINHAS**

Dourados, MS
23, 24 e 25 de setembro de 1997

R E S U M O S



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

Dourados, MS
1997

EMBRAPA-CPAO. Documentos, 13

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:
EMBRAPA-CPAO

Setor de Marketing e Comercialização - SMC
Rod. Dourados-Caarapó, km 5, Caixa Postal 661
Fone: (067) 422-5122 - Fax (067) 421-0811
79804-970 Dourados, MS

COMITÊ DE PUBLICAÇÕES:

Júlio Cesar Salton (Presidente)	Edelma da Silva Dias
André Luiz Melhorança	Eliete do Nascimento Ferreira
Augusto César Pereira Goulart	Guilherme Lafourcade Asmus
Carlos Hissao Kurihara	José Ubirajara Garcia Fontoura
Clarice Zanoni Fontes	

PRODUÇÃO GRÁFICA:

Coordenação: Clarice Zanoni Fontes
Diagramação: Eliete do Nascimento Ferreira
Edelma da Silva Dias
Revisão: Eliete do Nascimento Ferreira
Normalização: Eli de Lourdes Vasconcelos

TIRAGEM: 500 exemplares

SIMPÓSIO SOBRE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 1., 1997,
Dourados. **Resumos.** Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1997.
???p. (EMBRAPA-CPAO. Documentos, 13).

I SIMPÓSIO SOBRE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS

Dourados, MS
23, 24 e 25 de setembro de 1997

Promoção/Realização:

Embrapa

Agropecuária Oeste

Apoio:



Patrocínio:



Comissão Organizadora:

André Luiz Melhorança

Pesquisador, área de Herbicidas e Plantas Daninhas, EMBRAPA-CPAO
Presidente da Comissão

Clarice Zanoni Fontes

Comunicação Empresarial/Marketing/Comercialização, EMBRAPA-CPAO

Francisco Assis Rolim Pereira

Pesquisador, área de Herbicidas e Plantas Daninhas, EMPAER-MS

Tarcísio de Oliveira Valente

Professor, área de Herbicidas e Plantas Daninhas, UFMS

As informações expressas nos textos contidos nesta publicação são de inteira responsabilidade de seus autores.

APRESENTAÇÃO

A *Embrapa Agropecuária Oeste* tem em sua missão a geração, adaptação e transferência de tecnologias para a melhoria dos sistemas de produção da Região Oeste do Brasil.

Com as atividades de transferência de tecnologia, tais como dias de campo, publicações técnicas, palestras, divulgações na imprensa, eventos e outros, tem sido possível levar aos clientes da pesquisa, com maior rapidez, informações tecnológicas necessárias à melhoria e à modernização de práticas agropecuárias.

Muitos eventos têm sido realizados sob a liderança deste Centro, em parceria com outras instituições de pesquisa, de ensino, do setor de produção e da agroindústria.

O I Simpósio sobre Herbicidas e Plantas Daninhas trata de diversos temas relativos ao uso adequado desses defensivos para a produção agropecuária com a menor agressão dos recursos naturais e saúde humana.

A realização deste Simpósio tornou-se possível graças à colaboração das empresas do setor de agroquímicos, fornecendo palestrantes e recursos financeiros e, também, ao apoio da UFMS e da EMPAER.

José Ubirajara Garcia Fontoura
Chefe Geral
Embrapa Agropecuária Oeste

SUMÁRIO

	Página
1. AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL NO USO DE HERBICIDAS	
<i>Luiz Lonardoní FOLONI</i>	13
1.1. Importância dos produtos fitossanitários.....	13
1.1.1. Pragas, doenças e plantas daninhas.....	13
1.1.2. Importância dos produtos fitossanitários.....	14
1.2. Processo de descoberta e estudos das características de um produto fitossanitário.....	15
1.3. Histórico do impacto ambiental.....	17
1.4. Registro de produtos.....	17
1.5. Avaliação toxicológica.....	20
1.6. Avaliação do risco ou da periculosidade ambiental.....	24
1.7. Avaliação de risco: avaliação do impacto ambiental.....	25
1.8. Identificação da periculosidade de produtos fitossanitários.....	25
1.9. Referências bibliográficas.....	27
2. INTERFERÊNCIAS ENTRE PLANTAS DANINHAS E CULTIVADAS	
<i>Edivaldo Domingues VELINI</i>	29
2.1. Mecanismos de interferência.....	30
2.1.1. Competição por CO ₂ e espaço.....	31
2.1.2. Competição por água e nutrientes.....	32
2.1.3. Competição por luz.....	34
2.2. Grau de interferência.....	35
2.2.1. Fatores relativos à cultura.....	36
2.2.2. Fatores relativos à comunidade infestante.....	37
2.2.3. Fatores relativos ao ambiente.....	39
2.2.4. Períodos de convivência e controle.....	39
2.3. Considerações finais.....	41
2.4. Referências bibliográficas.....	41

Página

3. DINÂMICA DE PLANTAS DANINHAS NO SISTEMA

PLANTIO DIRETO	
<i>Robinson Antônio Pitelli</i>	50
3.1. Plantio direto.....	53
3.1.1. Ação dos fatores ecológicos limitantes.....	53
3.1.2. Impacto do plantio direto.....	54
3.2. Rotação de culturas.....	55
3.3. Redução do distúrbio do solo.....	56
3.4. Cobertura morta.....	57
3.4.1. Efeito físico.....	57
3.4.2. Efeito biológico.....	58
3.4.3. Efeito químico.....	59
3.5. Referências bibliográficas.....	60
4. UMA NOVA PROPOSTA PARA O CONTROLE DAS ERVAS DANINHAS: O USO DE PLANTAS TRANSGÊNICAS	
<i>Goran Juhar Jezovsek</i>	62
4.1. O código da vida.....	63
4.2. Tornando a engenharia genética possível.....	64
4.3. A engenharia genética torna novos benefícios possíveis.	65
4.4. Aumentando o suprimento de alimentos do mundo através da biotecnologia vegetal.....	67
4.4.1. Aplicações em plantas.....	67
4.4.2. Proteção contra plantas daninhas.....	67
4.5. Garantindo a segurança dos produtos.....	69
4.5.1. Desenvolvimento de novas variedades de plantas....	69
4.5.1.1. Administração de alimentos e drogas.....	69
4.5.1.2. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos	70
4.5.1.3. Agência de Proteção Ambiental.....	71
4.5.1.4. Supervisão de drogas para animais.....	71
4.5.1.5. O controle governamental no Brasil.....	72
5. RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS AOS HERBICIDAS	
<i>Pedro Jacob Christoffoleti</i>	75
5.1. Fatores que contribuem para o aparecimento de biotipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas..	76
5.2. Mecanismos de resistência das plantas daninhas.....	85
	Página
5.2.1. Inibidores da fotossíntese.....	85
5.2.2. Inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS).....	87
5.2.3. Destruidores de membrana (celular e de organelas).	88

5.2.4. Inibidores da mitose.....	90
5.2.5. Degradação do herbicida (resistência múltipla).....	90
5.3. Prevenção e controle do desenvolvimento de biotipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas.....	91
5.3.1. Herbicidas alternativos.....	92
5.3.2. Mistura ou seqüência de herbicidas.....	92
5.3.3. Manejo de herbicidas.....	92
5.3.4. Nível de dano econômico.....	92
5.3.5. Rotação de cultura.....	93
5.3.6. Sistema de cultivo.....	93
5.3.7. Outras técnicas culturais.....	93
6. SEGURANÇA NO TRABALHO DE APLICAÇÃO DE HERBICIDAS	
<i>Joaquim Gonçalves Machado Neto</i>	95
6.1. Risco de intoxicação.....	96
6.1.1. Vias de exposição do corpo aos agrotóxicos.....	97
6.1.2. Métodos de avaliação da exposição dérmica.....	98
6.2. Segurança da condição de trabalho.....	99
6.3. Medidas de segurança.....	101
6.3.1. Causas das intoxicações ocupacionais com os agrotóxicos.....	102
6.3.2. Condições de trabalho com os agrotóxicos.....	104
6.3.3. Medidas de segurança ativas.....	105
6.3.4. Controle da toxicidade.....	105
6.3.5. Segurança dos equipamentos de aplicação.....	106
6.4. Medidas de segurança passivas.....	108
6.5. Referências bibliográficas.....	114
7. CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM PASTAGENS	
<i>Ernesto Eugênio Belotto</i>	118
7.1. Problemas causados pelas plantas daninhas em pastagens.....	119
7.1.1. Competição por espaço.....	119
	Página
7.1.2. Competição por luz.....	119
7.1.3. Competição por água e nutrientes.....	120
7.1.4. Queda real da capacidade de suporte por área.....	120
7.1.5. Aumento do tempo para a formação das pastagens..	120
7.1.6. Ambiente propício ao desenvolvimento de parasitas	

externos.....	121
7.1.7. Ferimento nos animais.....	121
7.1.8. Envenenamento por plantas tóxicas.....	121
7.1.9. Riscos de erosão.....	121
7.1.10. Comprometimento da estética da fazenda.....	122
7.2. Métodos de controle de plantas daninhas em pastagens	122
7.2.1. Controle cultural.....	122
7.2.2. Fogo.....	123
7.2.3. Controle manual através do uso de enxadão (arranquio).....	123
7.2.4. Controle manual através do uso de foice (roçada manual).....	123
7.2.5. Controle mecânico através do uso de roçadeiras (hidráulicas ou de arrasto).....	124
7.2.6. Controle químico.....	124
7.2.6.1. Métodos de aplicação.....	125
7.2.6.2. Situações de uso de herbicidas em pastagens...	127
7.2.6.3. Herbicidas mais utilizados em pastagens no Brasil.....	129
7.2.6.3.1. Aplicações foliares.....	129
7.2.6.3.2. Aplicações no toco.....	129
7.2.6.3.3. Aplicações via solo.....	129
7.2.6.3.4. Observações.....	129
7.3. Referências bibliográficas.....	130
8. USO DE AVIAÇÃO AGRÍCOLA NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS	
<i>Fernando Tadeu de Carvalho</i>	131
8.1. Aviação agrícola.....	131
8.1.1. Histórico.....	131
8.1.2. Protótipo atual do avião agrícola.....	133
8.1.3. Evolução da frota.....	134
	Página
8.1.4. Emprego da aviação.....	135
8.1.5. Vantagens e limitações da aviação agrícola.....	136
8.1.5.1. Vantagens.....	136
8.1.5.2. Limitações.....	136
8.1.6. Turbulência.....	137
8.1.6.1. Noções de aerodinâmica.....	137
8.1.7. Recomendações para aplicações aéreas de herbicidas.....	141

8.1.7.1. Parâmetros da aplicação.....	141
8.1.7.2. Condições Climáticas.....	143
8.2. GPS (Global Positioning Systems).....	143
8.2.1. Conceitos.....	143
8.2.2. Usos.....	144
8.2.2.1. Originalmente militar.....	144
8.2.2.2. Uso civil: em aviões, em navios, no transporte rodoviário, na agricultura.....	144
8.3. Conclusões.....	145
8.4. Referências bibliográficas.....	146
9. PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS: MISTURAS EM TANQUE	
<i>Kurt Gottfried Kissmann</i>	147
9.1. Controle por métodos químicos.....	149
9.1.1. Combinação de produtos.....	149
9.1.2. Usos combinados de produtos fitossanitários.....	150
9.1.3. Tratamentos seqüenciais.....	150
9.1.4. Produtos já formulados com mais de um ingrediente ativo.....	151
9.1.5. Misturas em tanque de produtos fitossanitários.....	151
9.2. Objeções mais freqüentes a misturas em tanque.....	152
9.3. Compatibilidade.....	153
9.4. Tabelas de compatibilidade.....	153
9.5. Riscos toxicológicos.....	154
9.6. Margens de segurança.....	154
9.7. Resíduos.....	155
9.8 Impacto ambiental.....	155
9.9. Misturas em tanque.....	155
9.10. Aspectos legais no Brasil.....	156
	Página
9.11. Portaria nº 67, de 30/05/95.....	157
RELATO Nº 1: PROBLEMAS E SOLUÇÕES NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NO MS E MT	
<i>Waldemar Sanchez e Domingos Zandonade</i>	160
RELATO Nº 2: ALTERNATIVA EFICIENTE NO MANEJO DA RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS	
<i>Luís Francisco Weber, Marco Tadao Fujino e Claudio A. Silveira</i>	162

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Fernando Henrique Cardoso
Presidente

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO

Arlindo Porto Neto
Ministro

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

Alberto Duque Portugal
Presidente

Elza Angela Battaglia Brito da Cunha
José Roberto Rodrigues Peres
Dante Daniel Giacomelli Scolari
Diretores

CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO OESTE

José Ubirajara Garcia Fontoura
Chefe Geral

Júlio Cesar Salton
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

André Luiz Melhorança
Chefe Adjunto de Apoio Técnico

Josué Assunção Flores

Chefe Adjunto Administrativo

1. AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL NO USO DE HERBICIDAS

Luiz Lonardoní Foloni¹



O tema "pesticidas", "agrotóxicos" ou "produtos fitossanitários" já é, por si só, polêmico quanto ao próprio nome. No decorrer do tempo, por várias razões seu uso tem aumentado em todo o mundo, gerando com isso mais discussões. O conhecimento da forma global: importância, uso, testes efetuados, relações

socioeconômicas, aspectos ligados à saúde (toxicologia) e risco ao ambiente, são analisados de

forma abrangente, e ao mesmo tempo sucinta, neste trabalho.

Esperamos ainda, que na falta de alternativa mais eficiente e de baixo custo do que a atualmente utilizada na agricultura tradicional (convencional, cultivo mínimo ou plantio direto), ainda esteio da produção agrícola brasileira e mundial, ajude a compreender a relação de causa e efeito, assim como a necessidade do uso dos produtos químicos na agricultura. Talvez, ainda, estes conhecimentos possam direcionar na linha de um uso mais efetivo, de menor custo, de menor risco, tanto para o ser humano como para o ambiente, no caminho de uma agricultura sustentável.

1.1. Importância dos produtos fitossanitários

1.1.1. Pragas, doenças e plantas daninhas

Não existe na natureza nenhuma praga, no sentido literal da palavra. Elas são o resultado do julgamento do homem e de sua percepção social. As pragas, doenças e plantas daninhas são os organismos considerados pelo homem como elementos que interferem em suas próprias atividades.

¹ Eng.-Agr., Dr., Prof. Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP-Cidade Universitária "Zeferino Vaz", 13083-970 - Campinas, SP.

Essa interferência pode ser em relação a nossa saúde, à produção e proteção de nossos alimentos ou ao nosso lazer. Os produtos fitossanitários são, portanto, as substâncias que controlam ou matam as pragas, doenças e plantas daninhas, etc. Os produtos fitossanitários são venenos, mas têm um

propósito especial: proteger o ser humano e suas plantações de outros organismos.

1.1.2. Importância dos produtos fitossanitários

A principal fonte de alimentos para o mundo constitui-se nas plantas cultivadas. Estas plantas ou culturas são:

- suscetíveis a cerca de 100.000 doenças;
- 30.000 espécies de plantas daninhas, entre as quais 1.800 causam sérias perdas econômicas;
- 3.000 espécies de nematóides, sobressaindo 100 que causam severos danos e
- são afetadas por 800.000 espécies de insetos/pragas, das quais 10.000 são consideradas devastadoras ao redor do mundo.

As características fundamentais que determinaram a aceitação dos produtos fitossanitários na agricultura são:

- efetividade em pequenas quantidades (portanto, baixo custo de aplicação);
- alta seletividade, para serem usados na presença da cultura;
- ação sistêmica e capacidade de translocação na planta, matando órgãos subterrâneos;
- os herbicidas, em geral, matam organismos vegetais, sendo esta uma particularidade em comum.

Os defensivos agrícolas utilizados de forma racional, cuidadosa e planejada, dentro de um programa de controle integrado, é indispensável no controle de pragas, quando estas imprimem danos e perdas econômicas às culturas. Via de regra, representam a única alternativa para controlarem estas pestes e serem utilizados nas emergências.

1.2. Processo de descoberta e estudos das características de um produto fitossanitário

A indústria de defensivos agrícolas emprega muito tempo, recursos financeiros de monta e equipes de cientistas e técnicos altamente qualificados na pesquisa, desde a descoberta de um produto até o seu lançamento no mercado, assim como o acompanhamento e melhoramento contínuo das formulações de técnicas de aplicação, visando aprimorar sua eficácia agrônômica e a segurança no uso, para o homem e o meio ambiente.

Atualmente gasta-se de dez a 20 anos desde a descoberta do produto até o início da comercialização, podendo alcançar custos da ordem de 150 a 250 milhões de dólares, percorrendo as seguintes fases:

- a) descoberta do produto (químico ou biológico);
- b) determinação de uso;
- c) estudos da toxicologia e metabolismo/meio ambiente;
- d) determinação de resíduos;
- e) aprovação do Governo e
- f) início da produção comercial.

a) Descoberta do produto

- 1ª Fase - Avaliação básica (SCREENING): investigação em pequena escala para identificação do potencial biológico de novas moléculas, em condições locais.
- 2ª Fase - Pesquisa inicial: avaliação em pequena escala para confirmação do potencial biológico de novas moléculas em diferentes regiões agrícolas.
- 3ª Fase - Desenvolvimento: definição do espectro de ações dos parâmetros da aplicação do novo

produto através de ensaios experimentais realizados nas principais regiões agrícolas.

4ª Fase -Desenvolvimento final: aplicação do novo produto em áreas maiores sob condições usuais de trabalho do agricultor.

Paralelamente, nas fases 1 a 4 citadas são realizados os estudos toxicológicos e ambientais e nas áreas de processos físicos e químicos.

b) Determinação de uso

Após seleção na fase anterior, realizam-se numerosos ensaios em estufa e em campo, em diversos países e continentes, visando determinar sua eficácia, sempre em comparação com outros produtos considerados líderes de mercado, portanto eficientes.

c) Estudo da toxicologia e do metabolismo

Uma série de ensaios de toxicidade aguda é, preliminarmente, realizada em paralelo à aprovação da primeira fase, que servirá como indicação de seu risco toxicológico e precauções no manuseio, durante a fase experimental.

Os estudos toxicológicos completos são os mais dispendiosos, consumindo cerca de 40% do custo total do desenvolvimento do produto. São feitos com o composto e seu metabólitos sobre animais de laboratório. Numa outra série de teste, o produto e seus metabólitos são submetidos para determinação do impacto ambiental, englobando a flora, fauna silvestre, abelhas, água e solo. Geralmente estes estudos são realizados através das companhias descobridoras do produto.

d) Determinação de resíduos

É feita através de análises químicas ou biológicas, em amostras da cultura tratada pelo produto fitossanitário em questão, e expressão em ppm (partes por milhão) do defensivo agrícola e seus metabólitos/vegetal tratados.

e) Aprovação do Governo

De posse dos resultados obtidos nas etapas anteriores, é necessário que se obtenha aprovação governamental quanto à viabilidade agrônômica segurança à saúde pública e seus efeitos no meio ambiente (normalmente esta fase despende de um a cinco anos).

f) Início da produção comercial

Antes da instalação da fábrica são feitos estudos sobre a localização e os impactos ambientais que possam ocorrer.

Grande parte do trabalho para que um defensivo chegue ao mercado é dispendido em experimentação, com o fim de se garantir a possibilidade de empregá-lo sem grandes riscos para as pessoas, animais e o meio ambiente (Monsanto, 1985).

A Fig. 1 mostra as diferentes fases envolvidas no desenvolvimento de um produto, bem como tempo estimado.

1.3. Histórico do impacto ambiental

A avaliação de impacto ambiental (A.I.A.) teve origem nos Estados Unidos da América em 1969, através do "NATIONAL ENVIRONMENTAL POLICY ACT (NEPA)", entrando em operação em janeiro de 1979; ao final dos anos 70, mais de 10.000 avaliações já haviam sido realizadas naquele país. Nessa mesma década vários outros países iniciaram seu processo, como a França (1976), Alemanha Ocidental (1971), Irlanda (1976). Do final da década datam também a adoção, por outros países, do A.I.A. no sistema de planejamento: Argentina,

Brasil, Bangladesh, Fiji, Índia, Indonésia, Coréia, Malásia, México, Filipinas, Kênia e Tailândia (Guimarães, 1992).

A A.I.A. abrange quatro análises bastante definidas: uma avaliação econômica, uma social, uma sobre a saúde pública e outra ecológica ou ambiental propriamente dita; a junção dessas quatro avaliações dão a soma de implicações que posteriormente serão avaliadas pelos elementos de decisão.

1.4. Registro de produtos

É de competência do Governo Federal aprovar, registrar ou banir a comercialização e o uso de defensivos agrícolas no Brasil.

O registro pode ser dado pelo Ministério da Agricultura ou IBAMA, dependendo da finalidade a que se destina (agrícola ou florestal), mas ambos são analisados e avaliados toxicologicamente pelo Ministério da Saúde.

A Fig. 2 mostra os esquemas básicos das legislações envolvidas, esquema básico para o registro e interação entre os diferentes organismos e as principais atividades envolvidas.

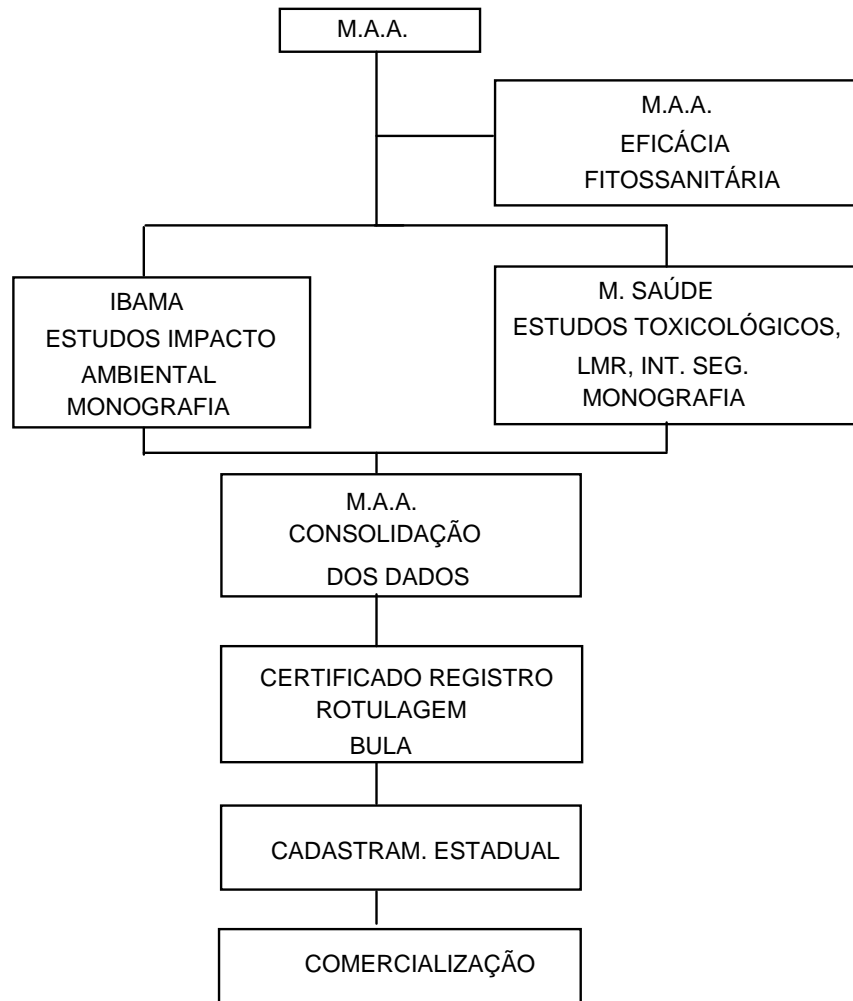
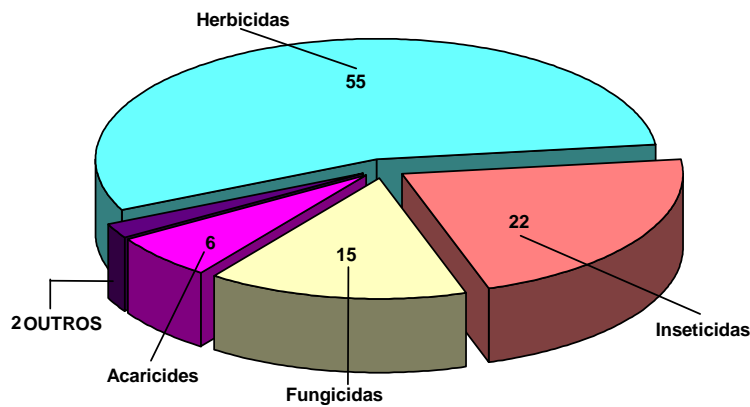


FIG.2. Regulamentação e Registro.
Esquema Básico para Registro.



Fonte: Cultivar (1996).

FIG. 3. Segmentação do mercado por classe de produtos fitossanitários.

Mercado total em 1995 = 1500 milhões de US\$.
Distribuição % por categoria.

1.5. Avaliação toxicológica

A avaliação toxicológica é a análise dos dados toxicológicos de uma substância ou composto químico com o objetivo de colocá-la em classes toxicológicas e fornecer informações a respeito da forma correta do seu emprego, bem como as medidas preventivas e curativas para os casos de uso indevido e conseqüente intoxicação.

Assim, os dados sobre a toxicidade de um produto fitossanitário são utilizados em última instância para avaliar possíveis efeitos sobre o homem, e normalmente incluem:

- dados de toxicidade aguda;
- dados de toxicidade subcrônica;

- estudos de toxicidade crônica;
- estudos especiais, tais como: metabolismos e excreção, teratogenicidade, reprodução, mutagencidade, efeito neurotóxico retardado e outros estudos apropriados e
- dados de resíduos dos produtos sobre as culturas e subprodutos.

Os dados toxicológicos são informações sobre as características tóxicas de uma substância ou composto químico, obtidas através de experimentação em animais de laboratório ou pelo registro de casos de uso indevido e consequente intoxicação para seres humanos.

Classificação Toxicológica

É a identificação do risco oferecido pelo uso de uma substância ou composto químico.

A fim de estudar possíveis efeitos mais sutis, provocados por uma exposição repetida, realizam-se ainda ensaios de laboratório a médio e longo prazos.

Estudos sub-crônicos

Envolvem a exposição diária dos animais teste ao produto, através da sua administração na dieta, ou via dérmica, ou inalatória, por períodos que variam de 21 dias a um ano.

Estudos toxicológicos crônicos

Os estudos toxicológicos crônicos são informações a respeito da toxicidade cumulativa de uma substância ou composto químico.

Há necessidade ainda de se conhecer os efeitos dos produtos fitossanitários sobre os nervos, o potencial de causar câncer, a teratogenicidade, a mutagenicidade e a reprodução.

Outras provas de toxicologia destinam-se, ainda, a determinar de que maneira a substância testada se comporta no corpo do animal (metabolismo) e verificar se ela provoca ou não efeitos congênitos (teratologia). Realizam-se, além disso,

estudos de reprodução, mutagenicidade em que se observam possíveis efeitos em descendentes de várias gerações de animais.

O objetivo é determinar se a substância apresenta potencial para causar efeitos nocivos, e a que nível de exposição tais efeitos poderão ocorrer. Os testes destinam-se ainda a identificar um nível de exposição que não resulte em efeitos nocivos (ausência de efeito visível).

O Quadro 1 resume os tipos de estudos toxicológicos que normalmente são realizados, discriminando os objetivos, tempo e número de animais utilizados.

QUADRO 1. Tipos de Estudos Rotineiros de Toxicologia, discriminando os objetivos, tempo e número de animais utilizados.

Tipo de estudo	Objetivo	Tempo p/ relatório final	Nº de animais usados
Toxicidade Aguda	Definir dose tóxica e identificar o tecido (alvo); observar animais durante os quatorze dias depois de dose individual	1 mês	10-100
Toxicidade sub-aguda	Revela efeitos de doses repetidas até um mês	4 meses	40-120
90 dias de toxicidade	Identificar o prejuízo nos tecidos susceptíveis ao tratamento crônico. Investigação comum de hematologia química clínica e patologia	9 meses	20-200
2 anos de toxicidade crônica cancerígena	Definir dose-resposta conexão de efeitos observados durante os 90 dias de estudos. Determinar se o teste (material) provoca tumores.	3 anos	400-800
Mutagenicidade (teste curtos)	Determinar algumas mudanças genéticas e separar potência cancerígena.	3 meses	—
Reprodução	Determinar algum efeito de fertilidade, na gravidez ou reprodução.	2 anos	160+

Teratogenicidade	Determinar se o teste do material causou anormalidade fetal, quando aplicado na mãe durante a gestação.	4 meses	40-80
Toxicocinética	Determinar fatos metabólicos do teste no corpo.	1 ano	10-60

+ Geração de parentes (F1, F2 e F3, no mínimo).

Em alguns casos, há necessidade da realização de testes farmacocinéticos, que estudam o movimento da substância dentro do organismo, isto é, absorção, distribuição através do sangue, metabolismo e excreção.

Estudos de resíduos

O estudo é feito observando-se a boa prática agrícola, amostras são retiradas em períodos e quantidades determinados. Os resultados obtidos são posteriormente analisados visando a determinação do limite máximo de resíduo (LMR) e o intervalo de segurança ou período de carência, onde:

Tolerância ou LMR - a quantidade máxima de resíduo de pesticida tolerada no alimento, como decorrência de sua aplicação adequada, numa fase específica desde a sua produção até o consumo, expressa em partes (em peso) do pesticida e/ou seus derivados por um milhão de partes (em peso) do alimento (ppm).

Intervalo de segurança ou pedido de carência - o intervalo de tempo entre a última aplicação do pesticida e a colheita ou comercialização do vegetal, abate ou ordenha do animal, conforme o caso, a fim de que os resíduos estejam de acordo com as tolerâncias. Assim, o pacote de dados apresentados às autoridades para se requerer a autorização para o uso do defensivo no controle de plantas daninhas, incluem dados de eficácia do composto e a segurança do produto agrícola tratado, toxicologia, metabolismo das plantas e dos animais e

resíduos, além dos efeitos sobre o ambiente (comentados a seguir).

Toxicidade: a capacidade de uma substância de causar danos. O potencial venenoso intrínseco de uma substância (em condições experimentais).

Periculosidade: uma combinação de toxicidade e intensidade de exposição. Sem toxicidade ou exposição, não pode haver periculosidade. Uma substância altamente tóxica não apresenta perigo quando não há exposição. Uma substância de baixa toxicidade pode apresentar periculosidade se a intensidade de exposição foi alta.

Risco: a probabilidade de uma substância causar efeitos adversos. O risco envolve três componentes: periculosidade, intensidade de exposição e probabilidade de exposição. Segurança é o contrário de risco mas não pode ser medido cientificamente.

1.6. Avaliação do risco ou da periculosidade ambiental

A partir do momento em que se inicia a pulverização, libera-se o produto que, em princípio, visa atingir um determinado alvo, mas que posteriormente chegará ao solo. A partir daí, pode ser levado para os outros compartimentos. É de interesse, então, conhecer por quanto tempo o mesmo irá permanecer nesses compartimentos até a sua total degradação.

No Brasil, a avaliação do risco ambiental para os agrotóxicos ou produtos fitossanitários foi iniciada pela antiga SEMA (Secretaria do Meio Ambiente), mas só foi oficialmente formalizada pela lei 7.802, sancionada em julho de 1989, conhecida como Lei dos Agrotóxicos (posteriormente,

regulamentada pelo Decreto nº 98.816 de 1990) e portarias complementares.

Para avaliar esse comportamento, deve-se conhecer as propriedades e características do produto, bem como os processos comportamentais, para avaliar o transporte, o destino e a ação no meio ambiente.

O IBAMA é o órgão brasileiro responsável por avaliar os produtos fitossanitários do ponto de vista ambiental (avaliação de periculosidade ou risco ambiental).

O IBAMA divide sua avaliação inicial dos produtos, em 4 partes: a, b, c e d.

- a) análise das características físico-químicas;
- b) análise da toxicidade do produto para organismos não alvo;
- c) análise do comportamento do produto no solo e
- d) análise da toxicidade para animais superiores.

Terminada essa primeira fase das avaliações, os resultados são levados para um modelo matemático, para classificar o produto do ponto de vista do seu potencial de periculosidade ao ambiente; são quatro as classes onde um produto pode se situar:

Classe I	Produto altamente perigoso
Classe II	Produto muito perigoso
Classe III	Produto perigoso
Classe IV	Produto pouco perigoso

1.7. Avaliação de risco: avaliação do impacto ambiental

Este processo é necessário para garantir que os produtos fitossanitários sejam usados de maneira a maximizar sua utilidade para o usuário e minimizar o risco para o meio ambiente. Isto visa garantir que o meio ambiente no ecossistema agrícola seja protegido de tal maneira que ele possa ser usado no futuro para a produção contínua e constante de alimentos e fibras (Solomon, 1996).

Riscos e benefícios

Segundo Solomon (1996), do ponto de vista científico, a parte mais importante do processo de decidir como usar os produtos fitossanitários é o processo de avaliação de risco. A avaliação de risco é um processo de especificação de amplitudes, graus e probabilidades de danos que podem aparecer quando do uso de um produto fitossanitário. A avaliação de risco tem suas origens científicas na área da proteção à saúde humana e passou por muitos anos de evolução desde que foi implementada pela primeira vez. A avaliação de risco à saúde humana tem como objetivo a proteção do indivíduo na sociedade e, portanto, a sociedade como um todo. Riscos ecológicos são geralmente avaliados diferentemente e são apreciados em função da população dos organismos ou da comunidade de populações. Dessa maneira, pode-se aceitar que certos organismos do meio ambiente sejam atingidos desde que a população como um todo sobreviva ou que a função da comunidade seja preservada.

1.8. Identificação da periculosidade de produtos fitossanitários

Os efeitos ecológicos causados por produtos fitossanitários são normalmente resultantes da toxicidade e dos efeitos em organismos não-alvos. Os Produtos fitossanitários, devido

principalmente à prevenção de perdas de produção, tem reduzido substancialmente o custo do alimento. Estes produtos também têm ajudado a melhorar a qualidade dos alimentos.

De forma geral, podemos sumarizar os riscos e benefícios em:

Benefícios

- Controle de pragas, doenças e plantas invasoras
- Impacto na produção e na qualidade
- Relação custo/benefício

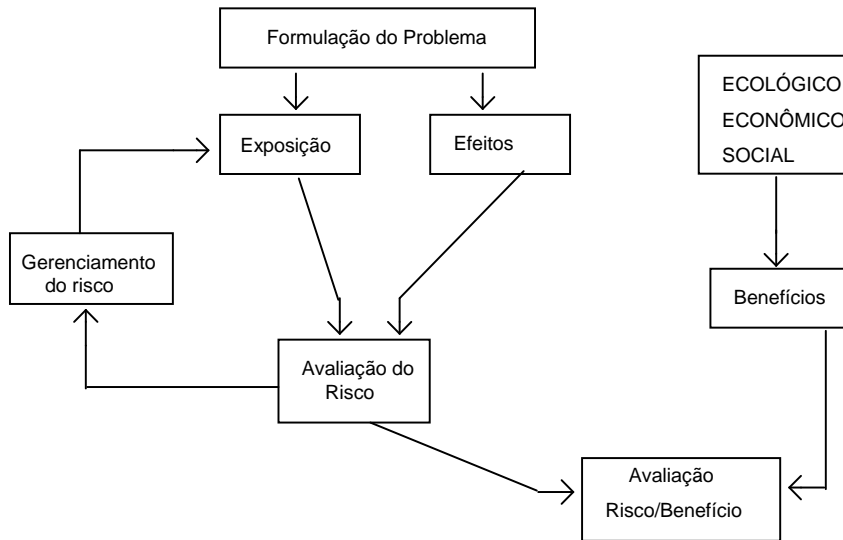
Riscos à Saúde

- Aplicador
- Consumidor

Riscos ao Meio Ambiente

- Fauna/Flora
- Solo/Água/Ar

Com base neste sumário, vamos fazer uma análise do risco/benefício:



Fonte: Adaptado de FAO.

FIG. 4. A avaliação do risco e as análises de risco/benefício como parte de desenvolvimento dos produtos fitossanitários e do processo de registro.

1.9. Referências bibliográficas

- ANDEF - Associação Nacional de Defensivos Agrícolas.
Estatísticas de Vendas de defensivos Agrícolas. São Paulo
-1996.
- BIBRA - British Industrial Biological Research Association -
Screening for safety pesticides. Carshalton, Surrey - London
- 1986, 27p.
- CREA - Controle integrado de plantas daninhas - CREA São
Paulo - 1985, 2a. Edição, 161 pp.
- GUIMARÃES, G.L. - Impactos ecológicos do uso de herbicidas
ao meio ambiente. In: Anais do seminário "Herbicidas em
Reflorestamento". Piracicaba, julho de 1986, p159 a 183.
- MEADOWS, D.H.; MEADOWS, D.L.; RANDERS, J.; BEHRENS,
W.W. - Limites do Crescimento. Ed. Perspectiva - 2a.
Edição-1978. São Paulo-SP, 200p.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - Normas para o registro de
Defensivos Agrícolas - coord. D.M.Galvão. Min. Agr.-
S.N.D.A.-SDSV-DIPROF-Brasília-1980, 77o.
- MONSANTO - A ciência a serviço da segurança. São Paulo-
1985, 24p.
- SIMAS, J.R. - Irrigação no Brasil - Programa Nacional de
Irrigação. PRONI-1. Lav. Arroeira. Porto Alegre.41(378).
março/abril-1988, 24 p.
- FAO - Second Expert Consultation on Environmental Criteria for
Registration of Pesticides. Rome, 4 a 8 de Maio de 1981.

- GUIMARÃES, G.L. - Toxicologia e Legislação específica ABEAS. Módulo 6.3 Critérios Ambientais e Toxicológicos para registro de Defensivos Agrícolas. Brasília DF, 1992 - 42p.
- HAYNES, DL.; TUMMALA, R.L.; ELLIS, T.L. Ecosystem management for pest control. Bioscience, 1980, 30.
- IBAMA. Portaria 349. D.O.V. 15/03/90.
- SANTOS, P.F. O meio ambiente e os defensivos agrícolas: Avaliação de impacto. In: Anais do I Seminário sobre o uso adequado de defensivos Agrícolas no Distrito Federal EMATER - S.A.P.G.D.F. - ANDEF 1984 65 p.
- SUTER II, G., com L. W. Barnthouse, S. M. Bartell, T. Mill, D. Mackay e S. Patterson. 1993. Ecological risk assessment. Lewis Publishers, Boca Raton, 1993 pp 538.
- FAO. 1989. Revised Guidelines on environmental criteria for the registration of pesticides. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome. December, 1989 pp 51.
- EPA. 1992. Framework for Ecological Risk Assessment. EPA/630/R-92/001. U.S. Environmental Protection Agency, Risk Assessment Forum, Washington, DC.
- SOLOMON, K.R. Avaliação de Riscos Ecotoxicológicos dos produtos fitossanitários. Universidade de Guelph, Canadá, 1996 - 49 p.

2. INTERFERÊNCIAS ENTRE PLANTAS DANINHAS E CULTIVADAS

Edivaldo Domingues Velini¹



O termo interferência refere-se a todo o conjunto de processos pelos quais as plantas daninhas podem interferir sobre uma determinada cultura. A intensidade das interferências normalmente é avaliada através de decréscimos de produção e/ou crescimento da planta cultivada. Tais decréscimos de crescimento

ou produção provocados pelas plantas daninhas são conseqüências da competição pelos fatores de

crescimento disponíveis no ambiente, da liberação de substâncias alelopáticas e, de forma indireta, pelo fato das plantas daninhas atuarem como hospedeiras intermediárias de pragas, doenças e nematóides, além de dificultarem a realização de tratos culturais e colheita.

É extremamente difícil isolar, em condições de campo, os efeitos dos vários processos pelos quais as plantas daninhas afetam as plantas cultivadas, principalmente os efeitos da competição e da alelopatia, sendo ainda mais difícil isolar os efeitos da competição pelos vários fatores de crescimento. Em conseqüência disso, normalmente os trabalhos de campo limitam-se a quantificar os efeitos do conjunto de interferências, sem procurar, ou melhor, sem ter como isolar os efeitos dos vários fatores envolvidos. Admite-se, contudo, que nessas condições os processos de maior significância e que ocorrem com maior frequência sejam a competição e a alelopatia. Dentre os componentes do conjunto de interferências, será

discutida neste trabalho apenas a competição. Contudo, na parte final do texto, quando nos referirmos à matointerferência, estaremos nos referindo à somatória de todas as suas componentes, incluindo alelopatia e outros efeitos.

¹ Eng.-Agr., Dr., Prof. Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP-Campus de Botucatu, Caixa Postal 237, 18603-970 - Botucatu, SP.

2.1. Mecanismos de interferência

Um dos componentes da matointerferência é a alelopatia. O termo alelopatia foi utilizado pela primeira vez por Molish, em 1937, para designar toda interação bioquímica entre plantas. A alelopatia ocorre quando uma planta libera ao ambiente um composto capaz de modificar o crescimento ou desenvolvimento de outra. Ao contrário da competição, a alelopatia normalmente não é um processo recíproco. Existem vários exemplos de plantas daninhas que ocorrem no Brasil com potencial alelopático comprovado; são exemplos: *Brachiaria decumbens*, *Ageratum conyzoides*, *Richardia brasiliensis*, *Solanum americanum*, *Cyperus rotundus* e *Digitaria horizontalis*. Ao contrário do que ocorre com a competição, o efeito alelopático não cessa necessariamente com a morte da planta. É bastante complexo isolar, em condições naturais, os efeitos da competição e da alelopatia.

Quanto ao aumento do potencial de inóculo de pragas e doenças, cita-se como exemplo o trabalho de Ferraz et al. (1983). Compilando vários trabalhos de pesquisa os autores identificaram 18 espécies de plantas daninhas hospedeiras de *Meloidogyne arenaria*, 81 espécies hospedeiras de *Meloidogyne ingognita* e 56 espécies hospedeiras de *Meloidogyne javanica*; números menores de espécies

hospedeiras foram ainda verificados para várias outras espécies de *Meloidogyne*.

Dentre todos os mecanismos de interferência, a competição é o mais estudado. Segundo Pitelli (1985), a competição ocorre quando duas plantas disputam suprimentos limitados dos vários fatores de crescimento. A competição é um processo fundamentalmente recíproco, ou seja, as limitações em termos de disponibilidade de recursos atingem os dois competidores. No entanto, nem sempre os efeitos são equilibrados, ocorrendo situações em que um dos competidores é mais eficiente do que o outro, em termos de utilização desses fatores. Os competidores podem, também, apresentar diferentes níveis de sensibilidade às limitações nas quantidades dos fatores de crescimento impostas pela competição.

Os fatores de crescimento e, por conseqüência, os recursos passíveis de serem envolvidos no processo competitivo entre plantas são: água, luz, nutrientes, espaço e CO₂. A competição por tais fatores está sempre presente quando duas plantas se desenvolvem ao mesmo tempo em um mesmo local. Contudo, os efeitos do processo competitivo sobre o crescimento das plantas só são perceptíveis quando o meio é incapaz de fornecer as quantidades dos vários fatores de crescimento necessárias e suficientes para suportar o pleno crescimento de ambas.

Quanto mais similares forem as duas plantas quanto às quantidades necessárias dos vários fatores de crescimento, quanto ao posicionamento de raízes e folhas e, finalmente, quanto aos períodos em que serão máximas as demandas por tais fatores, mais intensos serão os efeitos do processo competitivo sobre o crescimento das mesmas.

Procura-se a seguir discutir de que forma se comporta a competição pelos vários fatores de crescimento.

2.1.1. Competição por CO₂ e espaço

A atmosfera é um imenso reservatório de CO₂, de sorte que, em condições normais de campo, pode ser considerada desprezível a competição por tal fator de crescimento. Somente em comunidades extremamente densas, com intenso crescimento vegetativo, e sem movimentação de ar, admite-se que ocorra a competição por este gás.

Na verdade, o que se verifica atualmente é um constante enriquecimento da atmosfera em CO₂, fazendo com que a competição pelo mesmo passe a ser cada vez mais desprezível. Contudo, tal enriquecimento deverá alterar de forma substancial e diferencial o comportamento das mais diversas espécies em termos de eficiência fotossintética, reduzindo as diferenças existentes entre plantas C3 e C4 na maioria das condições; tais alterações seguramente modificarão as velocidades de crescimento de muitas, senão todas, espécies vegetais, modificando, por conseqüência, as relações competitivas entre elas. Com efeito, já existem vários trabalhos disponíveis na literatura mundial, realizados com plantas daninhas e/ou cultivadas, evidenciando este comportamento.

A competição por espaço é de difícil quantificação e mesmo compreensão. Contudo, deve-se admitir que a mesma ocorra sempre que uma planta for forçada a assumir uma arquitetura que não lhe é característica, mudando o posicionamento dos seus órgãos, porque os espaços que elas deveriam ocupar já se encontram ocupados por outras plantas. Não foram encontradas referências na literatura sobre a importância da competição por espaço.

2.1.2. Competição por água e nutrientes

A competição por água é também relativamente pouco estudada devido à dificuldade em se adequar metodologias para quantificá-la. Contudo, a maioria dos autores admite que

possa ter uma grande importância em situações em que a disponibilidade hídrica é limitada.

Para melhor entender a competição por água, é importante que se conheça, mesmo de forma aproximada, a magnitude do consumo de água pelas plantas daninhas em condições de campo. William (1973) citado por Durigan (1984), relata que a maioria das plantas C3 e C4 consomem, respectivamente, entre 700-1.000 g e 250-500 g de água para a produção de uma unidade de matéria seca. Um acúmulo de matéria seca de mato de 100 g/m², valor este facilmente ultrapassável por ocasião da colheita de culturas anuais se o controle das plantas daninhas for deficiente, implicaria em um consumo de água de 70-100 l/m² e 25-50 l/m², respectivamente, se ocorressem somente plantas C3 e C4 na comunidade infestante. Na ausência de controle, são comuns acúmulos de matéria seca de mato superiores a 500 g de matéria seca/m², implicando em consumo de água cinco vezes superiores aos mencionados, e de grande significado prático.

Contudo, Domingues (1981), Velini (1983) e Souza (1992), trabalhando com arroz, nos dois primeiros casos, e com cevada, no último, observaram que, em períodos de acentuada deficiência hídrica, foram verificados maiores teores de água no solo e nas plantas cultivadas, quando estas foram mantidas na presença das plantas daninhas. Souza (1992) verificou, inclusive, aumentos de produtividade da cultura da cevada quando esta foi mantida na presença da comunidade infestante durante períodos de acentuada restrição hídrica. As justificativas para as menores perdas de água nas parcelas com plantas daninhas variam nos três trabalhos, mas é provável que o efeito mais importante seja a redução da movimentação de ar em função da presença do mato, permitindo a formação de uma camada com elevada quantidade de água envolvendo a cultura, as plantas daninhas e cobrindo o solo, reduzindo a evapotranspiração.

Verifica-se, portanto, que as informações e as possíveis linhas de raciocínio referentes à competição por água podem apresentar-se altamente conflitantes, de forma que é praticamente impossível concluir seguramente sobre a importância e sobre os efeitos da mesma em condições de campo. Deve-se esperar, contudo, que os efeitos sejam extremamente variáveis em função da cultura considerada, das espécies de plantas daninhas presentes na comunidade infestante e também das características do meio.

A competição por nutrientes é relativamente bem estudada se comparada à competição por outros fatores de crescimento. A capacidade de extração de alguns nutrientes por algumas espécies daninhas já se encontra determinada. Alkamper (1976), citado por Moody (1981), afirma que os teores de nitrogênio encontrados em plantas daninhas oscilam entre 1,0 e 3,8%, sendo normalmente superiores aos encontrados em plantas cultivadas. Os teores de fósforo geralmente são próximos a 0,5%, e similares aos encontrados em culturas. Os teores de potássio oscilam entre 1,5 e 5% e também são superiores aos normalmente encontrados em plantas cultivadas. Na Tabela 1, são apresentadas as quantidades de nutrientes que poderiam ser absorvidas pelas plantas daninhas considerando-se os extremos em termos de teores de nutrientes, e supondo-se uma vez mais acúmulos de matéria seca de 100 e 500 g/m².

Verifica-se que na ausência de controle, as plantas daninhas podem extrair quantidades de nitrogênio e potássio superiores às doses em que estes nutrientes são aplicados na maioria das culturas e, portanto, a competição por tais fatores de crescimento deve apresentar efeitos tanto drásticos quanto óbvios, sobre a produtividade das plantas cultivadas.

TABELA 1. Quantidades teóricas de nutrientes extraídas pelas plantas daninhas, calculadas com base nos dados

apresentados por Alkamper (1976) e considerando acúmulos de matéria seca da comunidade infestante de 100 e 500 g/m².

Nutriente	Teore	Acúmulo de matéria seca de mato	(g/m ²)	
			100	500
Nitrogênio	1,0 - 3,8	P	10 - 38	50 - 190
Fósforo	0,5%	P ₂ O ₅	5	25
Potássio	1,5 - 5,0%	K	11,5	57,7
		K ₂ O	15 - 50	75 - 250
			18 - 60	90 - 300

Obs.: quantidades extraídas dos nutrientes expressas em kg/ha.

A elevação de doses dos nutrientes deve ser limitada pela quantidade dos mesmos que a cultura consegue absorver e utilizar adequadamente. A comunidade infestante é composta por várias espécies, sendo algumas de ciclo bastante curto, atingindo picos de extração de nutrientes antes das plantas cultivadas; a utilização de doses excessivas tende a beneficiar sobremaneira tais plantas daninhas de ciclo curto, sendo que a cultura, por sua vez, não terá à sua disposição a quantidade inicial utilizada do nutriente e talvez disponha de quantidades também menores de outros nutrientes.

Com efeito, existem vários trabalhos de pesquisa em que os autores procuram minimizar os efeitos da matocompetição, elevando as doses em que um ou mais nutrientes são aplicados, de forma que estejam disponíveis quantidades de nutrientes suficientes para suprir a planta cultivada e também as plantas daninhas. Normalmente tais trabalhos apresentam resultados insatisfatórios na medida em que somente um ou alguns nutrientes são aplicados em quantidades elevadas, de

forma que o que se consegue é intensificar a competição por água, luz e outros nutrientes presentes em quantidades limitadas.

Deve-se destacar que a prática da adubação no sulco de semeadura facilita o acesso e utilização do fertilizante por parte da cultura e com isso diminui os efeitos da comunidade infestante.

2.1.3. Competição por luz

A luz é um fator de crescimento que não pode ser armazenado ou adicionalmente fornecido. Por isto, para crescer e desenvolver-se normalmente, as plantas necessitam de um suprimento adequado e contínuo de luz.

As plantas daninhas normalmente apresentam uma desvantagem inicial em termos de competição por luz, na medida em que apresentam sementes pequenas e, conseqüentemente, plântulas pequenas, ou seja, nos momentos iniciais as plantas cultivadas normalmente apresentam-se mais altas do que as daninhas, facilitando a interceptação de luz pelas culturas.

No entanto, a maioria das espécies de plantas daninhas apresentam grande capacidade de estiolamento quando sombreadas, fazendo com que rapidamente evoluam de uma situação de desvantagem para uma nova situação em que posicionam suas folhas no mesmo nível ou acima das folhas da cultura. Tal capacidade de modificação de arquitetura geralmente não ocorre ou é menos intensa em plantas cultivadas.

Um exemplo deste comportamento é o das gramíneas *Brachiaria decumbens* e *B. plantaginea* que, quando isoladas, apresentam grande capacidade de perfilhamento e altura máxima inferior a 1,00 m; no entanto, quando ocorrem em áreas cultivadas com cana-de-açúcar, perfilham menos, mas

podem posicionar suas folhas conjuntamente com as da cultura, a mais de 2,00 m de altura. Exemplo similar pode ser observado no trabalho de Coble et al. (1981); neste caso, a losna do campo (*Ambrosia artemisiaefolia*) evolui de uma situação de grande desvantagem em termos de competição por luz com a cultura da soja, seis semanas após a emergência da leguminosa, para uma situação em que as duas espécies interceptam aproximadamente 50% da radiação, seis semanas mais tarde.

A interceptação de luz pela cultura apresenta também efeitos indiretos sobre as plantas daninhas. Um deles refere-se à modificação no balanço entre os comprimentos de onda correspondentes ao vermelho e vermelho distante, condicionando a dormência das sementes de algumas espécies.

Outro efeito indireto refere-se à redução da quantidade de energia que atinge o solo, fazendo com que ele seja menos aquecido durante o dia e, por conseqüência, sejam menores as amplitudes térmicas em sua superfície. A redução da amplitude térmica induz também à dormência das sementes de algumas espécies de plantas daninhas, sobretudo de gramíneas.

2.2. Grau de interferência

Denomina-se Grau de Interferência a redução percentual do crescimento ou produtividade de uma cultura provocada pela interferência das plantas daninhas.

Segundo Bleasdale (1960), o grau de interferência depende de características da cultura, tais como variedade, espaçamento e densidade; de características da comunidade infestante, tais como espécies presentes, densidade e distribuição; de características do ambiente, referentes principalmente ao solo, clima e manejo do sistema agrícola; e

finalmente, da duração do período pelo qual a cultura convive com as plantas daninhas.

2.2.1. Fatores relativos à cultura

O principal método de controle de plantas daninhas existente é a própria cultura. Os demais métodos de controle só são utilizados em fases do ciclo em que a cultura ainda não é capaz de controlar o mato por si só; a utilização dos outros métodos de controle nas fases iniciais do ciclo tem a importância fundamental de conferir à espécie cultivada uma substancial vantagem em termos de crescimento, facilitando o controle das plantas daninhas pela mesma, em estágios mais avançados.

Dentro deste contexto são muitos os trabalhos que têm por objetivo estudar os efeitos de variações nos padrões de implantação ou condução das culturas, sobre o grau de interferência. Normalmente os aspectos mais estudados referem-se à adubação, espaçamento, densidade de semeadura e variedades.

Um aspecto importante é que, normalmente, tais trabalhos só alcançam resultados satisfatórios quando a cultura é mantida por pelo menos algum tempo na ausência das plantas daninhas, ou seja, a variação nos padrões de implantação ou condução das culturas podem reduzir substancialmente o período pelo qual as práticas de controle de plantas daninhas devem ser adotadas ou alterar drasticamente a produtividade da cultura em condições parciais ou marginais de controle do mato; contudo, na ausência de práticas de controle, são, pequenas as variações do grau de interferência em função de alterações nos padrões de implantação da cultura. Tal comportamento pode ser observado de forma bastante clara no trabalho de Velini (1983).

Especificamente para espécies daninhas com desenvolvimento inicial lento ou germinação tardia, variações no padrão de implantação da cultura podem resultar em

alterações substanciais do grau de interferência, mesmo quando não são adotadas práticas de controle de plantas daninhas.

Com relação ao comportamento diferencial de variedades frente à matointerferência, fica evidente em vários trabalhos relativos à cultura da soja, citados por Velini (1989), que cultivares com rápido crescimento inicial e grande capacidade de cobertura do solo, normalmente são menos sensíveis às interferências impostas pela comunidade infestante. Comportamento similar foi verificado para a cultura do arroz por Kawano et al. (1974).

Geralmente admite-se que cultivares mais rústicas, ou seja, menos produtivas, sejam menos sensíveis à matointerferência do que cultivares mais produtivas. Existem vários trabalhos, realizados com várias culturas, indicando que muitas vezes, ou talvez na maioria das situações, esta tendência não é obedecida. Um exemplo é o trabalho de Rose et al. (1984); os autores avaliaram a sensibilidade de 280 cultivares de soja à matointerferência, e a análise dos resultados obtidos permite concluir que não há qualquer correlação significativa entre a produtividade potencial e a porcentagem de redução de produção das várias cultivares, em função da presença de plantas daninhas.

Com relação a alterações no espaçamento e densidade de semeadura, normalmente são encontrados melhores resultados em termos de controle de plantas daninhas por parte da cultura, com o uso de espaçamentos menores e maiores densidades.

Moody (1977) verificou que, com o aumento da quantidade de sementes de arroz de 50 para 250 kg/ha, foi possível reduzir em 89,16% e 77,55% o crescimento de plantas daninhas dicotiledôneas e gramíneas, respectivamente.

Velini (1989), trabalhando com a cultura da soja, verificou que as plantas daninhas mais próximas à linha de semeadura são as que mais reduzem o crescimento e produtividade da cultura; também são estas plantas as que mais têm seu

crescimento reduzido em função das interferências impostas pela cultura. Com base em tais resultados, o autor conclui que a redução do espaçamento entre linhas de semeadura, aumenta a exposição da cultura às plantas daninhas e também a exposição das plantas daninhas à planta cultivada; desta forma, em situações em que a cultura apresenta vantagens em termos de crescimento, ou elevada capacidade competitiva, a redução do espaçamento pode representar uma importante prática para reduzir o crescimento das plantas daninhas, mas em situação inversa, pode resultar em aumento dos efeitos das plantas daninhas sobre a planta cultivada.

2.2.2. Fatores relativos à comunidade infestante

A primeira característica a ser considerada refere-se à composição da comunidade infestante. Vários fatores colaboram para que as diferentes espécies de plantas daninhas apresentem distintas capacidades de interferir sobre o crescimento e/ou produtividade das plantas cultivadas. O primeiro fator refere-se ao porte da espécie de planta daninha, devendo-se esperar maior capacidade de interferência com a cultura, para plantas de maior porte.

O segundo fator já foi mencionado neste texto e refere-se às similaridades entre as espécies daninha e cultivada, em termos de utilização de cada um dos fatores de crescimento; quanto mais similares forem duas plantas quanto às quantidades necessárias dos vários fatores de crescimento, quanto ao posicionamento de raízes e folhas e, finalmente, quanto aos períodos em que serão máximas as demandas por tais fatores, mais intensos serão os efeitos do processo competitivo sobre o crescimento das mesmas. Com efeito, Staniforth (1965) e Velini (1989) verificaram grandes diferenças entre as reduções de produtividade da cultura da soja, para iguais acúmulos de matéria seca de distintas espécies de

plantas daninhas. Staniforth (1965) verificou que a espécie *Abutilon theophrasti* promoveu reduções de produtividade da cultura similares às impostas por diversas espécies de *Setaria*, muito embora tenha apresentado acúmulos de matéria seca 50% menores. Velini (1989) verificou reduções de produtividade da cultura entre 2,67 e 23,48 kg/ha, para o incremento de 1 g/m² no acúmulo de matéria seca das várias espécies de plantas daninhas presentes na área experimental.

O terceiro fator refere-se à densidade com que ocorrem as plantas daninhas. Uma vez mais, Velini (1989) apresenta extensa revisão sobre o assunto; a análise dos trabalhos apresentados permite concluir que, em densidades baixas, pequenos incrementos na mesma resultam em elevados decréscimos de produção, mas, para densidades altas, tais decréscimos são bem menores ou não ocorrem.

Uma linha de trabalho tanto interessante quanto complexa refere-se à tentativa de estabelecer densidades das diversas espécies de plantas daninhas que podem ser toleradas pelas culturas sem decréscimos de produtividade. Em estudos monoespecíficos, normalmente é possível a obtenção de tais parâmetros, mas a situação torna-se por demais complexa quanto a cultura convive e interage com comunidades compostas por várias espécies de plantas daninhas. No entanto, deveria ser estimulada a obtenção desse tipo de dado para espécies de difícil controle, que podem sobreviver em áreas agrícolas de forma quase exclusiva, após a adoção de práticas de controle eficazes contra as demais espécies da comunidade infestante; neste caso, tais dados indicariam aos agricultores a necessidade de adoção ou não de práticas complementares, visando especificamente o controle destas espécies.

Dentre os fatores de maior destaque, o último refere-se à distribuição das plantas daninhas. Velini (1989), utilizando análises de regressão múltipla, verificou que as plantas daninhas distantes de

0-10 cm das linhas de semeadura, foram as que mais prejudicaram o crescimento da soja; uma mesma quantidade de matéria seca de plantas daninhas mostrou-se aproximadamente duas vezes mais prejudicial quando produzida nesta região do que quando produzida em regiões distantes entre 10-20 ou 20-30 cm das linhas da cultura.

2.2.3. Fatores relativos ao ambiente

Vários fatores relativos ao ambiente, tais como temperatura, precipitação, características do solo e outros, podem modificar drasticamente as relações entre plantas daninhas e cultivadas. Muitas vezes tais efeitos fazem com que resultados experimentais completamente distintos possam ser obtidos em locais, épocas de semeadura ou anos agrícolas distintos. Tal comportamento faz com que, para que se tenha dados de fato confiáveis sobre os efeitos da matointerferência, haja necessidade de repetir os ensaios nas mais variadas condições.

2.2.4. Períodos de convivência e controle

Quanto aos períodos de convivência entre as plantas daninhas e cultivadas, devem ser destacados três períodos, definidos por Pitelli & Durigan (1984). O primeiro é denominado Período que Antecede as Interferências (PAI) e corresponde ao período após a implantação da cultura em que as plantas daninhas podem conviver com a mesma sem que isto implique em reduções de produtividade. Normalmente, a duração do PAI é inversamente proporcional à velocidade de crescimento e acumulação de recursos pela comunidade infestante.

O segundo período é denominado Período Total de Prevenção de Interferências (PTPI). O PTPI corresponde ao

intervalo de tempo entre a implantação da cultura e o momento em que as práticas de controle deixam de ser necessárias. As plantas daninhas que germinam após o término do PTPI não promovem reduções de produtividade da cultura. O PTPI pode corresponder, também, ao período residual mínimo que deve apresentar um herbicida pré-emergente aplicado na implantação da cultura.

Existem várias possibilidades para explicar o término do PTPI. Uma possibilidade é a suplantação da fase de maior germinação das plantas daninhas; este aspecto é de grande importância quando as espécies presentes apresentam picos de germinação bem definidos. A cultura pode também modificar o ambiente, dificultando ou eliminando a germinação das plantas daninhas; destaca-se, neste caso, a redução da amplitude térmica, o decréscimo da disponibilidade de luz e a modificação do balanço de comprimentos de onda na superfície do solo. A cultura pode, ainda, reduzir a disponibilidade dos vários fatores de crescimento, diminuindo ou inviabilizando completamente o crescimento de plantas daninhas que germinam na área. Finalmente, de forma específica para reflorestamentos, é possível que a partir de um certo momento a cultura passe a ocupar camadas de solo ou estratos aéreos inacessíveis às plantas daninhas.

O PAI pode apresentar duração maior, igual ou menor que o PTPI, condicionando três situações distintas:

PAI < PTPI: define-se um terceiro período denominado Período Crítico de Prevenção de Interferências (PCPI), durante o qual as práticas de controle devem ser efetivamente utilizadas. As práticas de controle devem ser repetidas tantas vezes quantas forem necessárias para minimizar o crescimento do mato nesta fase.

PAI > PTPI: neste caso não ocorre o PCPI. Basta uma única eliminação do mato, desde que realizada entre o término do PAI e o término do PTPI, para que a cultura possa expressar completamente todo o seu potencial produtivo. Esta condição é

sobremaneira adequada à utilização de capinas e herbicidas pós-emergentes desprovidos de efeito residual.

PAI = PTPI: situação pouco frequente, bastando uma única eliminação do mato no exato momento do término tanto do PAI quanto do PTPI. Em função da dificuldade ou impossibilidade da execução da operação de controle em um único dia, e da própria variabilidade dos dados do PTPI e PAI, é de costume considerar esta situação de forma similar à do primeiro caso (PAI < PTPI).

2.3. Considerações finais

Como já foi mencionado anteriormente, pode-se minimizar as práticas de controle de plantas daninhas através da instalação adequada da cultura. Este procedimento não torna dispensáveis as práticas de controle da comunidade infestante, mas pode fazer com que o PTPI de uma determinada cultura seja drasticamente reduzido, viabilizando a utilização de herbicidas exclusivamente pós-emergentes, a adoção de uma única prática instantânea de controle de plantas daninhas ou a utilização de herbicidas ou doses com menor efeito residual em pré-emergência ou pré-plantio-incorporado. O inverso é também verdadeiro, ou seja, a instalação inadequada da cultura ou o estado debilitado da mesma tendem a torná-la mais exigente em termos de controle da comunidade infestante.

Como consequência do exposto, são comuns situações práticas em que a eficiência de determinados programas de controle de plantas daninhas mostram-se extremamente dependentes de características da cultura, ou seja, existem determinadas condições, em termos de implantação da cultura, nas quais qualquer programa adotado para o controle do mato, apresentará bom resultado. Em outras situações, o lento crescimento da cultura tornará necessária a utilização de herbicidas de longo efeito residual, ou a integração de práticas de controle em programas de longa duração.

2.4. Referências bibliográficas

APEZZATO, B.; TERAQ, D.; CHRISTOFOLETI, P.J.; PIEDADE, R.V.; VICTORIA F,R.; MINAMI, K. Competição de plantas daninhas com a cultura da alface (*Lactuca sativa* cv. Babá). **O Solo**, 75(2):5-10, 1983.

- BLANCO, H.G.; OLIVEIRA, D.O. Duração do período de competição das plantas daninhas com a cultura da cenoura (*Daucus carota* L.). **O Biológico**, **37**:3-7, 1971.
- BLEASDALE, J.K.A. Studies on plant competition. In: HARPER, J.L. (Ed.). **The biology of weeds**. Oxford, Backwell Scientific Publication, 1960. p.133-42.
- CAMPLEGLIA, O. G. Competencia de malezas en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.). **Malezas y su Control**, **2**(1):8-13, 1973.
- CARDONA, P.F.; ROMERO, M.C.E.; POLANIA, I.Z. Competencia de malezas en lechuga (*Lactuca sativa* var. Capitata). **Revista ICA**, **12**(1983):407-20, 1977.
- CASAMAYOR, G.R.; ROMERO, N.C.; ACOSTA, C.O. Período crítico de competencia entre malas hierbas y la cebolla (*Allium cepa* L.) **Centro Agrícola**, **1**(1):15-23, 1974.
- DEUBER, R.; FORSTER, R. Competição mato x cebola. Campinas, Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, 1975. **Boletim Técnico** nº22. 21p.
- DEUBER, R.; FORSTER, R.; SIGNORI, L.H. Competição mato x cenoura. Campinas, Instituto Agronômico do Estado de São Paulo, 1976. **Boletim Técnico** nº39. 16 p.
- DOMINGUES, E.P. **Efeitos do espaçamento e fertilização nitrogenada em cobertura sobre as relações competitivas entre a cultura do arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.) e a comunidade infestante**. Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1981. 75 p. (Trabalho de graduação)

- DURIGAN, J.C. Noções de matobiologia. In: Anais da VI Semana do Herbicida. Fundação Faculdade de Agronomia "Luiz Meneghel", Bandeirantes-PR, 1984.
- FERRAZ, L.C.C.B.; PITELLI, R.A.; BENDIXEN, L.E. 1983. An annotated bibliography of weeds as reservoirs for organisms affecting crops in Brazil. Ia. Nematodes: *Meloidogyne*. Wooster, Ohio State University, 1983. *Research bulletin* 1153. 16 p.
- FRIESSEN, G.H. Weed interference in pickling cucumbers (*Cucumis sativus*). **Weed Science**, **26**(1972):626-8, 1978.
- FRIESSEN, G.H. Weed interference in transplanted tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). **Weed Science**, **27**(1):11-3, 1979.
- HEWSON, R.J.; ROBERTS, H.A. The effects of weed removal at different times on the yield of bulb onions. **Journal of Horticultural Science**, **46**:471-83, 1971.
- HORNG, L.C. Interference of pale smartweed (*Polygonum lapathifolium*) with cabbage (*Brassica oleracea*). **Weed Science**, **28**(1983):381-84, 1980.
- KASASIAN, L.; SEEYAVE, J. Critical periods for weed competition. **PANS**, **15**(2):208-12, 1969.
- KAWANO, K.; GONZALEZ, H.; LUCENA, M. Intraspecific competition with weeds, and spacing response in rice. **Crop Science**, **14**:841-45, 1974.
- MASCARENHAS, M.H.T.; PEREIRA, W.; LARA, J.F.R. Competição de plantas daninhas com a cultura do alho (*Allium sativum* L.). In: Projeto Olericultura. **Relatório Anual 79/80**. Belo Horizonte, EPAMIG.

- MOODY, K. Weed contrl in rice. Lecture note no. 3. In: **5th Southeast Asian Regional Center for Tropical Biology (BIOTROP)**. Weed Science Training Course, 14 november - 23 december 1977, Rubber Research Institute, Kuala Lumpur, Malaysi. pp.374-424, 1977.
- MOODY, K. **Weed fertilizer interactions in rice**. Phillipines, IRRI Research paper Series, no. 68, 1981. 35p.
- PALLER, Jr.,E.C.; GUANTES, M.M.; SORIANO, J.M.; VEGA, M.R. Duration of weed competition and weed control and yeld. II. Transplanted onions. **The Philippine Agriculturalist**, **55**(5 e 6):221-24, 1971.
- PEREIRA, W.; MENEZES SOB., J.A. Competição de plantas daninhas com a cultura do alho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 21, Campinas, 1981. **Resumos**, p.22.
- PITELLI, R.A. Interferências de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, **11**(129):16-27, 1985.
- PITELLI, R.A. **Efeitos de períodos de convivência e de controle das plantas daninhas no crescimento, nutrição mineral e produtividade da cultura da cebola (*Allium cepa* L.)**. Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1987. Tese de Livre-Docência, 140 p.
- PITELLI, R.A.; CHURATA-MASCA, M.G.C.; OLIVEIRA, A.F. Competição entre plantas daninhas e a cultura da cenoura (*Daucus carota* L.). In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E ERVAS DANINHAS, 11, Londrina, 1976. **Resumos**, p. 22.

- ROBERTS, H.A.; BOND, W.; HEWSON, R.T. Weed competition in Drilled summer cabbage. **Annals of Applied Biology**, **84**:91-5, 1975.
- ROBERTS, H.A.; HEWSON, R.T.; RICKETTS, M.E. Weed competition in Drilled summer lettuce. **Horticultural Research**, **17**(1):39-45, 1977.
- ROSE, S.J.; BURNISIDE, O.C.; SPECHT, T.E.; SWISHER, B.A. Competition and allelopathy between soybeans and weeds. **Agronomy Journal**, **76**:523-28, 1984.
- SOUZA, R.J.; FERREIRA, F.A.; SATURNINO, H.M.; MASCARENHAS, M.H.T.; LARA, J.F.R. Estudo de competição da tiririca (*Cyperus rotundus* L.) com a cultura do alho (*Allium sativum* L.) na região de Sete Lagoas. In: Projeto Olericultura, **Relatório Anual 1977/78**. Belo Horizonte, EPAMIG, 1981. p. 105-9.
- SOUZA, J.R.P. **Efeitos de diferentes períodos de controle da comunidade infestante sobre o desenvolvimento e produtividade da cultura da cevada (*Hordeum vulgare* L.)** Botucatu; FCA/UNESP, 1992. 86 p. (Dissertação de Mestrado).
- STANIFORTH, D.W. Competitive effects of three foxtail species on soybeans. **Weeds**, **13**(3):191-93, 1965.
- TERAO, D.; PANISSI, T.; CHRISTOFFOLETI, P.J. PERECIN, M.A.; FONSECA, S.M.; MINAMI, K.; VICTÓRIA F, R. Competição de plantas daninhas com a cultura da couve-flor (*Brassica oleracea* var. Botritis). **O Solo**, **73**(1):35-9, 1981.

- VENGRIS, J.; STACWICZ-SAPUNCAKIS, M. Common purslane competition in table beets and snap beans. **Weed Science**, **19**(1):4-5, 1971.
- VELINI, E.D. **Mato-interferência em arroz de sequeiro (*Oryza sativa* L.): efeitos do espaçamento, densidade populacional, doses de adubação fosfatada e períodos de controle de plantas daninhas**. Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1983. 82p. (Trabalho de Graduação).
- VELINI, E.D. **Avaliação dos efeitos de comunidades infestantes naturais, controladas por diferentes períodos, sobre o crescimento e produtividade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1989. 153p. (Dissertação de Mestrado).
- WEAVER, S.E.; TAN, C.S. Critical period of weed interference in transplanted tomatoes (*Lycopersicon esculentum*): Growth Analysis. **Weed Science**, **31**:476-81, 1983.
- WICKS, G.A.; JOHNSTON, D.N.; NULAND, D.S.; KINBACHER, E.J. Competition between annual weeds and sweet spanish onions. **Weed Science**, **21**(1976):436-39, 1973.
- WILLIAN, R.D.; WARRE, G.F. Competition between purple nut redge and vegetables. **Weed Science**, **23**(1983):317-23, 1975.

TABELA 2. Valores do período total de prevenção da interferência (PTPI), observados por diferentes autores, para culturas olerícolas.

Cultura	Período	Fonte
Alface	3 semanas	Apezato et al. (1983)
	15 dias	Cardona et al. (1977)
Alho	3 semanas	Roberts et al. (1977)
	80 dias	Souza et al. (1981)
	100 dias	Mascarenhas et al. (s/d)
	18 semanas	William & Warren (1975)
Batata-doce	3 semanas	Kasasian & Seeyave (1969)
Beterraba	2 semanas	Vengris & Stacwicz-Sapuncakis (1971)
Cebola (T)	56 dias	Deuber & Forster (1975)
	84 dias	Camplegia (1973)
	40 dias	Casamayor et al. (1974)
	6 semanas	Paller et al. (1971)
	14 dias	Pitelli (1987)*
	28 dias	Pitelli (1987)*
Cebola (SD)	8 semanas	Hewson & Roberts (1971)
	12 semanas	Wicks et al. (1973)
Cenoura	20 dias	Blanco & Oliveira (1971)
	20 dias	Pitelli et al. (1976)
	7 semanas	William & Warren (1975)
	29 dias	Deuber et al. (1976)*
	42 dias	Deuber et al. (1976)*
Couve-flor	2 semanas	Terao et al. (1981)
Pepino	7 semanas	William & Warren (1975)
	12 dias	Friesen (1978)*
	24 dias	Friesen (1978)*
Quiabo	7 semanas	William & Warren (1975)
Repolho	2 semanas	Roberts et al. (1975)
	4 semanas	Hornig (1980)*
	5 semanas	Hornig (1980)*
Tomate	3 semanas	William & Warren (1975)
	5 semanas	William & Warren (1975)
	48 dias	Friesen (1979)*
	24 dias	Friesen (1979)*
	36 dias	Friesen (1979)*
	28 dias	Weaver & Tan (1983)

(T) - Transplante.

(SD) - Semeadura direta.

* Consta de vários experimentos na mesma publicação.

TABELA 3. Duração do Período Anterior à Interferência, observada por diferentes autores, para culturas olerícolas.

Cultura	Período	Fonte
Alface	5 semanas	Apezzato et al. (1983)
Alho	42 dias	Pereira & Menezes Sob ^o (1981)
	20 dias	Mascarenhas et al. (s/d)
Batata-doce	5 semanas	Willian & Wareen (1975)
	3 semanas	Kasasian & Seeyave (1969)
Cebola (T)	30 dias	Casamayor et al. (1974)*
	40 dias	Casamayor et al. (1974)*
	< 2 semanas	Paller et al. (1971)
	21 dias	Campeggia (1973)
	34 dias	Deuber & Foster (1975)*
	46 dias	Deuber & Foster (1975)*
	14 dias	Pitelli (1987)*
	56 dias	Pitelli (1987)*
	28 dias	Pitelli (1987)*
	Cebola (SD)	< 2 semanas
4 semanas		Hewson & Roberts (1971)
Cenoura	35 dias	Deuber et al. (1976)*
	46 dias	Deuber et al. (1976)*
	5 semanas	Willian & Warren (1975)*
	7 semanas	Willian & Warren (1975)*
Couve-flor	6 semanas	Terao et al. (1981)
Pepino	12 dias	Friesen (1978)*
	24 dias	Friesen (1978)*
Quiabo	7 semanas	Willian & Warren (1975)
	5 semanas	Willian & Warren (1975)
Repolho	4 semanas	Hornig (1980)
	4 semanas	Roberts et al. (1975)
Tomate	9 semanas	Willian & Warren (1975)
	35 dias	Weaver & tan (1983)*
	28 dias	Weaver & tan (1983)*
	6 semanas	Kasasian & Seeyave (1969)
	24 dias	Friesen (1979)*
	36 dias	Friesen (1979)*
	5 semanas	Willian & Warren (1975)

(T) - Transplante.

(SD) - Semeadura direta.

* Consta de vários experimentos na mesma publicação.

TABELA 4. Valores do período total de prevenção à interferência e da fase de pré-interferência, observados por diferentes autores, para grandes culturas.

Cultura	PTPI	PAI	Fonte
Algodão	-	2 s.	Ferraz et al. (1972)
	35 d	-	Blanco & Oliveira (1976)
	-	20 d.	Cia et al. (1978)
	-	20 - 30 d.	Cia et al. (1978)
	42 d.	28 d.	Laca-Buendia et al. (1979)
	56 d.	28 d.	Laca-Buendia et al. (1979)
	40 d.	-	Guerra Filho (1980)
	6 s. ²	-	Blanco & Chiba (1984)
	-	10 - 20 d. ³	Foster & Paulo (1984)
	-	20 - 30 d. ⁴	Foster & Paulo (1984)
	Amendoim	10 d.	50 d.
-		56 d.	Pitelli et al. (1984)
Arroz-sequeiro	5 d.	50 d.	Pacheco & De Marinis (1981)
	40 d.	30 d.	Alcântara et al. (1982)
Arroz-várzea	50 d.	30 d.	Burga & Tozani (1980)
	60 d.	45 d.	Oliveira & Almeida (1982)
	48 d.	-	Velini et al. (1984)
Arroz-várzea	-	30 d.	Costa et al. (1974)
	32 d.	-	Deuber & Foster (1972)
Cana-de-açúcar	45 d.	15 d.	Ishy & Lovato (1974)
	90 d.	60 d.	Colleti et al. (1980)
Cana-de-açúcar (plantio de ano e meio)	30 - 60 d.	30 d.	Blanco et al. (1982)
	-	30 d.	Graciano & Ramalho (1982)
Cana-de-açúcar (plantio de ano)	100 d.	50 d.	Azzi (1970)
	66 d.	18 d.	Blanco et al. (1979)
Cana (soca 1 ^o corte)	54 d.	18 d.	Blanco et al. (1981)
	90 d.	30 d.	Rolim & Cristofoleti (1982)
	56 d.	140 d.	Resende Sobrinho et al. (1984)

Continua...

Continuação da Tabela 4.

Cultura	PTPI	PAI	Fonte
Feijão	20 d.	-	Blanco et al. (1969)
	30 d.	-	Vieira et al. (1970)
	35 d. ²	21 d.	William (1973)
	49 d. ²	35 d.	William (1973)
Feijão de corda	30 d.	-	Paiva et al. (1973)
Mandioca	150 d.	60 d.	Alcântara et al. (1982)
Milho	45 d.	15 d.	Blanco et al. (1976)
	40 d.	20 d.	Repennings et al. (1976)
Soja	45 - 50 d.	30 d.	Blanco et al. (1978)
	-	30 d.	Blanco et al. (1978)
	30 d.	20 d.	Garcia et al. (1981)
	40 d.	-	Maia et al. (1980)
	40 d.	20 d.	Durigan et al. (1983)
	50 d.	20 d.	Durigan et al. (1983)
	-	35 d.	Ministeri & Melhorança (1984)
	20 d.	50 d.	Rossi (1985)
	26 d.	35 d.	Velini (1989)
	16 d.	32 d.	Velini (1989)

Fonte: Pitelli (1985) e Velini (1989).

Competindo exclusivamente com Tiririca ⁽²⁾; com monocotiledôneas ⁽³⁾ e com dicotiledôneas ⁽⁴⁾.

3. DINÂMICA DE PLANTAS DANINHAS NO SISTEMA PLANTIO DIRETO

Robinson Antonio Pitelli ¹



O conjunto de plantas superiores que se mantém espontaneamente em áreas agrícolas e pecuárias compreende espécies com características pioneiras, ou seja, plantas que ocupam locais onde, por qualquer motivo, a vegetação natural foi extinta e o solo ficou total ou parcialmente exposto (Pitelli, 1990). Este tipo de vegetação sempre existiu e, no passado, sua presença sempre foi fortuita e temporária, evoluindo sempre que

houvesse uma área despojada da vegetação natural e desaparecendo tão logo a vegetação original fosse re-estabelecida. Estas plantas foram muito importantes na recuperação de extensas áreas de vegetação após a desglaciação do pleistoceno (Pitelli, 1990).

O surgimento da população humana permitiu a perpetuação das plantas com características pioneiras, pois o homem criou e manteve nichos adequados ao crescimento e desenvolvimento deste tipo de vegetação. Não há dúvidas de que foi desta vegetação que o homem desenvolveu a maioria de suas espécies cultivadas e estabeleceu a base para sua atividade agropecuária. As outras espécies pioneiras não domesticadas mantiveram-se habitando estas áreas, ocasionando uma série de entraves ao desenvolvimento da agropecuária e recebendo o conceito de plantas daninhas. No entanto, trata-se de plantas com características pioneiras, as quais encontram no agroecossistema nichos disponíveis e adequados à perpetuação de sua espécie (Pitelli, 1990).

Estas plantas, normalmente, possuem grande agressividade, caracterizada por elevada e prolongada capacidade de produção de diásporos dotados de alta viabilidade e longevidade, os quais são capazes

¹ Eng.Agr., Dr., Prof. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP-Campus de Jaboticabal, Rod. Carlos Tonanni km 05, 14870-000 - Jaboticabal, SP.

de germinar, de maneira descontínua, em muitos ambientes. Normalmente, possuem adaptações para disseminação a curta e longa distâncias. Via de regra, possuem rápido crescimento e desenvolvimento, são auto-compatíveis, mas não completamente autógamas ou apomíticas e, quando alógamas, utilizam-se de agentes de polinização inespecíficos ou o vento. Quando são perenes, além de vigorosa reprodução vegetativa e alta capacidade de regeneração de fragmentos, são bastantes frágeis, de modo que as plantas se fragmentam e não são totalmente arrancadas do solo. Ademais, estas plantas desenvolvem mecanismos especiais que as dotam de grande habilidade de sobrevivência, como produção de substâncias de natureza alelopática, hábito trepador e outros (Baker, 1965).

Resumindo, a perpetuação de uma espécie como planta invasora de agroecossistemas está condicionada a uma relação interativa entre a plasticidade de cada indivíduo e processos que, ao longo prazo, proporcionam flexibilidade adaptativa frente às eventuais alterações do ambiente e às modificações que normalmente ocorrem em condições naturais em todo o sistema, através do tempo (Fernandez, 1979).

Nos últimos anos, têm sido propostos interessantes conceitos a respeito das estratégias evolutivas desenvolvidas pelas plantas daninhas para a ocupação dos agroecossistemas. Uma das teorias mais importantes é a de Grime (1979). Segundo o autor, há dois fatores externos que limitam a

estratégia de crescimento e de reprodução das plantas superiores. Estes dois fatores são:

- o estresse: fenômeno externo que impõe barreiras ao desenvolvimento vegetal, como disponibilidade de água, de nutrientes e de luz, temperaturas elevadas ou baixas, competição inter-específica, etc.
- o distúrbio: alterações ambientais relativamente drásticas que promovem a destruição total ou parcial da biomassa vegetal, como ceifa, cultivo, preparo do solo, pastoreio, fogo, etc.

A frequência e/ou intensidade desses fatores pode variar muito. Se apenas forem considerados os fatores extremos, quatro situações podem ocorrer e os tipos ecológicos adaptados a cada situação são nomeados na Tabela 1.

TABELA 1. Combinações de valores extremos de fatores externos básicos que afetam a estratégia evolutiva das plantas superiores e os nomes dados aos tipos ecológicos adaptados a cada condição (Grime, 1979).

Intensidade do distúrbio	Intensidade do estresse	
	Alto	Baixo
Alto	-	Ruderais
Baixo	Tolerantes ao estresse	Competidoras

As plantas que se enquadram em cada um destes tipos ecológicos podem ser identificadas por características comuns:

- **Tolerantes ao estresse:** exibem características que asseguram a sobrevivência em ambientes desfavoráveis. Apresentam reduzida alocação de recursos em favor do crescimento vegetativo e reprodutivo. Espécies com essas características são prevalentes em ambientes não perturbados, em ambientes pouco produtivos ou nos estágios finais da sucessão ecológica.
- **Competidoras:** exibem características que maximizam o recrutamento de recursos em condições produtivas em ambientes pouco perturbados. Apresentam grande alocação de recursos em favor do crescimento vegetativo e são abundantes em estágios serais intermediários de sucessão ecológica.

- **Ruderais:** são encontradas em ambientes altamente perturbados porém produtivos. Exibem características de rápido ciclo de desenvolvimento e elevada alocação de recursos a favor de estruturas reprodutivas. Ocupam as primeiras fases da sucessão ecológica.

É importante considerar que, na Tabela 1, apenas foram consideradas as condições extremas. Grime (1979) prefere avaliar os vários tipos intermediários em um modelo triangular, onde são consideradas as várias situações intermediárias de estresse, de distúrbio e de competição com outras plantas.

A teoria de Grime (1979) pode ser adaptada ao universo das plantas daninhas. Por exemplo, nas áreas de olericultura, onde o distúrbio é intenso, os solos são férteis, há abundância de irrigação e as plantas emergem em condição de solo nu, predominam as plantas daninhas com características ruderais. No outro extremo, em áreas de reflorestamento, onde há pouco distúrbio, os solos normalmente são de baixa fertilidade e há intenso estresse promovido pela interferência da espécie florestal, predominam plantas com características mais próximas às tolerantes ao estresse. Nas fases iniciais da implantação do reflorestamento predominam as plantas com características de competidoras.

Esta introdução teórica foi necessária para sedimentar o conceito de que a composição específica da comunidade vegetal que habita espontaneamente um agroecossistema é função do manejo agrícola empregado, especialmente em termos de mobilização (distúrbio) do solo e manejo dos fatores limitantes ao crescimento vegetal (estresse).

3.1. Plantio direto

3.1.1. Ação dos fatores ecológicos limitantes

Quando ocorre a alteração do sistema de plantio convencional para o sistema de plantio direto, há uma grande mudança no distúrbio e no estresse que são impostos ao ambiente agrícola.

Antes de comentar sobre os impactos da mudança dos sistemas de cultivo, é interessante que se apresentem alguns conceitos básicos acerca da ação dos fatores ecológicos sobre as populações vegetais. Os fatores ecológicos, baseando-se na intensidade de adaptação dos organismos, que é tanto mais desenvolvida quanto maior for o tempo de atuação do fator, foram classificados em: fatores ecológicos em periódicos primários, periódicos secundários e não periódicos.

Os fatores periódicos primários têm periodicidade regular (diária, lunar, estacionária e anual) e são consequência direta do movimento de rotação e translação da terra, como o ritmo dia-noite, as estações do ano, etc. As plantas são totalmente adaptadas a esses fatores, que atuam determinando os limites da área de distribuição geográfica das espécies. No interior destas áreas, sua ação nunca é fundamental.

Os fatores periódicos secundários são consequência das variações dos primários. Quanto mais estreita é a relação com o fator primário, mais regular é sua manifestação e maior é o grau de adaptação dos organismos ao fator. São exemplos: o ritmo pluviométrico anual, as flutuações da temperatura e da umidade do ar, as flutuações nas populações de inimigos naturais, simbioses, etc. Estes fatores atuam regulando a abundância das populações dentro de suas áreas de distribuição geográfica, mas não interferem expressivamente nos limites desta área.

Os fatores não periódicos são aqueles que normalmente não ocorrem no habitat de uma planta. Quando ocorrem, promovem grandes impactos sobre as populações, pois os organismos não têm adaptações para variações desse fator. Quando um fator não periódico passa a se repetir com certa regularidade, as populações desenvolvem mecanismos de

adaptação e sua ação deixa de ser muito impactante, chegando ao extremo de apresentarem respostas similares a um fator periódico secundário.

3.1.2. Impacto do plantio direto

No início da agricultura moderna, os processos de aração e gradagem constituíam fatores ecológicos não periódicos e, portanto, de grande impacto sobre as populações de plantas daninhas. A inversão da leiva, efetuada pelo arado, proporcionava elevada mortalidade dos diásporos e das partes vegetativas enterradas, uma vez que estas plantas não possuíam mecanismos de adaptação desenvolvidos.

Com a aplicação sucessivas dessas práticas culturais, as plantas daninhas passaram a desenvolver mecanismos que as permitissem sobreviver ao enterrio, como resistência aos agentes bióticos do solo, exigência de temperatura variável para iniciar o processo germinativo, desenvolvimento de inúmeros e complexos mecanismos de dormência dos diásporos, capacidade de germinação e emergência a partir de grandes profundidades no perfil do solo, etc.

Também houve uma uniformidade na distribuição dos diásporo no perfil da camada arável do solo, de modo que a aração e gradagem apenas movimentavam o banco de sementes superficial para as zonas mais profundas e trazia as sementes mais profundas para a região mais superficial, mantendo o potencial de infestação das plantas daninhas.

Assim, com o tempo de plantio convencional, o impacto do preparo do solo sobre as populações de plantas daninhas decresceu consideravelmente. É interessante ressaltar que algumas espécies não conseguiram desenvolver mecanismos adaptativos que lhes conferissem sucesso em campos conduzidos neste sistema, desaparecendo ou mantendo

pequenas populações, sendo consideradas plantas daninhas de importância secundária.

De modo geral, no plantio convencional o ambiente para as plantas daninhas era caracterizado por elevado distúrbio do solo e, por algum tempo, ausência de qualquer cobertura vegetal, com o solo totalmente exposto.

Com a adoção do sistema de plantio direto, os fatos inusitados passaram a ser o não revolvimento do solo e a presença de uma cobertura morta na superfície, que não existia no plantio convencional, além de incrementar a prática da rotação com culturas de inverno e o uso de herbicidas de manejo. Os impactos desses fatores serão discutidos isoladamente, embora seja conhecido que existe interações entre eles.

3.2. Rotação de culturas

Pela sua própria história evolutiva, pode-se inferir que as plantas daninhas são plantas dotadas de elevada agressividade na ocupação de solos nus, mas são bastante sensíveis à presença de outras plantas no ambiente comum. Desse modo, uma ocupação eficiente do solo por parte da planta cultivada é um dos mais importantes fatores atuantes no estabelecimento e crescimento da comunidade infestante. Esta ocupação eficiente deve ser considerada no tempo e no espaço.

A ocupação eficiente do espaço do agroecossistema por parte da cultura reduz a disponibilidade de nichos adequados ao crescimento e desenvolvimento das plantas daninhas. Neste aspecto, é importante que se considerem todos os fatores envolvidos na determinação do grau de interferência entre as plantas cultivadas e as comunidades infestantes, visando maximizar a pressão de interferência promovida pela cultura. Para tanto, é importante que se utilizem variedades de rápido crescimento inicial, adequadas às condições edafoclimáticas

predominantes na região e semeadas em espaçamentos e densidades de plantas que assegurem um rápido e intenso sombreamento do solo. Também é importante que as plantas daninhas sejam eliminadas durante os períodos de controle considerados críticos, ou seja, antes do término do Período Anterior à Interferência e após o término do Período Total de Prevenção da Interferência (Pitelli, 1985).

Também é interessante que se considere o conceito de ocupação temporal do agroecossistema, de modo que este seja ocupado com plantas cultivadas pelo maior período possível, evitando que as plantas daninhas se desenvolvam e aumentem seus potenciais de infestação. Neste aspecto, a rotação com culturas de inverno constitui prática fundamental para evitar o ciclo das plantas daninhas no período de entressafra e, também, proporcionar uma mudança de condições no ambiente da lavoura, não permitindo que se formem grandes infestações de algumas poucas espécies. É importante recordar que antes de 1945, as principais medidas de manejo das plantas daninhas eram os cultivos e a rotação de culturas. O sistema mais eficiente consistia na rotação de cereais, leguminosas e pastagens. Nessas condições, as plantas daninhas tinham grandes dificuldades em incrementar suas populações. Após esta época, com as introduções das fontes sintéticas de nitrogênio e dos produtos de ação herbicida, a rotação foi paulatinamente sendo abandonada. Apesar das modernas técnicas de controle, as comunidades infestantes foram se tornando mais diversificadas e densas.

O sistema de plantio direto vem resgatar esta prática da rotação e, em consequência, seus impactos sobre as comunidades infestantes dos agroecossistemas.

3.3. Redução do distúrbio do solo

A redução do distúrbio do solo resultante da adoção do plantio direto, por si só, proporciona uma redução temporária das populações de plantas daninhas nos agroecossistemas. Vários são os fatores que contribuem para este comportamento:

- grande proporção do estoque de diásporos do solo será mantida numa profundidade suficiente para que não haja a germinação e/ou emergência das plântulas;
- os diásporos produzidos após a adoção do plantio direto ficarão depositados numa camada superficial do solo, ficando mais suscetíveis à ação de predadores de grande porte como pássaros e roedores. Este é um aspecto especialmente importante no caso de algumas espécies cujos diásporos necessitam de um certo período de armazenamento para atingir maturidade fisiológica ou romper certas modalidades de dormência e, com o enterrio, ficariam protegidas durante o desenvolvimento deste processo.

A maior concentração de diásporos na superfície do solo facilita a homogeneidade de emergência das plântulas, facilitando a efetividade das medidas de controle, especialmente a atividade de herbicidas.

Por outro lado, as plantas com características pioneiras que não lograram sucesso adaptativo no sistema convencional podem ser favorecidas com o plantio direto e ter suas populações incrementadas. Esta mudança de flora é flagrante em algumas áreas antigas de plantio direto onde as composições específicas das comunidades infestantes diferem daquelas de ocorrência comum no plantio convencional.

3.4. Cobertura morta

Os efeitos da cobertura morta sobre as plantas daninhas devem ser analisados sob três aspectos distintos - físico, químico e biológico - embora haja interações entre eles.

3.4.1. Efeito físico

O efeito físico da cobertura morta é bastante importante na regulação da germinação e da taxa de sobrevivência das plântulas de algumas espécies. Em termos de efeitos sobre o processo germinativo, pode-se exemplificar com a redução da germinação de sementes fotoblásticas positivas, das sementes que requerem determinado comprimento de onda e de sementes que necessitam de grande amplitude térmica para iniciar o processo germinativo. É amplamente conhecido que a cobertura morta reduz as amplitudes diárias da variação térmica e hídrica na região superficial do solo. Esta redução tem grande impacto na germinação de sementes de plantas daninhas, especialmente as ruderais extremas. É importante considerar que o sistema de plantio direto permite uma continuidade da cobertura do solo, não permitindo qualquer período de exposição total.

O efeito físico da cobertura morta também reduz as chances de sobrevivência das plântulas das plantas daninhas com pequena quantidade de reservas nos diásporos. Muitas vezes, as reservas não são suficientes para garantir a sobrevivência da plântula no espaço percorrido dentro da cobertura morta até que tenha acesso à luz e inicie o processo fotossintético.

3.4.2. Efeito biológico

A presença da cobertura morta cria condições para instalação de uma densa e diversificada microbiocenose na

camada superficial do solo. Na composição específica desta microbiocenose há uma grande quantidade de organismos que podem utilizar sementes e plântulas de plantas daninhas como fontes de energia e matéria. Muitos organismos fitopatogênicos podem utilizar a cobertura morta para completar o ciclo de desenvolvimento e produzir estruturas reprodutivas. De maneira geral, os microorganismos exercem importantes funções na deterioração e perda de viabilidade dos diversos tipos de propágulos no solo. O fungo *Drechslera campanulata*, no seu estágio sexuado, *Pyranophora semeniperda*, tem uma ampla gama de hospedeiros e é capaz de reduzir a viabilidade e germinabilidade de diásporos de várias gramíneas (Medd et al., 1984).

Além disso, deve-se considerar que a cobertura morta cria um abrigo seguro para alguns predadores de sementes e plântulas, como roedores, insetos e outros pequenos animais.

3.4.3. Efeito químico

Há uma relação alelopática entre a cobertura morta e as plantas daninhas presentes no banco de sementes do solo. Após a morte da planta ou de seus órgãos, os aleloquímicos são inicialmente liberados pela lixiviação dos resíduos. A perda da integridade da membrana celular pela decomposição do resíduo permite a liberação direta de uma variedade de compostos, que podem impor sua ação de maneira aditiva ou sinérgica à dos lixiviados. Além disso, os microorganismos presentes no solo podem induzir a produção de compostos tóxicos por degradação enzimática dos conjugados ou polímeros presentes nos tecidos. Um exemplo deste processo é a ação de microorganismos em glicosídeos cianogênicos presentes em *Sorghum halepense* com a produção de duas toxinas: HCN e benzaldeídos (Putnam, 1985).

A atividade alelopática da cobertura morta depende diretamente da qualidade e quantidade do material vegetal depositado na superfície, do tipo de solo, da população microbiana, das condições climáticas e da composição específica da comunidade de plantas daninhas.

Alguns ácidos, com atividade alelopática, foram identificados em solos sob cobertura morta, como o vanílico, p-cumárico, p-hidrobencóico, siríngico, protocafêico e ferúlico (Guenzi & McCalla, 1968). Sob cobertura morta de cevada foram encontrados os ácidos benzóico, fenilacético, fenilpropiónico e 4-fenilbutírico (Tousson, 1968). Sob resíduos de milho foram identificados: p-hidroxibenzilaldeído, floroglucinol, resorcinol, e os ácidos butírico, fenilacético, benzóico, siríngico, p-cumárico, trans-cinâmico e cafêico (Chou & Lin, 1976). Os ácidos acético, propiónico e butírico são considerados os mais expressivos agentes aleloquímicos provenientes de cobertura morta de trigo (Tang & Waiss, 1978).

O modo de ação dos aleloquímicos na planta receptora ainda não estão totalmente esclarecidos, devido às dificuldades de separar os efeitos secundários das causas primárias. Geralmente influenciam em mais de um processo do vegetal, com velocidades distintas, o que provoca efeitos colaterais difíceis de serem separados dos principais (Einhelling, 1986).

Existem numerosas evidências de que os aleloquímicos podem alterar a absorção de ions pelas plantas. No entanto, este fenômeno encontra-se associado ao colapso de outras funções, como a respiração, e a permeabilidade das membranas celulares. Os aleloquímicos podem atuar como reguladores do crescimento vegetal, como inibidores de fotossíntese, desreguladores da respiração e da permeabilidade de membranas, inibidores da síntese protéica e da atividade enzimática (Einhelling, 1986).

Vários estudos têm sido conduzidos visando o manejo da cobertura morta no controle de plantas daninhas. No Brasil, foi demonstrada a eficácia da cobertura morta proporcionada por

várias espécies de culturas de inverno, tendo detectado, inclusive, uma relação de seletividade na interação cobertura morta - planta daninha (Durling & Almeida, 1993).

O plantio direto, em comparação com o tempo de agricultura convencional, é uma prática relativamente recente. As reduções iniciais da diversidade e densidade das plantas daninhas foram os primeiros sinais do impacto deste sistema de plantio sobre a dinâmica das comunidades infestantes. As alterações das importâncias relativas das espécies, com o predomínio de plantas pouco comuns no sistema convencional, constitui outro tipo de impacto que se evidencia atualmente. No entanto, esses impactos são resultantes de uma integração dos fatores acima comentados e da aplicação de herbicidas, especialmente os de manejo.

Os herbicidas de manejo passaram a constituir um outro agente de distúrbio introduzido no ambiente. De início, num caráter de fator ecológico não periódico, ainda apresentam grande impacto sobre as comunidades infestantes. Com os anos sucessivos de uso regular, as comunidades infestantes irão sofrer alterações e o impacto de controle destes produtos tenderá a decrescer. No entanto, herbicidas com diferentes modos e espectro de ação poderão ser manejados e manter a intensidade de impacto.

3.5. Referências bibliográficas

- BAKER, D.N. Characteristics and modes origin of weeds. In: BAKER, D.N.; STEBBINS, B.L. ***The Genetics of Colonizing Species***. New York: Academic Press, 1965. p.1-24
- CHOU, C.H.; LIN, H.J. Autointoxications mechanism of *Oryza sativa*. I. Phytotoxic effects of decomposing rice residues in soil. ***J. Chem. Ecol.*** 2(3): p.353-367, 1976.

- DAJOZ, R. **Ecologia Geral**. Petrópolis, Editora Vozes, 1983. 472p.
- DURIGAN, J.C.; ALMEIRA, F.L.S. Noções da alelopatia. Jaboticabal: Editora da FUNEP, 1993. **Boletim Técnico**, 28p.
- EINHELLING, F.A. Mechanisms and modes of action of allelochemicals. In: PUTNAM, A.R.; TANG, C.S. **The Science of Allelopathy**. New York: John Willey & Sons, 1986. p.171-188.
- FERNANDEZ, O. Las malezas y su evolucion. **Ciencia y Investigación**, 35: 49-59, 1979.
- GRIME, J.P. **Plant Strategies and Vegetation Process**. New York: John Willey & Sons, 1979. 209p.
- GUENZI, M.D.; McCALLA, T.M. The phytotoxic substances extractes from soil. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** 30: 214-216, 1968.
- MEDD, R.W.; NIKANDROW, A.; JONES, K. Possible use of soil-born pathogen for weed control. In: Int. Symp. Biol. Control of Weeds, 6^o, Vancouver, 1984. **Proceedings**, p.19-25.
- PITELLI, R.A. Ecologia de plantas invasoras em pastagens. In: Simpósio sobre Ecossistema de Pastagens, 1^o, Jaboticabal, 1990. **Anais**. p.69-86.
- PITELLI, R.A. Interferência das plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário** 11(129): 16-217, 1985.

- PUTNAM, A.R. Weed allelopathy. In: DUKE, S.O. *Weed Physiology*. Boca Raton: CRC Press, 1985. p.131-155.
- TANG, C.S.; WAISS, A.C. Short-chain fatty acids as growth inhibitors in decomposing wheat straw. *J. Chem. Ecol.* **4**(2): 225-232, 1978.
- TOUSSON, T.A. Nature of phytotoxic substances during plant residue decomposition in soil. *Phytopathol* **58**: 41-45, 1968.

4. UMA NOVA PROPOSTA PARA O CONTROLE DAS ERVAS DANINHAS: O USO DE PLANTAS TRANSGÊNICAS

Goran Kuhar Jezovsek¹



Durante séculos, fazendeiros e melhoristas usaram as semelhanças familiares para aumentar a produtividade de plantas e animais. Por exemplo, através do cultivo seletivo de plantas que eram as maiores, mais fortes e menos suscetíveis a doenças, fazendeiros e melhoristas criaram plantas mais produtivas. Eles

não sabiam, mas estavam praticando uma forma

rudimentar de engenharia genética - um processo fundamental utilizado na biotecnologia.

As regras que regem a transmissão de características genéticas permaneceram um mistério até aproximadamente 150 anos atrás, quando Gregor Mendel começou a estudar a hereditariedade em plantas de jardim.

Utilizando experimentos cuidadosamente planejados e cálculos matemáticos, Mendel concluiu que certas partículas não visíveis carregam as características hereditárias, e que estas características são transmitidas de geração a geração. O mundo científico falhou em reconhecer o significado das descobertas de Mendel até muito depois da sua morte, mas seu trabalho serve como um fundamento para a biotecnologia.

Desde os anos 50, biólogos conseguiram grandes progressos no entendimento da hereditariedade. Começando com a descrição da estrutura do ácido desoxiribonucleico (ADN) feita por James Watson e Francis Crick, cientistas conseguiram

entender como a informação é duplicada e como ela é passada de geração a geração.

Por volta dos anos 80, os cientistas tornaram-se capazes de transferir pedaços de informação genética, chamados genes, de um

¹ Eng.-Agr., M.Sc., Especialista em Biotecnologia, Monsanto do Brasil, Caixa Postal 431, 38406-376 - Uberlândia, MG.

organismo para outro. Esta habilidade de transferir informação genética é conhecida como engenharia genética, um processo utilizado na biotecnologia. Embora ainda seja relativamente nova, a biotecnologia tem um grande potencial. Permite aos pesquisadores desenvolver culturas agrícolas melhoradas, tais como plantas naturalmente protegidas de doenças e pragas. A biotecnologia também fornece novas formas de tratar doenças humanas, de produzir produtos químicos e de eliminar desperdícios.

4.1. O código da vida

Desde o tempo dos estudos de Gregor Mendel com plantas, pesquisadores têm trabalhado para decifrar a linguagem da vida - como as características são passadas de uma geração para a próxima. Para entender esta linguagem, é essencial entender a estrutura dos organismos vivos e como esta estrutura foi descoberta.

A vida é mantida através de um sistema complexo de reações químicas. As proteínas, que são compostas de várias combinações de amino-ácidos, são essenciais à vida - tanto para a estrutura de um organismo, como para as reações metabólicas necessárias para o funcionamento do organismo. O número, ordem e tipo de amino-ácidos em uma proteína específica determinam as propriedades desta proteína.

O ADN contém a informação necessária para as células ordenarem os aminoácidos corretamente em cada proteína produzida por cada organismo vivo. O ADN transmite esta informação hereditária de uma geração para a seguinte.

A molécula de ADN é uma estrutura em dupla hélice, que lembra uma escada em espiral. É composta pela repetição de unidades básicas, os nucleotídeos, que são formados por uma molécula de fosfato, um açúcar (desoxiribose) e uma base nitrogenada, que pode ser de quatro tipos: adenina (A), timina (T), guanina (G) ou citosina (C). As bases ficam no centro da molécula, e servem de ligação entre as duas fitas (Fig. 1). A informação genética é armazenada no ADN como um código, que é baseado na ordem na qual estes pares de bases são ligados. Um segmento de ADN que codifica informação suficiente para produzir uma proteína é chamada de gene. Genes específicos codificam proteínas específicas, e estas proteínas determinam cada aspecto ou característica de um organismo.

Os pesquisadores começaram a entender o ADN já no início do século XIX, quando concluíram que todas as coisas vivas - de humanos a plantas, de bactérias a baleias - são compostos por células que têm os mesmos componentes básicos. Por volta de 1944, pesquisadores determinaram que o ADN, presente no núcleo de cada célula, é a substância responsável pela transmissão da informação hereditária.

Através dos anos 50 e 60, os biólogos aprenderam que o ADN funciona como um plano para cada processo bioquímico dentro da célula e conseqüentemente, dentro do organismo como um todo. De fato, o ADN contém toda a informação necessária para um organismo se desenvolver desde um óvulo fertilizado até a maturidade.

Em 1953, James Watson e Francis Crick descobriram o código para a estrutura em dupla hélice do ADN, pelo que receberam o Prêmio Nobel em 1962. Por volta de 1973, pesquisadores desenvolveram a habilidade de isolar genes.

Nesta época já estava claro que a linguagem da vida - o código genético - é basicamente o mesmo para todos os seres vivos.

Com base nestas descobertas, pesquisadores imaginaram que se eles pudessem modificar o ADN em uma célula, as células poderiam produzir uma nova proteína útil. Esta proteína poderia conferir uma nova característica desejável para a célula ou mesmo para todo o organismo.

4.2. Tornando a Engenharia Genética possível

Nos anos 80, pesquisadores desenvolveram as ferramentas necessárias para transferir genes específicos de um organismo para outro, permitindo a expressão de características desejáveis no organismo receptor.

O que tornou isso possível foi a descoberta de enzimas - as enzimas de restrição - que podiam ser utilizadas como 'tesouras' moleculares para cortar ou remover um segmento de gene de uma cadeia de ADN em um local específico. Estas enzimas reconhecem seqüências de nucleotídeos e cortam a molécula sempre no mesmo ponto. Existem várias destas enzimas, muitas das quais foram catalogadas de acordo com o ponto no qual elas cortam uma molécula de ADN.

As 'tesouras' enzimáticas também podem ser utilizadas para abrir um plasmídeo - um anel de ADN normalmente encontrado em bactérias. Os plasmídeos podem passar entre algumas células bacterianas e trocar informação genética.

Para transferir informação genética de uma célula para outra, uma enzima faz uma abertura em um plasmídeo bacteriano. Os pesquisadores copiam ou colocam um segmento retirado de uma fita de ADN doador no plasmídeo. Como as extremidades livres, tanto do plasmídeo, como do segmento gênico doador são quimicamente 'adesivas', elas podem se ligar uma a outra - recombinar - para formar um plasmídeo contendo o novo gene. Esta técnica é chamada de clonagem de

genes ou tecnologia do ADN recombinante (rADN) - termos utilizados concomitantemente com engenharia genética. O novo plasmídeo agora carrega instruções genéticas, permitindo que, quando inserido em uma bactéria, esta produza uma nova proteína que leva à expressão da nova característica.

Os pesquisadores desenvolveram a primeira aplicação comercial deste processo quando, em 1982, eles produziram insulina humana para o tratamento da diabetes. Para fornecer insulina em quantidades necessárias para uso médico, eles isolaram o gene que produz a insulina humana e o transferiram para uma bactéria. As bactérias se multiplicam e crescem em um tanque de fermentação, produzindo a insulina enquanto vivem e crescem. A insulina é então isolada e purificada para o tratamento da diabetes.

Outras aplicações para esta técnica de 'cortar e colar' incluem o melhoramento de culturas vegetais através do uso de bactérias do solo. Por exemplo, pesquisadores da Monsanto utilizam o ADN do plasmídeo de uma bactéria que ocorre naturalmente chamada *Agrobacterium tumefaciens* como o meio de introduzir novos genes em plantas. O plasmídeo atua como uma ferramenta que permite aos pesquisadores inserir novos genes que codificam proteínas específicas. Estas proteínas produzem características desejáveis em uma planta, como proteção contra doenças.

4.3. A engenharia genética torna novos benefícios possíveis

O sucesso de uma planta geneticamente melhorada depende basicamente da habilidade de, a partir de células individuais modificadas, desenvolver plantas inteiras. Algumas plantas - batata, tomate, canola - crescem facilmente de células individuais ou tecido vegetal. Outras como milho, trigo e soja são mais difíceis de crescer.

O processo para crescer uma plântula melhorada de batata, por exemplo, começa por crescer plantas estoque em condições de total assepsia. Pesquisadores primeiro cortam meristemas em pequenos pedaços. Em seguida, adicionam os genes melhorados para as células das plantas de batata, utilizando a *Agrobacterium* e o sistema de corta e cola. Leva apenas dois dias para o *Agrobacterium* inserir os novos genes nas células vegetais, mas menos que uma em cada 10.000 células aceita com sucesso os novos genes.

Após o êxito da transferência de genes, os pesquisadores transferem as plantas para um meio semelhante à gelatina e depois para um meio de cultura. Após quatro semanas, as transferem novamente, para promover o desenvolvimento de novos brotos, o que leva aproximadamente quatro semanas. Os pesquisadores cortam os brotos da planta original e os transferem para dar espaço para a formação de um sistema radicular forte. Utilizando este processo, especialistas em cultura de tecidos podem produzir plântulas de batata modificadas a partir de células individuais em aproximadamente doze semanas. Finalmente, colocam as plântulas em vasos com solo, e as crescem até a maturidade em câmaras de crescimento ou casas de vegetação, onde as plantas amadurecem e finalmente produzem sementes para o cultivo de plantas melhoradas.

Para algumas espécies, como milho e trigo, pode-se utilizar um equipamento especial chamado 'acelerador de partículas', ao invés do *Agrobacterium*, para transferir características em uma planta. Os pesquisadores banham esferas microscópicas de ouro ou tungstênio em ADN contendo as características desejadas. As microesferas são então inseridas nas plantas utilizando o equipamento especial, que dá uma espécie de tiro sobre o tecido vegetal. Enquanto as esferas passam através das células, parte da cobertura de ADN fica para trás, misturando-se com o ADN da célula vegetal para adicionar uma nova característica benéfica.

Décadas de pesquisa permitem a especialistas em plantas aplicar seu conhecimento de genética para melhorar várias culturas como milho, soja, algodão, canola e batata. Estes pesquisadores trabalham cuidadosamente para assegurar que as culturas melhoradas são iguais às culturas tradicionais, a não ser pela inclusão das características benéficas.

4.4. Aumentando o suprimento de alimentos do mundo através da biotecnologia vegetal

4.4.1. Aplicações em plantas

Por séculos, produtores realizaram melhorias em culturas agrícolas através do cultivo selecionado e da hibridação - a polinização controlada de plantas. A biotecnologia vegetal é uma extensão deste melhoramento tradicional de plantas, com uma diferença importante: a biotecnologia vegetal permite a transferência de uma maior variedade de informação genética de forma mais precisa e controlada.

Diferentemente do melhoramento tradicional, que envolve o cruzamento de centenas de genes, a biotecnologia vegetal permite a transferência de apenas um ou poucos genes desejáveis (Fig. 2). Esta ciência mais precisa permite que os melhoristas vegetais desenvolvam culturas com características benéficas específicas, sem as indesejáveis, como aquelas que reduzem a produtividade.

Muitas dessas características desejáveis em novas variedades de plantas combatem as pragas agrícolas - insetos, doenças e plantas daninhas - que podem ser devastadoras para as culturas. Outras fornecem melhoria de qualidade, como frutas e verduras mais saborosas; vantagens para o processamento, como tomates com um maior teor de sólidos; e melhorias nutricionais, como oleaginosas que produzem óleos com um menor teor de gorduras saturadas. Melhorias como estas podem ajudar a fornecer um suprimento de alimentos abundante e saudável, além de proteger o meio ambiente para as gerações futuras.

4.4.2. Proteção contra plantas daninhas

Agricultores têm combatido as plantas daninhas desde o início da agricultura. As plantas daninhas não só competem com as culturas pela água, nutrientes, luz solar e espaço, mas também são hospedeiras de pragas e doenças, entopem sistemas de irrigação e drenagem, reduzem a qualidade da cultura e colocam sementes na colheita.

Os produtores podem combater o mato através do cultivo, de herbicidas ou, normalmente, uma combinação dessas técnicas. Infelizmente, o cultivo mecânico deixa o solo exposto à erosão por vento e água, uma consequência séria de longo prazo para o meio ambiente. Por esta razão, cada vez mais fazendeiros preferem os métodos de cultivo reduzido ou plantio direto.

Culturas tolerantes a herbicidas oferecem aos produtores uma ferramenta muito importante para o combate das plantas daninhas e são compatíveis com os métodos de plantio direto, que ajudam na conservação do solo. Culturas tolerantes a herbicidas dão aos produtores a flexibilidade de aplicá-los somente quando necessário, de reduzir o seu uso e de utilizar herbicidas com características ambientais desejáveis.

Os pesquisadores da Monsanto desenvolveram culturas tolerantes a herbicidas, tais como canola, milho, algodão e soja, que toleram o herbicida Roundup®, um produto não seletivo conhecido por suas características ambientais favoráveis.

O Roundup controla efetivamente uma grande variedade de gramíneas e plantas de folha larga através da inibição da EPSP sintetase, uma enzima que participa na via metabólica da biossíntese de aminoácidos aromáticos (tirosina, fenilalanina e triptofano) essenciais ao crescimento das plantas (Fig. 3). Em outras palavras, o Roundup inibe o crescimento através da colocação de um bloqueio nas vias metabólicas das plantas. O gene inserido nestas culturas tolerantes a herbicidas - conhecidas como culturas RoundupReady® - faz com que as plantas produzam um tipo diferente de EPSP sintetase, que não

é inibida pelo herbicida, fornecendo um desvio ao redor do bloqueio. Este desvio torna possível que as culturas RoundupReady desenvolvam-se mesmo após o Roundup ser aplicado sobre elas para controlar plantas daninhas.

O Roundup é favorável do ponto de vista ambiental porque se liga fortemente às partículas do solo e se degrada rapidamente em componentes que ocorrem naturalmente, como o dióxido de carbono. Inicialmente registrado e introduzido nos Estados Unidos em 1974, o glifosato, ingrediente ativo do Roundup, tem atualmente registro em mais de 100 países ao redor do mundo. Além disso, em mais de vinte anos de uso comercial em diversos países, nenhum caso de desenvolvimento de resistência foi reportado.

Tradicionalmente, os agricultores têm aplicado herbicidas com efeito residual que permaneciam no solo antes e depois da emergência das culturas, para controle do mato. Com a possibilidade de aplicar o Roundup somente quando as plantas daninhas constituírem problema efetivo, podem reduzir o número e a quantidade de herbicidas utilizados durante a safra.

Três culturas Roundup Ready já são comerciais nos Estados Unidos: a soja, o algodão e a canola. Em seu segundo ano de utilização a soja Roundup Ready é um sucesso, com uma área plantada superior a 3 milhões de hectares.

4.5. Garantindo a segurança dos produtos

Os consumidores têm que saber se o alimento que consomem é seguro, não importando como ele é produzido ou desenvolvido. Os Estados Unidos têm uma longa história de apreciar a fonte de alimentos mais segura do mundo - graças em parte às leis do governo americano. Alimentos desenvolvidos através da biotecnologia são submetidos a regulamentos comparáveis àqueles desenvolvidos por métodos tradicionais.

As várias companhias, incluindo a Monsanto, que produzem produtos de biotecnologia, têm seus próprios processos revisionais, geralmente com o auxílio de especialistas independentes. Além disso o Departamento de Agricultura (USDA), a Administração de Alimentos e Drogas (FDA) e a Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos estabeleceram normas para produtos de biotecnologia.

4.5.1. Desenvolvimento de novas variedades de plantas

4.5.1.1. Administração de Alimentos e Drogas

A FDA é a principal agência responsável por atestar a segurança de alimentos e produtos alimentares. Em meados de 1992, a FDA publicou no Registro Federal uma política em relação ao seu papel na regulamentação de novas variedades vegetais. Este documento declarava que as características de um alimento, e não o método utilizado para produzi-lo, são a base do papel da FDA em atestar a segurança de alimentos produzidos de novas variedades vegetais.

Em consistência com a sua política “produto, não processo”, a FDA julga alimentos desenvolvidos através da biotecnologia vegetal para determinar sua equivalência com alimentos produzidos pelos métodos tradicionais. “Equivalente” neste contexto quer dizer que não há alteração significativa no valor nutricional ou na composição dos alimentos.

Companhias que desejam introduzir uma cultura modificada entram com um processo de consulta junto à FDA. A agência estabeleceu padrões para auxiliar as pessoas envolvidas com o desenvolvimento de plantas a avaliar suas novas variedades. Estes padrões consistem em questões de segurança e faz recomendações indicando quando um fabricante precisa consultar a FDA em questões que vão de tóxicos vegetais naturais à composição nutricional e a possível efeito alergênico.

Na maioria das vezes, a avaliação formal da FDA de novos produtos produzidos através da biotecnologia não é necessária porque os produtos são equivalentes àqueles já no comércio.

4.5.1.2. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

O USDA regulamenta a produção e a pesquisa agrícola - incluindo o desenvolvimento de novas variedades de plantas - principalmente através do seu Serviço de Inspeção Sanitária Animal e Vegetal (APHIS).

Para garantir que as novas variedades de plantas não sejam um perigo para a produção agrícola ou ao ambiente durante seu cultivo, o APHIS regula o desenvolvimento das pesquisas requisitando autorizações para testes de campo, transporte e entrega de qualquer planta ou semente modificada através da biotecnologia. Por exemplo, quando a Monsanto quis desenvolver algodão tolerante ao Roundup, o APHIS revisou os protocolos de pesquisa e seus resultados e permitiu o direito de cultivar o algodão modificado em parcelas de teste.

Durante o processo de revisão, o APHIS considera as dúvidas possíveis resultantes de uma nova variedade de plantas. A fecundação cruzada, ou o cruzamento não intencional de um cultivar domesticado com uma espécie aparentada, é uma dessas considerações. Se existe um grande potencial de uma nova variedade de plantas cruzar-se com uma espécie aparentada de planta daninha e transferir a nova característica para seu parente e isso possa consistir em um risco, o APHIS pode não permitir a parcela de testes e o futuro desenvolvimento desta planta.

Para evitar riscos ambientais, a maioria dos pesquisadores evita adicionar características que possam aumentar a competitividade ou outras características indesejadas de plantas daninhas aparentadas.

4.5.1.3. Agência de Proteção Ambiental

A EPA regulamenta qualquer qualidade pesticida que possa estar presente em plantas, e determina os níveis de tolerância para resíduos de pesticida em alimentos, para fornecer uma grande margem de segurança aos consumidores. Neste papel, a agência supervisiona o desenvolvimento de plantas capazes de se proteger contra insetos ou doenças. Por exemplo, a EPA registrou a proteína de proteção produzida pelas plantas de batata NewLeaf da Monsanto.

A EPA também regulamenta o uso de todos os herbicidas. Como parte dessa responsabilidade, a EPA regulamenta o uso de um herbicida em uma nova variedade de plantas tolerantes ao produto específico. Por exemplo, antes que os produtores pudessem utilizar o herbicida Roundup em soja Roundup Ready, a EPA teve que aprovar este novo uso do produto.

4.5.1.4. Supervisão de drogas para animais

Para que uma nova droga veterinária produzida através da biotecnologia seja aprovada para venda nos Estados Unidos, o fabricante deve provar sua eficácia e segurança. A eficácia significa que o produto tem a ação declarada pela empresa (por exemplo, aumentar a produção de leite). Já a segurança cobre três áreas principais: segurança alimentar humana (para aplicação em criações), segurança para os animais receptores e segurança para o ambiente. Além disso, as empresas devem provar para a FDA que elas podem consistentemente produzir a droga com potência e pureza específicas.

A FDA utiliza uma série de passos para monitorar a confiança dos dados apresentados, incluindo a revisão dos estudos antes de sua condução e recomendando alterações ou adições. A FDA, mais tarde, revisa os dados originais para

checar a precisão e a efetividade dos resultados resumidos e dos métodos estatísticos.

Após a aprovação, a agência continua a monitorar qualquer nova informação sobre os produtos através de sua disponibilidade comercial.

4.5.1.5. O controle governamental no Brasil

No Brasil, o uso de plantas transgênicas foi regulamentado com a aprovação da Lei de Biossegurança, que é a Lei N° 8.974 de 5 de janeiro de 1995, completada pelo Decreto N° 1.752 de 20 de dezembro de 1995.

Esta lei estabelece a formação da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), ligada ao Ministério da Ciência e Tecnologia, designando-a como o órgão responsável pela regulamentação do trabalho envolvendo Organismos Geneticamente Modificados (OGMs), incluídas aí as plantas transgênicas. Além disso, toda a petição envolvendo OGMs feita a qualquer ministério ou órgão público deve ter um parecer emitido pela Comissão.

A CNTBio é formada por especialistas da área de biotecnologia, representantes de vários ministérios, de um órgão de defesa do consumidor, do setor empresarial e de um órgão de proteção da saúde do trabalhador.

Para que uma instituição possa realizar testes com as variedades transgênicas, deve requerer à CNTBio um Certificado de Qualidade em Biossegurança (CQB) que garante que a instituição pode manipular os materiais transgênicos com riscos mínimos para as pessoas e para o meio ambiente.

Além disso, toda a importação de sementes e alteração no uso de defensivos agrícolas, notadamente os herbicidas, devem ser aprovadas pelo Ministério da Agricultura.

A Monsanto já obteve a autorização para a importação de sementes e para realizar testes com a soja RoundupReady, o que deve acontecer ainda no ano de 1997.

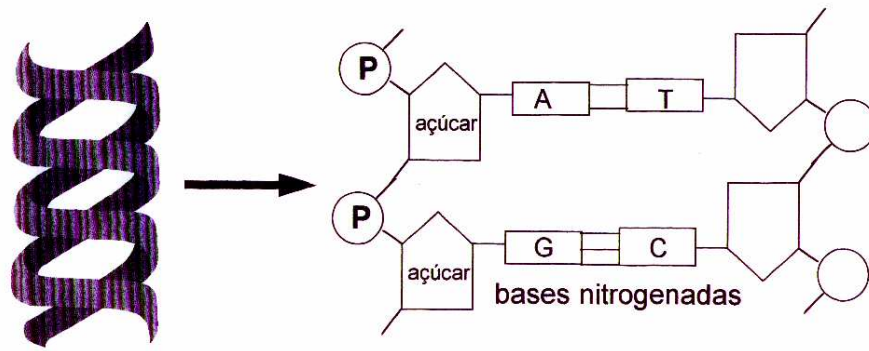


FIG. 1. Estrutura do DNA.

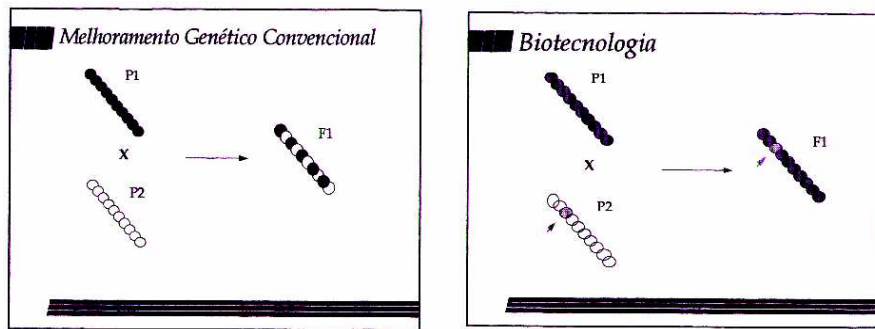


FIG. 2. Melhoramento Convencional X Biotecnologia.
 Enquanto o Melhoramento Convencional mistura os genes dos pais, a Biotecnologia permite a transferência de um único gene desejado.

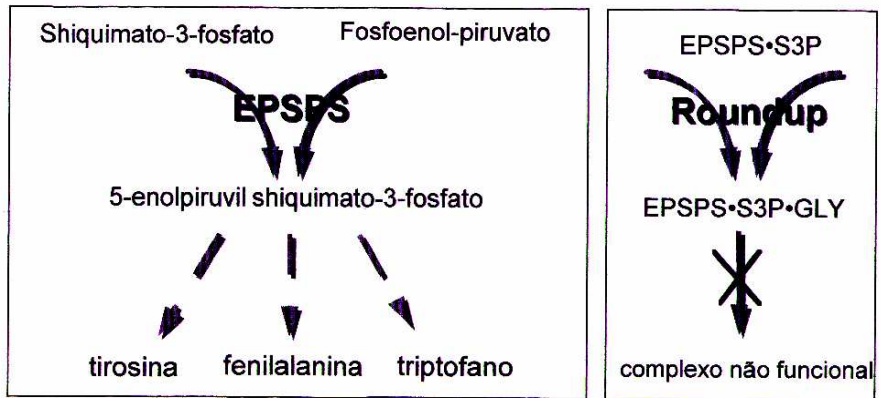


FIG. 3. Roundup - modo de ação.

5. RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS AOS HERBICIDAS

Pedro Jacob Christoffoleti¹



A origem das plantas daninhas está diretamente relacionada com o desenvolvimento da agricultura, de tal forma que estas plantas continuam em processo evolutivo até hoje. Os agroecossistemas normalmente são caracterizados por um grande distúrbio e baixo stress, sendo que o distúrbio é provocado pelas práticas culturais de condução das culturas agrícolas. Dentre estas práticas destaca-se o controle das plantas daninhas,

que atualmente é realizado através do uso de herbicidas como principal método de manejo das plantas daninhas. Dessa forma, tem-se observado nas últimas décadas a evolução de certas populações de plantas daninhas, as quais têm desenvolvido biotipos resistentes a alguns herbicidas.

O desenvolvimento de biotipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas está condicionado a uma mudança genética na população da planta daninha, imposta pela pressão de seleção, causada pelo herbicida, aplicado repetidamente na dose recomendada. Assim, a tolerância de plantas daninhas aos herbicidas é diferenciada da resistência, pois a tolerância é uma característica inerente da planta, antes mesmo da primeira aplicação do herbicida naquela área. Já, a resistência de plantas daninhas aos herbicidas consiste em uma característica expressa por biotipos de plantas daninhas dentro de uma população, devido à pressão de seleção causada pela aplicação sucessiva de um mesmo herbicida.

A utilização de herbicidas na agricultura, portanto, deve estar condicionada a recomendações práticas para evitar o desenvolvimento de biotipos de plantas daninhas resistentes. Estes biotipos podem restringir ou inviabilizar o uso futuro dos herbicidas aplicados, pois a eficiência de controle fica então reduzida a níveis abaixo dos aceitáveis pelo agricultor. Dessa

¹ Eng.-Agr., Ph.D., Prof. Depto. de Horticultura, Área de Manejo e Biologia das Plantas Daninhas - ESALQ/USP, Caixa Postal 09, 13418-900 - Piracicaba, SP.

maneira, torna-se imperativo que o assunto resistência de plantas daninhas aos herbicidas seja compreendido de maneira aprofundada pelas pessoas direta ou indiretamente envolvidas com o manejo das plantas daninhas, visando a adoção de medidas adequadas e racionais que evitem ou retardem o aparecimento de biotipos de plantas daninhas resistentes.

Outro aspecto importante relacionado com a resistência de plantas aos herbicidas refere-se ao uso da biotecnologia no desenvolvimento de variedades de culturas agrícolas resistentes aos herbicidas. Estas variedades possibilitam o uso de herbicidas pouco ou não seletivos às culturas. Atualmente, o uso de herbicidas na agricultura está condicionado aos herbicidas seletivos normalmente desenvolvidos para as culturas ou aplicações dirigidas de herbicidas não seletivos. Variedades de culturas resistentes aos herbicidas ampliam a possibilidade de uso dos herbicidas não seletivos, que muitas vezes são altamente eficientes para a maioria das plantas daninhas.

O objetivo principal desta revisão é fornecer algumas informações didáticas e práticas sobre resistência de plantas daninhas aos herbicidas. Serão ressaltados aspectos do histórico, fatores de desenvolvimento, mecanismos e recomendações gerais de manejo da resistência de plantas daninhas aos herbicidas.

5.1. Fatores que contribuem para o aparecimento de biotipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas

Não existe qualquer indicação de quais são as espécies, gêneros ou famílias botânicas de plantas daninhas mais sujeitas ao desenvolvimento de biotipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas (LeBaron, 1991). No entanto, existem alguns fatores que contribuem de maneira significativa para a manifestação da resistência, e que serão discutidos a seguir:

a) Uso de herbicidas de alto grau de eficiência no controle da planta daninha (100% de controle do biotipo suscetível)

A utilização do herbicida é o fator de pressão de seleção do biotipo resistente em uma população de plantas daninhas. Normalmente o biotipo resistente já existe na população da planta daninha, porém em uma frequência muito baixa, da ordem de um indivíduo para 10^6 a 10^{20} plantas ou sementes, existentes na área. Assim, enquanto o herbicida não é aplicado na área o biotipo resistente é mantido nesta baixa frequência. Quando o herbicida é aplicado nas doses recomendadas, ocorre o controle apenas da população suscetível, sendo que o biotipo resistente consegue sobreviver, escapando da ação do herbicida, e produzindo sementes. Se o herbicida é altamente eficiente no controle da planta suscetível, ou seja controla 100% das plantas suscetíveis, apenas o biotipo resistente é que consegue produzir sementes; e desta forma o banco de sementes do biotipo resistente tende a aumentar e o do biotipo suscetível tende a diminuir, principalmente se o banco de sementes desta população for de curta duração.

Com isso, acredita-se que, se o herbicida não controlar totalmente a população suscetível, este biotipo manter-se-á em alta proporção por um período de tempo maior. Estima-se que

para uma área apresentar problemas evidentes de falha de um herbicida no controle de plantas daninhas, devido à ocorrência de resistência, a população infestante deverá estar composta com 30% do biotipo resistente.

Evidentemente, a menor eficiência do herbicida para retardar o desenvolvimento do biotipo resistente deve estar dentro de padrões aceitáveis pelo agricultor. As normas da legislação brasileira em vigor adotam o índice mínimo de 80% de eficiência agrônômica para um herbicida ser registrado. Outra forma de viabilizar o uso de herbicidas de eficiência menor que a desejada seria a integração com outros métodos de controle, visando um controle complementar, caso a população de plantas daninhas não controladas esteja acima de níveis aceitáveis.

O nível mínimo aceitável de controle de plantas daninhas obtido por um determinado método de controle é chamado de nível de dano econômico ou "threshold". Este nível de dano econômico é determinado a partir de estudos de interferência de plantas daninhas com as plantas cultivadas, relacionadas com custos de controle e receitas proporcionadas com a eliminação das plantas daninhas. Auld et al. (1987) elaboraram uma revisão detalhada sobre os aspectos econômicos do controle de plantas daninhas e viabilidade de uso dos diversos métodos de controle destas plantas, baseado no custo de controle e nos possíveis retornos obtidos com a produção da cultura. Através dessas considerações feitas por estes autores é possível determinar o nível de dano econômico. No entanto, este aspecto não está devidamente explorado dentro da ciência das plantas daninhas, necessitando de maiores pesquisas nesta área para que informações práticas e seguras possam estar disponíveis aos agricultores.

b) Sementes de plantas daninhas com baixa longevidade

Quanto menor o período de dormência das sementes de uma espécie de planta daninha, mais rapidamente poderá ocorrer a mudança de biotipos dentro da população. Quando um herbicida controla o biotipo suscetível, e este deixa poucos descendentes para a geração seguinte através do banco de sementes, estas apresentam uma rápida senescência, substituindo rapidamente o banco de sementes do biotipo suscetível pelo do biotipo resistente.

O banco de sementes de plantas daninhas pode ser classificado como transitórios, ou seja, não conseguem sobreviver de um ano agrícola para outro; e permanentes, quando conseguem sobreviver por vários anos. Quando um herbicida é aplicado em um banco de sementes transitório, controlando todas as plantas do biotipo suscetível, de tal maneira que elas não produzam sementes, no ano seguinte prevalecerão apenas sementes do biotipo resistente, provenientes de plantas que escaparam à ação do herbicida no ano anterior. Assim, um ano de aplicação de herbicidas é suficiente para mudar o banco de sementes desta planta daninha do biotipo suscetível para o biotipo resistente.

É claro que são raras as plantas daninhas que apresentam banco de sementes transitório, pois a maioria dessas sementes possuem dormência por mais de um ano agrícola. No entanto, algumas apresentam dormência por algumas décadas no solo e outras por poucos anos. Desta forma, as plantas daninhas que apresentam um banco de sementes considerado permanente, mas com período de dormência restrito a apenas dois ou três anos, têm probabilidade de desenvolver um biotipo resistente mais rápido, desde que o herbicida seja aplicado durante alguns anos, impedindo a produção de novas sementes suscetíveis. Sendo assim, o banco de sementes do biotipo suscetível é esgotado rapidamente e o banco de sementes do biotipo resistente é aumentado progressivamente em poucos anos.

Para um banco de sementes que apresenta alta longevidade, a substituição da reserva de sementes suscetíveis pelas resistentes é mais lenta devido ao grande reservatório de sementes suscetíveis existente no solo. Este reservatório permanece no solo por um longo período, devido à dormência das sementes, impedindo que a população emergente de plantas daninhas seja dominada pelo biotipo resistente. Com isso, as sementes de baixa longevidade de uma espécie de planta daninha tendem a proporcionar o aparecimento do biotipo resistente em um curto espaço de tempo.

c) Herbicidas de efeito residual prolongado

Quanto maior o efeito residual de um herbicida maior é a pressão de seleção causada pelo herbicida para seleção do biotipo resistente. As sementes de plantas daninhas apresentam germinação do tipo contínua ou em fluxos. Um herbicida de residual prolongado, aplicado para o controle das plantas durante a germinação/emergência, por exemplo durante todo o ciclo da cultura, provoca uma pressão de seleção muito grande, mesmo depois do “fechamento” da cultura, de tal maneira que esta pressão de seleção é maior sobre o biotipo resistente. Sendo assim, tanto a germinação contínua das sementes de plantas daninhas, quanto os diversos fluxos de emergência seriam controlados, evitando a produção de sementes de plantas do biotipo suscetível.

Quando o efeito residual do produto é suficiente apenas para o controle das plantas daninhas durante o período crítico de prevenção da interferência, ele proporciona condições para que algumas plantas suscetíveis se desenvolvam, após o “fechamento” da cultura. Estas plantas não interferem de forma econômica na produção da cultura, porém são capazes de produzir sementes, devido à característica de alta plasticidade encontrada nas plantas daninhas. Plasticidade significa a capacidade das plantas daninhas se adaptarem e produzirem sementes mesmo sob condições adversas e de alta

competição. Dessa forma, existe sempre um enriquecimento do banco de sementes de plantas daninhas com o biotipo suscetível, demorando mais tempo para que o biotipo resistente se estabeleça em grande proporção.

d) Uso freqüente do mesmo herbicida anualmente ou mais de uma vez por ano

Se o mesmo herbicida é usado seguidamente no manejo de plantas daninhas durante os diversos anos agrícolas, o desenvolvimento do biotipo resistente tem maior probabilidade de ocorrer. É comum em sistemas de monocultivo de áreas extensivas que certos herbicidas sejam preferencialmente aplicados para o controle das plantas daninhas na cultura. Dessa forma, o agricultor muitas vezes usa apenas um único herbicida nas diversas safras agrícolas. Isto é freqüente, por exemplo, nas culturas de soja e cana-de-açúcar.

Muitas vezes o mesmo herbicida é aplicado mais de uma vez por ano em sistemas de cultivo, em regiões tropicais que permitem o estabelecimento de mais de uma cultura na mesma área, durante o ano agrícola. Nas regiões produtoras de milho e feijão, por exemplo, é possível implantar uma cultura no período normal de cultivo e outra no chamado período de “safrinha”, quando as condições climáticas não são plenamente favoráveis, mas com algumas práticas agrícolas diferenciadas, é possível o cultivo econômico desta cultura, principalmente com irrigação. Esta prática de aplicação do mesmo herbicida nas culturas, num mesmo ano agrícola, tende a proporcionar o aparecimento de biotipos resistentes com maior rapidez, devido à pressão de seleção causada pelo herbicida.

e) Uso repetitivo de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação

Os herbicidas são classificados de acordo com o mecanismo de ação atuante nas plantas. Assim, existem os

herbicidas inibidores da fotossíntese, inibidores da mitose, inibidores do crescimento inicial, inibidores da síntese de aminoácidos aromáticos, alifáticos de cadeia lateral, inibidores da síntese de ácidos graxos, de clorofila, carotenóides, inibidores do transporte e síntese de hormônios nas plantas, dentre outros. Normalmente os herbicidas pertencentes a um mesmo mecanismo de ação desenvolvem resistência cruzada.

Um biotipo de planta daninha com resistência cruzada é aquele que apresenta resistência a dois ou mais produtos com o mesmo mecanismo de ação. A maioria dos biotipos de plantas daninhas encontrados até hoje apresenta resistência cruzada, com raras exceções. Assim, a aplicação seqüencial de dois herbicidas diferentes porém com o mesmo mecanismo de ação provoca um efeito semelhante no desenvolvimento de um biotipo resistente, como ocorreria se um mesmo herbicida fosse aplicado repetitivamente. Estes herbicidas provocam a mesma pressão de seleção sobre o biotipo resistente.

Dessa forma, a aplicação repetitiva de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação tem provocado o desenvolvimento mais rápido de biotipos resistentes de plantas daninhas. Assim, quando se descreve a resistência de um biotipo de planta daninha, é necessário fazê-lo em função do mecanismo de ação do produto, e não da classe química. Quando, por exemplo, um biotipo de planta daninha foi desenvolvido em função da aplicação sucessiva de uma triazina (atrazina por exemplo), dizemos que este biotipo é resistente aos herbicidas inibidores da fotossíntese, descrito como sendo o modo de ação das triazinas nas plantas. Sendo assim, este biotipo normalmente é resistente também às uréias substituídas e uracilas, que são também inibidores da fotossíntese, apresentando, portanto, o mesmo mecanismo de ação das triazinas.

f) Herbicidas aplicados em altas doses

Dentre os fatores que foram discutidos até aqui foi citado apenas a aplicação de herbicidas seletivos para as culturas nas doses recomendadas. No entanto, existem algumas situações nas quais o herbicida é aplicado em altas doses, como é o caso dos herbicidas usados em áreas não agrícolas. Como áreas não agrícolas entendemos ferrovias, estradas, pátios industriais, canais de irrigação, etc., enfim áreas não destinadas diretamente para a agricultura, mas que por diversos motivos devem ser mantidas livres da infestação de plantas daninhas. Como nestas áreas normalmente não existe o plantio de culturas agrícolas e estas devem ser mantidas livres de qualquer planta daninha por um longo período, é comum a aplicação de doses elevadas de herbicidas residuais. São chamadas de doses “esterilizantes” de solo, pois não há germinação de nenhuma planta daninha por um longo período. Deve-se entender como esterilizantes, neste caso, a eliminação de todas as plantas daninhas e não das demais formas de vida no solo.

É evidente que estas doses elevadas de herbicidas proporcionam uma pressão de seleção muito grande sobre o biotipo resistente de planta daninha existente na área. Assim, áreas que recebem doses elevadas de herbicidas tendem a desenvolver biotipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas. Existem diversos casos na literatura descrevendo o desenvolvimento de plantas daninhas resistentes a inibidores de fotossíntese aplicados em leito de ferrovias, em altas doses.

g) Quando não é feita a rotação anual de herbicidas

A rotação anual de herbicidas consiste na aplicação de produtos com diferentes mecanismos de ação em anos sucessivos. Esta técnica pode ser facilmente obtida com a rotação ou seqüência de cultivos. No entanto, ela se torna mais complicada quando existe o cultivo sucessivo da área com a mesma cultura. Neste caso é importante a alternância no uso de herbicidas com mecanismo de ação diferenciados.

Normalmente não é feita a rotação anual de herbicidas quando existe, na área, a infestação de certas espécies de plantas daninhas para as quais não se apresentam muitas alternativas de controle em função da eficiência dos produtos. A mudança de herbicidas em anos seguidos também está condicionada ao aspecto econômico de escolha do produto. Assim, o agricultor que não possui muitas opções e critérios para escolha dos herbicidas a serem aplicados, tem uma tendência de utilizar o mesmo produto ano após ano. O uso repetitivo do mesmo herbicida, como já foi discutido anteriormente, é uma forma de proporcionar o desenvolvimento de um biotipo resistente.

h) Não utilização da mistura de herbicidas para controle de plantas daninhas em uma cultura

A mistura de herbicidas consiste na aplicação simultânea de dois ingredientes ativos. É feita por diversos motivos, porém o principal deles consiste na ampliação do espectro de controle das plantas daninhas quando comparados os resultados obtidos com estes herbicidas aplicados isoladamente. A mistura de herbicidas pode ter um efeito aditivo ou sinérgico, que são desejáveis sob o ponto de vista do manejo de plantas daninhas. Existe também o efeito antagônico, que inviabiliza o uso da mistura. A mistura de herbicidas diminui a probabilidade de aparecimento de biotipos resistentes pois ela controla igualmente tanto o biotipo suscetível quanto o resistente.

Assim, se os herbicidas em misturas pertencem a mecanismos de ação diferenciado, o biotipo resistente a um herbicida é controlado pelo outro herbicida da mistura e vice-versa, de tal forma que ambos os biotipos são controlados igualmente. Assim, a pressão de seleção dos dois biotipos é semelhante, não favorecendo o desenvolvimento de nenhum deles.

Evidentemente, para a ocorrência deste fenômeno é importante que seja tomado o cuidado de não compor a mistura com dois herbicidas de mesmo mecanismo de ação. Desta forma, é importante que o agricultor, ou a pessoa envolvida na recomendação da mistura de dois ingredientes ativos, tenham o devido conhecimento dos mecanismos de ação dos herbicidas componentes da mistura.

i) Adaptabilidade ecológica

Entende-se por adaptabilidade ecológica a capacidade que um biotipo possui, dentro de uma população de plantas daninhas, em manter ou aumentar sua proporção ao longo do tempo. Assim, biotipos mais adaptados são normalmente mais competitivos e capazes de aumentar sua proporção ao longo do tempo, e eliminando os indivíduos menos adaptados ou competitivos. Este princípio é chamado de princípio de Gause. Acreditou-se por muito tempo que em uma população de plantas daninhas que nunca havia recebido herbicida anteriormente, o biotipo resistente era mantido em baixa proporção, pois (vide alínea a) apresentaria menor adaptabilidade ecológica, ou seja, menor competitividade, produção de biomassa e sementes.

De fato algumas pesquisas desenvolvidas com biotipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas inibidores da fotossíntese têm comprovado que o biotipo resistente é menos competitivo que o suscetível. Segundo um levantamento feito por Radosevich (1981) e diversos artigos científicos sobre o assunto, o biotipo resistente às triazinas é menos eficiente na utilização de CO₂ para a formação de biomassa (Tabela 1).

TABELA 1. Diferenças fisiológicas na fixação de CO₂ entre biotipos resistentes (R) e suscetíveis (S) aos herbicidas inibidores da fotossíntese (Radosevich, 1981).

Espécies	Parâmetros	Biotipos	
		R	S
<i>A. hybridus</i>	mg CO ₂ dm ⁻² h	66,0	82,5
<i>S. Vulgaris</i>	nmol CO ₂ cm ⁻² s ⁻¹	1,5	1,8
<i>A. retroflexus</i>	mg CO ₂ dm ⁻² h ⁻¹	17,8	41,7
<i>P. laptipholeum</i>	mg CO ₂ dm ⁻² h ⁻¹	41,0	48,0
<i>B. campestris</i>	nmol CO ₂ cm ⁻² s ⁻¹	1,7	2,0
<i>A. hybridus</i>	μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹	49,0	56,0

A maior eficiência fotossintética do biotipo suscetível em relação ao resistente é consequência, segundo alguns autores, da menor eficiência no transporte de elétrons da planta resistente, pois esta apresenta uma mutação no sistema de transporte de elétrons. Esta mutação, ocorre no transportador de elétron Q_B (vide mecanismos de resistência) e confere uma penalidade para a planta resistente, que passa a apresentar uma menor eficiência no transporte de elétrons. Esta menor eficiência confere à planta uma menor produção de biomassa por planta.

A menor eficiência fotossintética do biotipo resistente condiciona-o a uma menor competitividade. Assim, diversos experimentos substitutivos têm demonstrado a menor competitividade do biotipo resistente. Embora não tenha sido demonstrado na prática, existem evidências que se um biotipo resistente encontra-se em competição natural com o biotipo suscetível, sem o fator de pressão de seleção, que é o herbicida, é de se esperar uma exclusão do biotipo resistente, no decorrer do tempo.

Alguns estudos têm mostrado que os parâmetros do potencial fotossintético do crescimento de alguns biotipos resistentes aos herbicidas inibidores da fotossíntese são similares àqueles encontrados para biotipos suscetíveis, nos experimentos executados em condições não competitivas (Schonfeld et al., 1987). Além disso, não foram observadas evidências de taxa de crescimento inferior em *Alopecurus myosuroides* resistente a clorotoluron (Chaval e Gasquez, 1991).

Existem evidências que os biotipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas inibidores da enzima ALS não são necessariamente menos produtivos que biotipos suscetíveis da mesma espécie. Christoffoleti (1992) desenvolveu pesquisa em condições de casa de vegetação e de campo, em que foi observado a não existência de diferenças na adaptabilidade ecológica de biotipos resistentes e suscetíveis da planta daninha *Kochia scoparia* aos herbicidas inibidores da ALS. Embora diversas pesquisas tenham sido desenvolvidas com o objetivo de determinar essas diferenças de adaptação ecológica entre os biotipos resistentes e suscetíveis de plantas daninhas aos herbicidas, é necessário maior número de pesquisas para se compreender melhor a adaptabilidade ecológica desses biotipos. Portanto, são necessários, principalmente, estudos conduzidos em condições ecológicas naturais, particularmente em condições de campo (Holt, 1990), tais como a pesquisa desenvolvida por Christoffoleti (1992).

A semelhança de adaptabilidade ecológica entre biotipos resistentes e suscetíveis aos herbicidas inibidores da ALS é devido, provavelmente, ao fato da enzima ALS encontrada em ambos biotipos apresentarem a mesma eficiência relativa. Testes 'in vitro' com a enzima têm mostrado que a velocidade de transformação do substrato, em produto mediado por esta enzima, é igual para os dois biotipos (vide mecanismos de resistência). Assim, a mutação responsável pela resistência

destes biotipos de plantas daninhas não resulta em um custo genético para o biotipo resistente.

5.2. Mecanismos de resistência das plantas daninhas

A resistência de plantas daninhas aos herbicidas pode resultar de mudanças bioquímicas e fisiológicas, alterações morfológicas ou mudanças fenológicas de certos biotipos de plantas daninhas. Muitos casos de resistência aos herbicidas resultam tanto da alteração do sítio de ação do herbicida ou aumento do metabolismo, quanto da departamentalização e compartimentalização do herbicida na planta. São poucos os relatos de mudanças fisiológicas ou morfológicas. Embora os mecanismos de seletividade das culturas permitam que elas sobrevivam à exposição aos herbicidas, os mecanismos específicos da resistência em plantas daninhas normalmente diferem substancialmente daqueles responsáveis pela seletividade nas culturas (LeBaron e McFarland, 1990). Assim, estão descritos a seguir alguns mecanismos específicos de resistência de plantas daninhas aos herbicidas, agrupados de acordo com o mecanismo de ação.

5.2.1. Inibidores da fotossíntese

Os herbicidas atualmente em uso e que apresentam mecanismo de ação de inibição da fotossíntese são pertencentes a três principais grupos químicos: triazinas, uréias substituídas e uracilas. O local de ação destes herbicidas é na membrana do cloroplasto, onde ocorre a fase luminosa da fotossíntese, mais especificamente no transporte de elétrons.

A fase luminosa da fotossíntese inicia-se com a fotólise da água, quando são produzidos H^+ e elétrons, além do oxigênio (O_2), sendo este último liberado para o ambiente. Os elétrons produzidos recebem a energia proveniente da luz capturada pela clorofila existente no fotossistema II. O elétron é então excitado para um outro nível energético e capturado pelo composto Q_A , e depois transferido para o Q_B , que por sua vez

transfere o elétron para a plastoquinona, que cede os elétrons para os citocromos, onde existe a liberação de H^+ , que juntamente com os H^+ provenientes da fotólise da água formam ATP através da ATPase existente na membrana do cloroplasto. Os elétrons passam pela plastocianina, depois pelo fotossistema I, recebendo mais energia luminosa capturada pela clorofila sendo, em seguida, capturados pela ferredoxina para posterior formação de $NADPH+H^+$. O ATP e $NADPH+H^+$ são posteriormente utilizados na produção de carboidratos, na fase escura da fotossíntese.

Uma planta é suscetível aos herbicidas inibidores da fotossíntese se o herbicida acoplar-se ao composto Q_B e, assim, impossibilitar a ocorrência do transporte do elétron até a plastoquinona. Dessa forma não existe a produção de ATP, pois a produção de elétrons é interrompida, bem como a produção de $NADPH+H^+$. A planta suscetível paraliza o seu crescimento, em função da não fixação de CO_2 , que é decorrente da produção de ATP e $NADPH+H^+$. Assim, os herbicidas inibidores da fotossíntese atuam nas plantas suscetíveis.

O biotipo de planta daninha resistente sofre um processo de mutação no composto Q_B de tal maneira que o herbicida não consegue mais acoplar-se ao composto, impedindo o transporte de elétrons. Portanto, uma planta resistente aos herbicidas inibidores da fotossíntese consegue efetuar o transporte de elétrons na fase luminosa da fotossíntese mesmo na presença do herbicida. Dessa forma, a resistência ao herbicida é conferida por uma mudança no local de ação do herbicida, onde o produto normalmente acopla-se ao composto Q_B .

A mutação existente nas plantas do biotipo resistente normalmente apresentam uma eficiência menor de transporte de elétrons, quando comparada com a suscetível, sem a presença do herbicida. Esta menor eficiência confere uma redução na produtividade dessas plantas e, conseqüentemente,

menor adaptabilidade ecológica, ou competitividade, do biotipo resistente (vide item 5.2).

Os biotipos de plantas daninhas resistentes aos inibidores da fotossíntese apresentam grau variável de resistência aos herbicidas pertencentes a diferentes grupos químicos (triazinas, uréias substituídas e uracilas) que possuem este mecanismo de ação (resistência cruzada). Apesar desses herbicidas agirem sobre o mesmo ponto dentro do fotossistema II, cada um tem uma orientação específica no sítio de ação, o que, provavelmente, explica as diferenças observadas nos padrões de resistência cruzada (Trebst, 1991). A resistência das plantas daninhas às triazinas não é herdada pelo genoma nuclear, mas pela herança maternal do DNA citoplasmático existente dentro do cloroplasto (Souza Machado, 1982). Conseqüentemente, a resistência às triazinas não é transmitida via pólen. Dessa forma, toda a progênie de uma planta resistente será também resistente.

5.2.2. Inibidores da enzima acetolactato sintase (ALS)

Os herbicidas inibidores da enzima ALS pertencem a diversos grupos químicos desenvolvidos recentemente; dentre os quais os seguintes grupos destacam-se por apresentarem um maior número de herbicidas: as sulfoniluréias, imidazolinonas e sulfoanilidas. Os herbicidas pertencentes aos grupo químico das sulfoniluréias foram os primeiros produtos desenvolvidos com o mecanismo de ação de inibição da enzima ALS, sendo que sua descoberta foi ainda em 1966, porém o uso desses herbicidas só ocorreu nas duas últimas décadas. Dentre as sulfoniluréias de uso mais intenso no Brasil, destacam-se o chlorimuron, halosulfuron, metsulfuron, nicosulfuron e pyrasulfuron. Dentre as imidazolinonas, descobertas mais recentemente, e de uso bastante intenso na agricultura brasileira, principalmente na cultura da soja,

destacam-se os herbicidas imazapyr, imazaquin e imazethapyr. As sulfoanilidas foram as últimas a serem descobertas e, atualmente em uso no Brasil, destaca-se o flumetsulan.

Todos estes herbicidas apresentam o mesmo mecanismo de ação, ou seja, inibem a síntese dos aminoácidos alifáticos de cadeia lateral: valina, leucina e isoleucina. A via biossintética desses três aminoácidos apresenta em comum o uso de uma enzima chamada ALS (acetolactato sintase), que participa na fase inicial do processo metabólico, catalizando uma reação de condensação. A via de biossíntese da valina inicia-se com uma reação de condensação de duas moléculas de piruvato; já a via biossintética inicia-se pela condensação do α -cetobutirato com uma acetil CoA e a isoleucina pela condensação do α -cetobutirato com um piruvato. Todas estas reações iniciais de biossíntese dos três aminoácidos são catalisadas pela enzima ALS. Os herbicidas inibidores da ALS impedem que esta reação de condensação provoque, como consequência, o bloqueio na produção dos aminoácidos valina, leucina e isoleucina.

Por isso as sulfoniluréias, imidazolinonas e sulfoanilidas são chamados de inibidores dos aminoácidos alifáticos de cadeia lateral (valina, leucina e isoleucina). O local exato de ação destes herbicidas é na enzima ALS. Quando o herbicida encontra-se presente dentro da célula de uma planta suscetível, ocorre uma inibição não competitiva pelo herbicida com o substrato, de tal maneira que não ocorre a formação do acetolactato, indispensável, para que as demais reações prossigam resultando na formação dos aminoácidos.

Um biotipo de planta daninha é resistente aos herbicidas inibidores da ALS devido a uma alteração do gene responsável pela codificação desta enzima (Shaner, 1991). Assim, a seqüência de aminoácidos da enzima ALS é alterada, de tal forma que estes herbicidas não conseguem mais provocar a inibição não competitiva. Deste modo, a planta resistente

produz os aminoácidos alifáticos de cadeia lateral mesmo com a presença do herbicida no local de ação.

Estudos feitos com a planta daninha *Kochia scoparia* nos Estados Unidos da América do Norte tem demonstrado que biotipos resistentes desta planta daninha são decorrentes de uma alteração na seqüência de aminoácidos da enzima ALS. Estas mudanças causam uma alteração estrutural da enzima, de tal forma que os herbicidas inibidores da enzima são incapazes de acoplar e inibir a sua ação. Holt et al. (1993) relataram que a enzima ALS apresenta 670 aminoácidos, os quais já foram seqüenciados. Assim, foi observado em um biotipo de *K. scoparia* que a resistência foi conferida apenas pela mudança do aminoácido por uma prolina na posição 194. Desta forma, mutações no DNA nuclear da planta que resulte em uma alteração na seqüência de aminoácidos na enzima é suficiente para tornar um biotipo de planta daninha resistente aos herbicidas inibidores da ALS.

Quando a atividade das enzimas extraídas de plantas de biotipos resistentes foi medida 'in vitro', na presença do substrato, e comparada com a atividade da enzima do biotipo suscetível, sem a presença do herbicida observou-se que ambas apresentaram o mesmo desempenho. Com isso, a mutação que confere resistência a planta daninha não penaliza a planta resistente, de tal modo que esta apresenta a mesma adaptabilidade ecológica (vide item desenvolvimento de resistência).

5.2.3. Destruidores de membrana (celular e de organelas)

Dentro deste mecanismo de ação podem ser encontrados subdivisões de mecanismos que resultam na destruição das membranas; dentre eles: efeito direto nas membranas, formadores de radicais livres, peroxidação dos lipídeos e inibidores da fosforilação oxidativa. Neste item serão descritos

apenas alguns aspectos de resistência dos herbicidas que são formadores de radicais livres, cujos principais produtos são diquat e paraquat. Nas demais subdivisões também ocorrem biotipos resistentes, porém os mecanismos de resistência ainda não são muito bem compreendidos.

Os herbicidas paraquat e diquat apresentam como local de ação o fotossistema I, na fase luminosa da fotossíntese; portanto, na membrana do cloroplasto. Quando o elétron é transferido da ferredoxina para o NADP (vide item 5.3.1) ocorre a ação dos herbicidas bipyridilum (grupo químico do diquat e paraquat). Estes herbicidas são cátions muito fortes, de tal maneira que o elétron destinado para o NADP é desviado para a molécula do herbicida, reduzindo o mesmo. O herbicida no estado reduzido é extremamente instável, de tal maneira que espontaneamente volta ao seu estado normal reduzido, cedendo o elétron para um molécula de O_2 .

A molécula de O_2 juntamente com o elétron cedido pelo paraquat reduzido é chamada de radical livre (superóxido). Por isso, estes herbicidas são chamados de formadores de radicais livres. O superóxido rapidamente se condensa com uma molécula de água, formando H_2O_2 (água oxigenada). A água oxigenada é um potente destruidor de membrana, daí a razão desses herbicidas serem incluídos no mecanismo de ação principal de destruidor de membrana. O paraquat e o diquat são produtos considerados de contato e dessecantes, pois sua ação é bastante rápida na presença da luz, de tal modo que dois a três dias após a aplicação do produto a planta suscetível encontra-se totalmente dessecada.

O mecanismo de resistência dos biotipos resistentes de plantas daninhas ao paraquat consiste na rápida degradação da água oxigenada. Plantas resistentes apresentam alta concentração das enzimas peroxidase e glutathion redutase. A resistência é, portanto, conferida pelo ciclo da glutathion-ascorbato. Toda água oxigenada formada na planta é imediatamente convertida em água através da ação da

peroxidase que retira uma molécula de oxigênio da água oxigenada, incorporando este aos ascorbato, transformando-o em dehidroascorbato, o qual espontaneamente volta ao seu estado natural. Paralelamente existe a transformação da glutathiona oxidada em glutathiona reduzida. A glutathiona reduzida volta a ser oxidada através do NADPH e da enzima glutathiona redutase. Assim, a água oxigenada produzida pelo paraquat é degradada.

Dessa forma, qualquer planta que apresenta uma alta concentração de peroxidase e glutathiona redutase é resistente aos herbicidas formadores de radicais livres, destruidores de membrana.

5.2.4. Inibidores da mitose

Alguns herbicidas interferem com a divisão mitótica das células. Dentre estes herbicidas destaca-se o grupo das dinitroanilinas, sendo a trifluralina e pendimethalin os principais herbicidas pertencentes a estes grupos. Durante o processo da mitose, principalmente na prófase e metáfase existe a formação do fuso de divisão cromossômica, para que na anáfase ocorra uma separação cromossômica do processo de divisão celular. Este fuso de divisão celular é formado de uma proteína chamada de tubulina.

Uma planta suscetível aos herbicidas inibidores de divisão celular não forma a proteína tubulina, de tal maneira que ocorre uma divisão anormal das células. Existe, portanto, a formação de células poliplóides ou com aberrações cromossômicas. Assim, a região meristemática das células afetadas por estes herbicidas fica entumecida e a plântula acaba morrendo.

Um biotipo de planta daninha resistente apresenta, durante a divisão celular, a tubulina alterada, de tal maneira que o herbicida não consegue inibir a formação do fuso celular.

5.2.5. Degradação do herbicida (resistência múltipla)

Tanto plantas como animais e insetos apresentam um mecanismo de degradação de substâncias químicas estranhas, provenientes de aplicações externas. Este mecanismo consiste no uso de uma monoxigenase - P₄₅₀, que promove uma hidroxilação de substâncias estranhas aos organismos. Esta monoxigenase encontra-se tanto em organismos animais como em vegetais. Ocorre uma hidroxilação do composto, de tal maneira que provoca uma perda de atividade do composto.

Esta hidroxilação consiste numa reação inicial de detoxificação dos compostos tóxicos e estranhos aos organismos. Na maioria das vezes, a hidroxilação é suficiente para que o herbicida perca a sua atividade herbicídica na planta. Ela consiste, inicialmente, no caso das plantas, de uma reação de conjugação do herbicida com a monoxigenase P₄₅₀, com posterior incorporação de um elétron proveniente do NADPH, intermediado pela ferredoxina. O complexo formado então é oxidado para posterior incorporação de um O₂, de modo que um novo elétron é incorporado, para que depois dois hidrogênios provoquem a hidroxilação do herbicida e a monoxigenase P₄₅₀ volte ao seu estado inicial. Assim, o herbicida hidroxilado perde a ação herbicídica (Jones, 1991).

Este processo é comum para diversos herbicidas pertencentes a diferentes mecanismos de ação, de tal maneira que o processo é chamado de resistência múltipla. Mecanismo de resistência múltipla é definido quando um biotipo de planta daninha apresenta resistência a herbicidas com diferentes mecanismos de ação. Este tipo de resistência já foi detectado em um biotipo da planta daninha *Lolium rigidum* na Austrália. Assim, este biotipo de planta daninha apresenta resistência a trifluralina, paraquat e inibidores da ALS, através do mesmo mecanismo de resistência, ou seja, alta concentração na planta da monoxigenase P₄₅₀ (Christopher et al., 1991). Este mecanismo de resistência não é muito comum, mas existem casos relatados.

Algumas populações de *Alopecurus myosuroides* no Reino Unido desenvolveram resistência a um amplo espectro de herbicidas com diferentes mecanismos de ação (Moss, 1992). Esses incluem clorotoluron (uma uréia substituída que inibe a fotossíntese), diclofop-metil (um inibidor da enzima ACCase) e pendimethalin (um inibidor da divisão celular). Provavelmente o mecanismo de resistência deste biotipo de planta daninha é proveniente de uma degradação do herbicida através da monoxigenase P₄₅₀.

5.3. Prevenção e controle do desenvolvimento de biotipos de plantas daninhas resistentes aos herbicidas

Na maioria das vezes, o desenvolvimento de biotipos de plantas resistentes aos herbicidas ocorre como consequência do uso repetido do mesmo herbicida ou de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação, sempre associado a monoculturas. É necessário, portanto, modificar essas práticas de modo a prevenir ou retardar o estabelecimento da resistência em alguns biotipos de plantas daninhas. Dentre algumas práticas mais recomendadas pode-se descrever os aspectos relacionados a seguir.

5.3.1. Herbicidas alternativos

O uso de herbicidas alternativos que ainda permanecem eficientes em biotipos de plantas daninhas resistentes pode ser uma estratégia de sucesso, pelo menos a curto prazo. Em algumas situações, biotipos resistentes são mais facilmente controladas por herbicidas alternativos do que os susceptíveis (Gressel e Segel, 1990). Isso é normalmente denominado resistência cruzada negativa. Contudo, se o herbicida alternativo for usado repetidamente, há um alto risco de se desenvolver resistência ao mesmo.

5.3.2. Mistura ou seqüência de herbicidas

O uso de dois ou mais herbicidas, com diferentes mecanismos de ação, deve reduzir a pressão de seleção do biotipo resistente. O valor de tal estratégia depende da eficácia relativa de cada um dos herbicidas na planta daninha alvo e a especificidade dos mecanismos de resistência.

5.3.3. Manejo de herbicidas

A pressão de seleção é reduzida se forem usados herbicidas sem nenhuma ou com pouca atividade residual no solo. Igualmente, as reduções de doses de herbicida e no número de aplicações por ano agrícola reduzem os riscos de desenvolvimento de resistência de plantas daninhas aos herbicidas. O uso do mesmo produto apenas a cada dois ou três anos pode ser uma alternativa viável para reduzir a probabilidade do aparecimento de plantas daninhas resistentes a estes herbicidas.

5.3.4. Nível de dano econômico

A otimização de doses e número de aplicações de herbicidas, de tal forma que a intensidade de controle das plantas daninhas seja feita até se atingir o nível de dano econômico, reduz o uso desnecessário de herbicidas. Esta medida de otimização reduz a pressão de seleção imposta pelo herbicida. Além disso, permite a sobrevivência de plantas suscetíveis, proporcionando maior polinização cruzada entre indivíduos resistentes e suscetíveis em espécies alógamas, podendo, deste modo, reverter o processo de seleção.

5.3.5. Rotação de cultura

Muitas espécies daninhas estão em sincronia com culturas específicas; assim, a rotação de culturas pode reduzir o sucesso intrínseco dessas plantas e, em muitas situações, permitir o uso de herbicidas alternativos.

5.3.6. Sistema de cultivo

Sistemas de cultivo mínimo são amplamente utilizados por razões de conservação de solo e água. O cultivo mínimo favorece alguns tipos de plantas daninhas, especialmente algumas anuais e perenes, favorecendo assim, um maior consumo de herbicidas. O cultivo mínimo e plantio direto facilita o desenvolvimento de populações de plantas daninhas provenientes de sementes produzidas na cultura anterior, pois as sementes são mantidas na superfície do solo. Nestes tipos de cultivos existem uma minimização da probabilidade de retrocruzamentos com gerações anteriores não selecionadas, provenientes de sementes mais velhas enterradas a maiores profundidades. Aração com inversão das leivas utilizada no

cultivo tradicional pode reduzir a necessidade de herbicidas e assim reduzir a pressão de seleção. Em algumas situações, a aração feita anualmente não é recomendável, mas aração rotacional, uma vez a cada quatro a cinco anos, pode ser uma alternativa viável, pois com isso muda a flora de plantas daninhas existentes através de uma maior diversificação (Cussan e Moss, 1982). Cultivo nas entrelinhas e uso de herbicida apenas na linha da cultura pode ser um método bastante interessante para evitar o aparecimento de resistência em uma área, pois proporciona uma menor pressão de seleção. A praticidade e eficiência destas medidas depende da cultura que está sendo cultivada, bem como das condições edáficas e climáticas.

5.3.7. Outras técnicas culturais

Outras técnicas de controle das plantas daninhas sem o uso de herbicidas foram revistas por Morgan (1989). Técnicas tais como cultivo de culturas mais competitivas, espaçamentos mais adensados, controle biológico e uso de cobertura morta são métodos não-químicos de controle de daninhas que podem ser, em algumas situações, alternativas viáveis juntamente com os herbicidas.

Como pode-se observar, todas as recomendações para prevenção e controle da resistência de plantas daninhas aos herbicidas são baseadas em alternativas que auxiliam o controle químico das mesmas. Sendo assim, fica claro que o método integrado de controle das plantas daninhas é a alternativa mais viável para a agricultura moderna. Os herbicidas constituem-se hoje no principal método de controle das plantas daninhas; no entanto, não se deve esquecer que a integração com outros métodos possibilita que tais espécies não evoluam de maneira a tornarem-se resistentes ao método de controle. Aliás, a boa prática agrícola sempre recomendou o controle integrado de plantas daninhas por diversas razões que são bem conhecidas.

Dessa forma, a resistência de plantas a um método de controle usado repetidamente representa mais uma razão para a utilização do controle integrado. É importante também ressaltar que as plantas daninhas podem desenvolver resistência não apenas ao controle químico, mas a qualquer método de controle, desde que este seja usado de maneira intensa, impondo uma pressão de seleção forte sobre tais espécies.

6. SEGURANÇA NO TRABALHO DE APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

Joaquim Gonçalves Machado Neto¹



Os agrotóxicos são compostos rigorosamente selecionados pela capacidade de causarem intoxicações letais aos organismos vivos alvos do controle químico, para proteção das culturas agrícolas. Além dos organismos indesejados, os agrotóxicos causam intoxicações em qualquer organismo vivo com os quais entrar em contato íntimo. Entre estes, destaca-se o

homem, ocupacionalmente exposto a determinado risco de intoxicação. O risco de intoxicação ocupacional com os agrotóxicos é representado pela probabilidade da ocorrência de lesões pela exposição, uso ou manipulação de um agrotóxico em condições específicas.

Diversos fatores relacionados com os agrotóxicos, com o meio ambiente, com as condições de trabalho e com o homem influenciam o risco de intoxicação (Hayes, 1975; Garcia & Almeida, 1991 e Guimarães, 1994). Tais fatores são as causas das intoxicações. Não obstante os inúmeros fatores influentes, Bonsall (1985) define este risco em função de apenas dois: a toxicidade e o grau de exposição. Qualquer um dos fatores influentes no risco terão seus efeitos quantificados na toxicidade ou no grau de exposição. Por exemplo, os efeitos de fatores pessoais como mau uso, manuseio displicente ou descuidado dos agrotóxicos são quantificados no grau de exposição.

Tão importante quanto a toxicidade, a exposição ocupacional deve ser eficientemente avaliada para se determinar e quantificar os fatores determinantes do risco, nas condições

específicas de trabalho. Assim, pode-se identificar o fator causa e aplicar as medidas de segurança de uma forma mais eficiente e econômica.

¹ Eng.-Agr., Dr., Prof. Depto de Defesa Fitossanitária, FCAV/UNESP-Campus de Jaboticabal, Rod. Carlos Tonanni km 05, 14970-000 - Jaboticabal, SP.

6.1. Risco de intoxicação

Uma maneira simples de se estimar o risco de intoxicação ocupacional com os agrotóxicos foi estabelecida no início da década de 60 por Durham & Wolfe (1962). Baseados em dados de exposições dérmicas e respiratórias de trabalhadores a agrotóxicos, estabeleceram uma fórmula, onde consideraram estes riscos como sendo a fração percentual da dose tóxica do agrotóxico que o trabalhador se expõe por hora de trabalho (%DT/h), ou por qualquer outro período de tempo. A dose tóxica é estimada multiplicando-se o valor da DL₅₀ dérmica (mg/kg), obtida em estudos com animais de laboratório, pelo peso médio do trabalhador, considerado em 70 kg. A fórmula estabelecida por Durham & Wolfe (1962) é a seguinte:

$$\% \text{ DT/h} = \frac{\text{Exp. dérmica(mg/h)} + [\text{Exp. resp.(mg/h)} \times 10]}{\text{DL}_{50} \text{ dérmica aguda-rato(mg/kg)} \times 70(\text{kg})} \times 100$$

Nesta fórmula, qualquer fator ou causa atuante no risco terá seu efeito quantificado na toxicidade ou na exposição. Uma vez definido o agrotóxico utilizado, a toxicidade é um fator pouco variável e a exposição é um fator muito variável, pois depende de todos os demais fatores influentes.

A exposição ocupacional pode ser:

- a) **exposição potencia:** quantidade do agrotóxico coletada sobre a pele do trabalhador ou com potencial de atingi-la na ausência, ou completa permeabilidade das roupas usadas no momento, e nas vias respiratória e oral (Turnbull et al., 1985). Verifica-se que esta exposição potencial é característica das condições específicas de trabalho, como resultado da interação dos seus fatores de risco dominantes, e
- b) **exposição real:** é definida como a quantidade absoluta do agrotóxico que entra em contato íntimo com o corpo, ficando prontamente disponível para ser absorvido nas vias dérmica, respiratória ou oral, em um dado momento (Bonsall,1985).

As medidas de segurança são aplicadas na prevenção do contato do agrotóxico nas vias de exposição e absorção no corpo. Por isso, o conhecimento da importância de cada uma dessas vias é fundamental para se selecionar as medidas de segurança mais efetivas, confortáveis, econômicas e exequíveis nas condições específicas de uso dos agrotóxicos.

6.1.1. Vias de exposição do corpo aos agrotóxicos

A importância relativa das vias de exposição dos agrotóxicos no corpo tem sido determinada em diversos trabalhos de pesquisa. Em condições de campo, em ambiente aberto, são importantes as vias dérmicas e respiratória (Durham & Wolfe, 1962; Wolfe et al., 1967; Wolfe et al., 1972). Estes autores verificaram que, em média, 99,8% da exposição total ocorreu na via dérmica e apenas 0,2% na via respiratória.

Além desses aspectos, deve ser considerado também o potencial de alcance da corrente sanguínea, ou de absorção nas vias de exposição. Na via respiratória, a absorção do agrotóxico que chega nos pulmões é rápida e completa

(Durham & Wolfe, 1962). Na via dérmica, a absorção é mais lenta e parcial, pois a pele constitui-se numa eficiente barreira natural de proteção do organismo. A penetração dos compostos na pele depende dos seus modelos farmacocinéticos de absorção (Mathias et al., 1985), podendo variar de 0,8 a 6,0% (Guy et al., 1985) e até 80% (Bronaugh, 1985). Também depende muito do veículo que o composto está diluído. A Agência de Proteção Ambiental - EPA, USA, no Processo de Suposição Contra Registro Refutável-RPAR, quando os dados não estão disponíveis considera a absorção média de 10% da exposição dérmica (Smith, 1984).

Com estas informações estima-se que o potencial de absorção dos agrotóxicos na via dérmica, em média, é de 9,98% (que representa 10% da exposição total) e de 100% na via respiratória (que representa 0,2% da exposição total). Assim, verifica-se que o potencial de intoxicação pela via dérmica é 49,9 (9,98%/0,2%) vezes maior que o da via respiratória. Por isso, as medidas de segurança devem ser mais concentradas na proteção da via dérmica.

A Organização Mundial da Saúde, considerando a esta relação quantitativa de importância as vias de exposição, recomenda em seu Protocolo Padrão (WHO, 1975) que se a exposição respiratória não for avaliada ela pode ser substituída por 10% da dérmica avaliada, e modificou a fórmula de Durham & Wolfe (1962) para:

$$\% \text{ DT/h} = \frac{\text{Exposição dérmica (mg/h)} + 10\%}{\text{DL}_{50} \text{ dérm. aguda-rato (mg/kg)} \times 70(\text{kg})} \times 100$$

Com esta fórmula, avaliando-se apenas a exposição dérmica pode-se estimar o risco de intoxicação proporcionado por uma determinada atividade. Portanto, o conhecimento dos métodos de avaliação da exposição dérmica torna-se relevante.

6.1.2. Métodos de avaliação da exposição dérmica

Diversos métodos foram desenvolvidos para avaliar a exposição dérmica aos agrotóxicos e a outros agentes tóxicos, que são classificados em métodos diretos e indiretos (Durham & Wolfe, 1962) ou, respectivamente, dosimetria passiva e monitoramento biológico (Reinert et al., 1986).

Com os métodos indiretos, ou de monitoramento biológico, mede-se a concentração dos agrotóxicos em materiais coletados, ou os efeitos dos tóxicos no organismo do indivíduo após a exposição e a absorção. Por exemplo, a determinação da atividade da enzima colinesterase no sangue após a exposição aos inseticidas organofosforados ou carbamatos.

Com os métodos diretos, ou de dosimetria passiva, utiliza-se de algum mecanismo para coletar o material tóxico que poderá atingir as vias de absorção no corpo, durante um determinado período de exposição. A quantidade determinada, por análises químicas ou bioensaios ou outros métodos, é a medida direta da exposição. Desta forma, pode-se medir a exposição dérmica potencial ou real.

Os amostradores tradicionalmente utilizados nestes métodos diretos são almofadas confeccionadas em papel de alfa-celulose pura, com uma das faces impermeabilizada por uma lâmina de vidro ou de papel aluminizado, ou ainda uma folha de plástico. Elas são afixadas sobre ou sob as roupas e, após um determinado período de exposição, são retiradas e levadas ao laboratório para recuperação e quantificação dos produtos.

Um amostrador alternativo, absorvente higiênico feminino (marca Carefree), foi testado e aprovado para esta finalidade, utilizando-se o cátion Cu^{+2} de um fungicida cúprico como traçador nas caldas pulverizada (Machado Neto, 1990). Este amostrador ajustou-se muito bem neste tipo de avaliação, além de algumas vantagens em relação às almofadas tradicionais. Estas almofadas têm que ser confeccionadas nas dimensões

padrões e são afixadas nas roupas com fitas adesivas. São de manuseio difícil e lento no campo, pois apenas uma determinada área central da almofada é recortada para se realizar as análises quantitativas (WHO, 1975). Já os absorventes são comprados prontos em diversas casas comerciais, têm uma área absorvente de tamanho constante e são aderentes em tecidos. São manuseados fácil e rapidamente no campo, não há necessidade de recortar partes, pois as análises quantitativas são realizadas nos absorventes inteiros.

Reinert et al. (1986) ressaltam que com os métodos de dosimetria passiva mede-se a quantidade de agrotóxico que potencialmente atingirá a pele ou as vias oral ou respiratória, não a dosagem que realmente é absorvida e entra na corrente sanguínea. Fatores como a absorção dérmica ou pulmonar pouco influenciam estas avaliações, influenciam sim a absorção e são altamente dependentes e específicos de cada agrotóxico. Estes autores citam que a EPA continuará estimulando o desenvolvimento de bases de dados para cobrir a validade de correlações prognosticadas. Considera-se que é mais seguro estimar a exposição baseada em uma vasta, cientificamente perfeita e apropriada base de dados do que em resultados de um estudo individual com um número limitado de repetições, mesmo que este estudo seja considerado válido. Dados adicionais de exposição são juntados às bases de dados existentes, expandindo-as e proporcionando-se mais segurança para estimar a exposição a outros agrotóxicos que ainda não foram monitorados.

6.2. Segurança da condição de trabalho

Para classificar a segurança das condições de trabalho com os agrotóxicos, em segura ou insegura, estima-se a margem de segurança (MS) através da fórmula proposta por Severn (1984), que é a seguinte:

$$MS = \frac{\text{NOEL (nível de efeito tóxico não observado)} \\ \text{(mg/kg/dia)}}{\text{Quantidade absorvível da exposição (mg/kg/dia)}}$$

A quantidade absorvível da exposição, expressa em mg/kg/dia, utilizada na fórmula é calculada através das exposições que ocorrem nas vias dérmica e respiratória. Na via dérmica, se não há disponibilidade do valor de absorção dérmica de um determinado produto, a quantidade absorvível pode ser considerada como 10% da exposição dérmica avaliada. Na via respiratória, a quantidade absorvível pode ser considerada como 100% da exposição respiratória avaliada. Porém, se a exposição respiratória não for avaliada, a quantidade absorvível na via respiratória pode ser considerada como 1% da exposição dérmica avaliada, devido à relação quantitativa das exposições dérmica e respiratória, na exposição total neste tipo de atividade. Nesta caso, a quantidade absorvível será de 11% da exposição dérmica avaliada.

Em trabalhos mais recentes, os autores estimam a margem de segurança utilizando um fator de segurança. Os americanos (USA) utilizam um fator de segurança de 100; resultante da multiplicação de 10 (devido à sensibilidade intraespécies) por 10 (devido à incerteza interespécies). Os Alemães utilizam um fator de segurança de 25. Os Holandeses de 10 (Brouwer *et al.*, 1990), devido a extrapolação dos dados toxicológicos obtidos em animais para o homem. Nas nossas condições de trabalho, onde esta metodologia de análise da segurança no trabalho com agrotóxicos encontra-se na fase inicial, acredita-se que pode ser considerado um fator de segurança de 10 para se estimar os valores da MS. Assim, a fórmula de Severn (1984) modificada que será utilizada é a seguinte:

$$MS = \frac{\text{NOEL (nível de efeito tóxico não observado)} \\ \text{(mg/kg/dia)}}{\text{Quantidade absorvível da exposição (mg/kg/dia) x} \\ 10}$$

O critério para a classificação da segurança das condições de trabalho com agrotóxicos através dos valores estimados de MS é o seguinte:

Se $MS \geq 1$ - exposição aceitável, risco tolerável - a condição de trabalho é classificada como segura, pois a quantidade absorvível da exposição x 10 é menor que o valor do NOEL do agrotóxico considerado.

Se $MS < 1$ - exposição inaceitável, risco intolerável - a condição de trabalho é classificada como insegura, pois a quantidade absorvível da exposição x 10 é maior que o valor NOEL do agrotóxico considerado. Neste caso, para tornar a condição de trabalho segura, calcula-se a necessidade de controle da exposição (NCE), em porcentagem, para deixar a $MS \geq 1$, através da seguinte fórmula:

$$NCE = (1 - MS) \times 100$$

Com este cálculo estabelece-se a necessidade de controle da exposição para cada condição específica de trabalho. Isto proporciona a adoção das medidas de segurança mais adequadamente, ajustadas dentro das disponibilidades técnicas. Assim surge a possibilidade de se minimizar os custos financeiros da segurança e o desconforto dos trabalhadores, principalmente devido ao uso de equipamentos de proteção individual (EPIs). Para tanto, o processo inicia-se pela avaliação da exposição ocupacional, onde destacam-se com grande importância o conhecimento dos métodos de avaliação da exposição dérmica.

6.3. Medidas de segurança

Qualquer medida de segurança é aplicada para proteger as pessoas por intermédio de uma das seguintes alternativas: eliminando o risco, isolando o risco ou sinalizando o risco (Zóccchio, 1980).

Eliminar o risco significa torná-lo definitivamente inexistente, o que poucas vezes se consegue. Por exemplo, substituir um produto tóxico por um inócuo, ou uma máquina cujo perigo não existe na substituta.

Isolar o risco é a alternativa mais aplicada, mas não é válida como substituta quando o perigo pode ser eliminado. A grande maioria dos riscos é apenas isolada, embora o método de isolamento muitas vezes isente as pessoas definitivamente do risco. Por exemplo, as características de um material tóxico continuarão existindo, embora providencie-se isolamento tal que não há possibilidade de contato com o corpo do trabalhador.

Sinalizar o risco é o recurso que se aplica quando não há possibilidade de se utilizar um dos dois anteriores. Não é um recurso usado em substituição a um dos dois anteriores, a não ser em caráter precário e temporário, e enquanto se tomam as medidas definitivas. Normalmente são utilizados pictogramas ou frases, escritos com cores já padronizadas pela segurança do trabalho, como advertência do perigo. As medidas de prevenção do risco de intoxicação ocupacional com agrotóxicos baseiam-se também nestes recursos.

As medidas preventivas que atuam nas causas das exposições aos agrotóxicos, que nesta oportunidade propõe-se denominá-las medidas ativas, controlam os principais fatores de risco: a toxicidade e o grau de exposição. As que atuam na proteção, controlando o efeito e não a causa, que novamente propõe-se denominá-las medidas passivas, não reduzem o potencial de risco, porém evitam o contato com os agrotóxicos; por exemplo, os EPIs - equipamentos de proteção individual. Para que estas medidas sejam adequadamente aplicadas

quando necessárias, há necessidade de se determinar as causas, ou os fatores condicionantes dos riscos de intoxicação.

6.3.1. Causas das intoxicações ocupacionais com os agrotóxicos

As causas de acidentes ou doenças do trabalho - no caso, as intoxicações ocupacionais com os agrotóxicos - são antecedentes próximos ou remotos, que os fazem acontecer. Somente são caracterizadas no ato da ocorrência; antes são apenas riscos ou perigos de acidentes. As causas podem ser indiretas ou diretas. As causas indiretas, homem e o meio, respectivamente originam os fatores pessoais e materiais (Zóccchio, 1980).

As causas indiretas são os fatores que comprometem a segurança do trabalho. Deles podem resultar atos e condições inseguros, em decorrência de erros administrativos, técnicos, de execução de tarefas, falta de conhecimento de segurança, interpretação errônea, má avaliação do perigo, etc.

No homem, características que lhe são inerentes, fatores hereditários, sociais e de educação são prejudiciais quando falhos. Entre as causas indiretas, destacam-se como fatores pessoais:

- desconhecimento dos riscos de acidentes;
- treinamento inadequado;
- falta de aptidão ou de interesse pelo trabalho;
- excesso de confiança em si mesmo;
- atitudes impróprias, tais como violência, revolta, etc, e
- incapacidade física para o trabalho.

O meio, com os riscos que lhe são peculiares, ou que nele são criados, requer ações e medidas corretas para que sejam controlados, neutralizados e não se transformem em fontes de acidentes. Destacam-se como causas materiais indiretas:

- máquinas, ferramentas ou equipamentos com pontos perigosos e
- periculosidade dos materiais: corrosividade dos ácidos, toxicidade dos agrotóxicos etc.

As causas diretas são os atos inseguros e as condições inseguras, resultantes de causas indiretas (fatores materiais e humanos) que, combinados ou não, propiciam a ocorrência de acidentes de trabalho ou, no caso específico, as intoxicações ocupacionais com os agrotóxicos.

Ato inseguro é a maneira como as pessoas se expõem, consciente ou inconscientemente, a riscos de acidentes. Os mais comumente praticados nas empresas são:

- colocar o corpo, ou parte, em lugar de risco;
- usar máquinas sem habilitação ou permissão;
- lubrificar, ajustar e limpar máquinas em movimento;
- improvisação e mau emprego de ferramentas manuais;
- inutilização de dispositivos de segurança;
- não usar as proteções individuais;
- uso de roupas inadequadas e acessórios desnecessários;
- manipulação insegura de produtos tóxicos;
- fumar e usar chamas em lugares indevidos;
- tentativa de ganhar tempo e
- brincadeiras e exibicionismo.

Condição insegura é aquela que põe em risco a integridade física e/ou a saúde dos trabalhadores, ou a própria segurança das instalações ou dos equipamentos. São condições materiais que condicionam, ou obrigam, as pessoas a praticarem atos inseguros no trabalho, onde o acidente pode ocorrer a qualquer momento. As que mais comumente ocorrem nas empresas são:

- falta de proteção nas máquinas e equipamentos de trabalho - aqui vale ressaltar que os utilizados nas aplicações de agrotóxicos praticamente são desprovidos de itens de segurança para os trabalhadores;

- proteções de máquinas e equipamentos inadequados ou defeituosas;
- deficiência quantitativa ou qualitativa de maquinaria e ferramental;
- má ou falta de arrumação e de limpeza na área de trabalho;
- falta de protetores individuais (EPIs);
- outras menos comuns e peculiares a determinadas empresas.

Pela legislação atual, se em um acidente de trabalho ficar caracterizado atos inseguros como mau emprego de ferramentas ou de equipamentos, utilização errada de EPIs, etc., a responsabilidade pelo acidente é do trabalhador. A empresa fica isenta de culpa e, conseqüentemente, de responsabilidades com o trabalhador acidentado.

Entretanto, primeiro deve-se determinar a causa que levou o trabalhador a praticar o ato inseguro. Na maioria das vezes, constata-se que a causa verdadeira é a falta de treinamento. A falta de treinamento, por sua vez, é classificada como uma condição insegura. Através deste exemplo, verifica-se a importância da investigação das causas. As investigações devem evoluir no sentido de buscar identificar os fatores determinantes do risco. As responsabilidades das empresas ou dos trabalhadores devem ser determinadas de acordo com as causas identificadas nas análises dos riscos.

6.3.2. Condições de trabalho com os agrotóxicos

As aplicações de agrotóxicos em condições de campo, em ambiente aberto, na maioria das vezes são realizadas através de pulverizações, as quais caracterizam-se pelo uso de produtos pouco voláteis e por uma dispersão extremamente rápida das gotas pulverizadas no ar atmosférico. Nestas condições, são importantes as vias de exposição dérmica e

respiratória, que recebem, respectivamente, 99,8 e 0,2% da exposição total. A exposição dérmica extremamente maior que a respiratória é uma característica dessas condições de trabalho. Normalmente o ar respirado pelos trabalhadores contém baixas concentrações de gotas, a não ser que ele fique em posição insegura, com o rosto dentro da área contendo a névoa de gotas ou pó aplicados. A concentração das gotas no ar reduz-se imediatamente após a formação do jato da pulverização. Por outro lado, o jato, ou névoa de gotas, ou pó, pode atingir a superfície do corpo do trabalhador, na via dérmica.

No manuseio das embalagens, para transporte ou abastecimentos de máquinas, a exposição maior também ocorre na via dérmica, pois as formulações líquidas superam em muito as sólidas. No manuseio dos produtos, as primeiras partes do corpo a serem expostas são as mãos e os pés, pois os produtos são manuseados manualmente e, ao caírem no solo, são pisados pelos trabalhadores.

As principais falhas nas aplicações de herbicidas na cultura de cana-de-açúcar na região de Orlândia (SP), segundo Freitas (1995), foram:

- a não utilização de peneira no abastecimento do pulverizador;
- falta de limpezas periódicas do filtro de sucção e filtros de linha dos pulverizadores;
- uso de bicos de pulverização desgastados, gerando deposição irregular;
- uso de bicos diferentes na barra de pulverização;
- aplicações com bicos entupidos;
- sobreposição inadequada de jatos devido à altura incorreta da barra de pulverização;
- aplicação em solo mal preparado, contendo torrões e restos vegetais;
- paradas indevidas do trator causando aplicação excessiva, que resulta em fitotoxicidade na cultura;

- vazamento no filtro de sucção e nas mangueiras dos pulverizadores;
- pingentes tortos, ocasionando má deposição dos herbicidas;
- entrada e saída dos talhões em baixa rotação do trator.

6.3.3. Medidas de segurança ativas

As medidas de segurança que reduzem a exposição potencial são denominadas de medidas ativas, porque atuam nos fatores causa. Elas podem reduzir a toxicidade e/ou a exposição ocupacional.

6.3.4. Controle da toxicidade

Como a toxicidade é uma propriedade intrínseca dos agrotóxicos, poucos fatores pode influenciá-la. Os principais que podem afetá-la são o tipo de formulação, que pode ser pó ou líquida, e a concentração dos ingredientes ativos na formulação. Como os trabalhadores estão expostos aos produtos formulados, as formulações pó seco são as mais seguras, pois contêm as menores concentrações, e as líquidas as mais perigosas, pois são mais concentradas.

Entretanto, a melhor maneira de se reduzir a toxicidade de uma aplicação é substituir o produto mais tóxico por outro menos tóxico, quando há mais de um produto recomendado para o mesmo problema fitossanitário. Porém, esta medida de segurança pode ser utilizada somente pelo engenheiro agrônomo na confecção da receita agronômica, obrigatória, legalmente, para a aplicação de qualquer produto.

A possibilidade de recomendação de um herbicida menos tóxico, ou mais seguro, está demonstrada na Tabela 1, utilizando-se os resultados de Abbott et al. (1987) como base

de dados. Neste trabalho, os autores avaliaram a exposição dos aplicadores do herbicida 2,4-D em um gramado com os pulverizadores costal manual com um bico e com o pulverizador montado em trator com barra.

Diversos herbicidas poderiam ser de aplicação similar em gramados ou em qualquer outra cultura ou área, que resultariam em exposições semelhantes. Foram utilizados as dosagens e os valores de DL_{50} dérmica publicadas no manual de agrotóxicos do BCPC (Worthing, 1991). Os riscos foram estimados através da fórmula proposta pela WHO (1975). Nestas estimativas constata-se que os efeitos da toxicidade e da dosagem no risco de intoxicação, onde as menores dosagens e maiores valores de DL_{50} dérmica proporcionaram os menores riscos.

6.3.5. Segurança dos equipamentos de aplicação

A maioria das aplicações de herbicidas, ou qualquer outro produto, pode ser realizada com mais de um equipamento de aplicação. Cada equipamento de aplicação tem a sua estrutura que posiciona o trabalhador mais ou menos próximo do produto aplicado. Em função deste posicionamento, o aplicador vai estar mais ou menos exposto aos produtos e ao risco de intoxicação. Assim, estes equipamentos são naturalmente mais ou menos seguros. Em exemplo característico pode ser constatado nos dados de Abbott et al. (1987) utilizados na Tabela 1. O aplicador do herbicida 2,4-D com o pulverizador costal manual está 3,51 vezes mais exposto que o tratorista aplicando com o pulverizador de barra montado em trator.

TABELA 1. Exposições e riscos de intoxicação dos aplicadores de herbicidas em gramados, ou condições similares, utilizando-se os resultados de exposição ao herbicida 2,4-D, obtidos por Abbott et al. (1987), como base de dados.

Herbicidas	Dosagem (kg ia/ha)	DL ₅₀ dérm. (mg/kg)	Tratorista - Pulv. de barra		Aplicador - Pulv. costal	
			Exp. (mg/h)	%DT/h	Exp. (mg/h)	%DT/h
2,4-D ^(a)	1,44		40,3		141,8	
Metoxuron	3,20	> 2000 ^(b)	86,5	0,070	315,1	0,247
Diclobenil	6,00	1350 ^(c)	167,9	0,195	590,8	0,687
Dinoseb	2,00	200 ^(c)	56,0	0,440	196,6	1,547
Oxadiazon	4,00	>8000 ^(b)	111,9	0,022	393,9	0,077
Paraquat	0,60	236 ^(c)	16,8	0,112	59,1	0,393
Picloran	1,00	>4000 ^(c)	28,0	0,011	98,5	0,039
Prometrina	1,00	>3100 ^(b)	28,0	0,014	98,5	0,050
Propanil	4,00	7080 ^(c)	111,9	0,025	393,9	0,087
Glifosate	2,00	>7940 ^(c)	56,0	0,011	196,9	0,039
Molinate	4,00	>10000 ^(c)	111,9	0,017	393,9	0,062

^(a)Base de dados de Abbott et al. (1987), ^(b) teste em rato e ^(c) teste em coelho.

Em nossas condições, Machado Neto (1992) estudaram duas medidas de segurança no pulverizador costal manual convencional para a aplicação do herbicida Gramoxone (20% de paraquat) em pós-emergência e em jato dirigido em cultura de milho de pequenas áreas. Este pulverizador tem uma lança de aplicação frontal de 0,5 m de comprimento e com um bico defletor TK na ponta a 30 cm de altura do solo. As medidas foram o alongamento da lança frontal para 1,00 m de comprimento e uma haste traseira, com o mesmo bico TK na ponta, afixada atrás do tanque do pulverizador. Com esta haste a pulverização ocorre atrás do corpo do trabalhador e depois da sua passagem sobre as plantas daninhas. Estes autores verificaram que as exposições dérmicas potenciais (EDPs) foram de 443,0; 374,8 e 12,1 ml de calda/h, para os pulverizadores com a lança frontal de 0,50 e de 1,00 m e haste traseira, respectivamente. Estas duas medidas de segurança

reduziram as EDPs em 15,3 e 97,3%. Apenas a haste traseira tornou a condição de trabalho segura ($MS > 1$), proporcionou controle das plantas daninhas semelhante ao pulverizador convencional e foi muito bem aceita pelos trabalhadores.

6.4. Medidas de segurança passivas

As medidas de segurança que reduzem apenas a exposição real não atuam nas causas, mas apenas no efeito - a exposição - e são denominadas de medidas passivas. Nesta classe estão todas as medidas de proteção que interceptam o caminho dos agentes tóxicos que poderiam entrar em contato com o corpo do trabalhador. Destacam-se as vestimentas comuns, normalmente utilizadas, e os EPIs.

Na Norma Regulamentadora Rural nº 4, aprovada pela Portaria nº 3.067, de 12 de abril de 1988, do Ministério do Trabalho (Brasil, 1988), os EPIs são definidos como "todo dispositivo de uso individual destinado a proteger a integridade física do trabalhador".

Esta norma determina que a empresa é obrigada a fornecer aos empregados, gratuitamente, EPIs adequados ao risco e em perfeito estado de conservação e funcionamento, nas seguintes circunstâncias:

- a) sempre que as medidas de proteção coletiva forem tecnicamente inviáveis ou não oferecerem completa proteção contra os riscos de acidentes do trabalho e/ou de doenças profissionais e do trabalho;
- b) enquanto as medidas de proteção coletiva estiverem sendo implantadas e
- c) para atender a situações de emergência.

Na legislação mais recente sobre agrotóxicos, Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989 (Brasil, 1989), o Artigo 14 determina, na letra f, responsabilidades administrativas, civil e penal, pelos danos causados à saúde das pessoas, ao empregador, quando

não fornecer e não fazer manutenção dos equipamentos adequados à proteção da saúde dos trabalhadores, ou dos equipamentos na produção, distribuição e aplicação dos agrotóxicos.

O Decreto Lei nº 98.816, de 11 de janeiro de 1990 (Brasil, 1990), no Capítulo 4, seção 1 - da embalagem e da rotulagem dos agrotóxicos, no Artigo 38, inciso 1, letra m, determina que na coluna central do rótulo devem ser escritos os dizeres: É obrigatório o uso de equipamentos de segurança. Proteja-se.

No Capítulo 6, deste Decreto Lei, - do receituário agrônomo, no Artigo 53, inciso 3 - diagnóstico, letra m, determina-se que na receita tem que ter orientação quanto à utilização de equipamentos de proteção individual.

Entretanto, o uso de EPIs é um ponto da segurança do trabalho que requer ação técnica, educacional e psicológica para sua efetiva aplicação (Zócchio, 1980):

- técnica, no sentido de determinar o tipo adequado de EPI face ao risco que irá neutralizar;
- educacional, para que o empregado saiba como usá-lo, de modo a oferecer o melhor rendimento possível; e
- psicológica, no sentido de o usuário convencer-se da necessidade de usar o equipamento como parte de sua atividade e de sentir-se bem com ele.

Não obstante a obrigatoriedade desta legislação, quanto ao fornecimento e uso de EPIs como medida de segurança no trabalho com agrotóxicos, deve-se considerar a exequibilidade desta determinação. Os EPIs disponíveis atualmente no mercado foram desenvolvidos para as condições de trabalho urbano, principalmente em ambiente coberto e fechado. Em condições de campo, em ambiente aberto e sob o sol, constata-se que estes EPIs causam grande desconforto no usuário, as vezes até dificultam o trabalho e resultam em maior fadiga. Impedem a dissipação do calor e a evaporação da água da superfície da pele, pois atuam impermeabilizando o corpo. Por

outro lado, a eficiência destes equipamentos nunca é de 100%, pois ela depende muito do tipo de material, da forma ou modelo que são construídos e, principalmente, da forma como estão sendo usado pelos trabalhadores.

Ultimamente algumas empresas produtoras de agrotóxicos têm desenvolvido tecidos alternativos para proteção dos aplicadores de agrotóxicos, inclusive substituindo o princípio de proteção por impermeabilidade por proteção por hidrorrepelência. Os EPIs são confeccionados em tecidos de Brim com fios tratados com sais de alumínio ou teflon. Materiais do tipo não-tecido, de fibras sintéticas prensadas, também têm sido utilizados para confeccionar EPIs. Por exemplo, o Non woven da empresa Shell Brasil S.A. e o Tyvek da Du Pont do Brasil S.A.

O Ministério da Saúde, considerando a forte recusa dos EPIs pelos usuários em condições de campo, devido ao intenso desconforto que causam, na sua legislação mais recente, Portaria nº 1 de 09 de dezembro de 1991 (Brasil, 1991), determina que a empresa produtora do agrotóxico ficará com a responsabilidade de apresentar ao Ministério da Saúde os dados que serão incluídos no rótulo, bula ou folheto. Entre estes dados estão as recomendações de segurança dos usuários, que podem ser feitas para determinadas condições específicas de aplicação dos agrotóxicos. Neste caso, a avaliação da exposição dérmica potencial nas diversas partes do corpo do trabalhador e os cálculos de margens de segurança constituem-se em informação fundamental para se fazer tais recomendações. A proteção através de EPIs poderá ser feita pelas empresas de acordo com as necessidades específicas, considerando-se as regiões do corpo mais expostas, os modelos e os materiais mais adequados.

Dentro deste enfoque, também há possibilidade inclusive de se recomendar o uso de equipamentos de aplicação comprovadamente mais seguros. Conseqüentemente, isto obrigaria as empresas produtoras de equipamentos de

aplicação, como pulverizadores, a avaliarem e providenciarem itens de segurança em seus produtos.

Na Tabela 2 encontra-se as porcentagens de penetração do herbicida atrazina em vários tipos de tecidos, em condições de laboratório, adaptadas dos resultados de Raheel (1991). No primeiro tecido, foram aplicadas 280 µg de atrazina/cm², nas formulações pó molhável e suspensão concentrada. No segundo tecido, posicionado embaixo do primeiro, determinou-se as quantidades do herbicida que penetraram. Nestes dados comprova-se a importância do tipo de material utilizado, com destaque para as maiores eficiência do não-tecido Tyvek, seguido pelo tecido de 100% algodão. Mas em condições de campo, é fundamental o modelo ou "design" para conferir conforto, além da eficiência que o material possa oferecer.

Os EPIs são utilizados para controlar a exposições das partes do corpo, por isso devem ser usados de acordo com suas intensidades. Normalmente a exposição concentra-se mais em determinados locais, cujo padrão de distribuição é altamente dependente da atividade realizada e do tipo de aplicação (Fenske, 1990).

Machado Neto (1990) avaliou a eficiência de guarda-pós confeccionados com diferentes não-tecidos, para aplicadores de agrotóxicos em cultura estaqueada de tomate. Dois destes foram confeccionados em Tyvek; o Gardman^R, da companhia Shell, e o Tyvek, da companhia Du Pont, e outros dois confeccionados com um não-tecido denominado Non Woven, da companhia Shell. As avaliações foram realizadas com o pulverizador tratorizado estacionário de mangueiras arrastadas, pulverizando-se as plantas no final do ciclo, na fase de colheita do tomate.

TABELA 2. Porcentagens de penetração de atrazina em diferentes tecidos (adaptado de Raheel, 1991).

Primeiro Tecido,	Peso	<u>% de atrazina que penetrou e</u>
------------------	------	-------------------------------------

recebeu 280 ug/cm ²	(g/m ²)	atingiu o segundo tecido	
		Pó molhável	Suspensão Concentrada
100% algodão	222	5,0	6,1
50/50 PET/algodão	210	10,0	11,1
65/35 PET/algodão	180	21,7	22,2
100% PET (poliéster)	116	53,5	60,3
100% náilon	150	43,8	34,2
100% acrílico	140	43,5	50,9
100%olefina (Tyvek)	40	0,03	0,03

Na Tabela 3 estão apresentados estes resultados de Machado Neto (1990), onde verifica-se que o guarda-pó mais eficiente, o Tyvek, controlou 73,4% da exposição dérmica potencial das regiões do corpo que deveriam proteger. Seguiram-se o Non Woven 60, com 67,2%, o Gardman^R, com 58,6% e por último o Non Woven 40, com 31,5% de controle. Verifica-se que estes guarda-pós protegeram mais as partes do corpo onde ficam fixos ou são fechados, como braços, antebraços, tórax e frente das coxas. Porém, causam grande desconforto nestas regiões do corpo. Nas partes onde ficam abertos mas são confortáveis, infelizmente foram de baixa eficiência no controle da exposição dérmica potencial. Nas frentes e atrás das pernas e atrás das coxas eles praticamente não atuaram, pois os tecidos saem da frente dos locais que deveriam proteger. Isto ocorre principalmente devido à leveza dos materiais: qualquer vento ou o próprio caminhar do trabalhador foram suficientes para movê-los da posição original de proteção.

TABELA 3. Controle da exposição dérmica potencial (E.D.P.) de aplicadores de agrotóxicos com guarda-pós de

diferentes tecidos, na cultura estaqueada de tomate, na fase de colheita (Adaptado de Machado Neto, 1990).

Regiões do corpo	E.D.P (ml/h)	Eficiência dos guarda-pós (%)			
		Gardma n	Tyvek	N. W. 40	N. W. 60
Br. antebr.	+ 115,5	92,2	95,0	85,2	93,0
Tórax	36,2	71,8	66,0	59,1	65,2
Coxa frente	- 132,6	72,0	89,3	38,8	62,4
Coxa atrás	- 8,8	- 3,4	- 21,6	- 289,8	18,2
P. - frente	134,7	24,3	61,8	4,2	62,9
P. - atrás	22,8	17,1	- 12,3	- 41,2	13,6
Total	450,6	58,6	73,4	31,5	67,2

Obs.: o sinal - representa % de não controle.

Com o conjunto Gardman^R também foram utilizadas luvas de borracha de nitrila, cuja eficiência foi de 93,6%. Embora tenham proporcionado excelente proteção das mãos não controlaram totalmente a exposição.

A eficiência de botas de borracha impermeáveis foi avaliada por Abbott et al. (1987) durante aplicações do herbicida 2,4-D. Verificaram que mesmo usando botas de borracha, chegaram 2,9% da exposição dérmica potencial nas meias do tratorista, com o pulverizador de barras, e 2,2% nas meias do aplicador com o pulverizador costal manual, munido de barra de 1,00 m. No caso do tratorista trabalhando com o pulverizador de arrasto, estes autores constataram que 11,4% de contaminação potencial chegou em suas meias.

A proteção proporcionada por um avental de plástico impermeável também foi avaliada por Machado Neto (1990), ainda com o pulverizador tratorizado de mangueiras arrastadas,

pulverizando as plantas de tomate no início do ciclo, com altura média de 0,50 cm. Este EPI cobria toda a parte frontal do corpo, desde o pescoço até alcançar os pés. A exposição dérmica potencial, nesta condição de trabalho, concentrou-se nos membros inferiores, que receberam 91,5% da exposição total, notadamente nos pés. Com o avental, as exposições das partes que ele protegeu foram reduzidas de 22,7% para 2,5% da exposição total. Portanto, a eficiência deste avental foi de 89%. Considerando-se esta distribuição da exposição dérmica potencial nas regiões do corpo do trabalhador, verifica-se que ela pode ser controlada em até 90% com apenas o uso deste avental e de botas impermeáveis. Com estes dois EPIs apenas, pode-se tornar a condição de trabalho segura, quanto ao risco de uma intoxicação aguda, ao reduzir-se a exposição a níveis toleráveis. Além da segurança, estes dois EPIs são de uso suportável nas nossas condições de campo.

Acredita-se que com esta recomendação, proteção das partes mais expostas, não se está propondo o descumprimento da legislação específica sobre o uso de EPIs, pois, embora ainda exista a exposição tolerável, os EPIs também não oferecem eficiência total. Este fato foi constatado por diversos autores, que corroboram os resultados obtidos por Machado Neto (1990). Na recomendação de EPIs, deve-se considerar primeiramente o padrão de distribuição e a intensidade da exposição dérmica nas diversas partes do corpo, nas atividades específicas com os agrotóxicos.

A proteção da exposição respiratória está sendo realizada com máscaras semi-faciais de borracha, com filtros contra vapores orgânicos tóxicos. Entretanto, a exposição que ocorre, durante as aplicações no campo, é de gotas da pulverização de diâmetros superiores a 100 μ e não de vapores, pois a maioria dos produtos são de baixa pressão de vapor. As pequenas quantidades de vapores tóxicos que se formam são rapidamente dispersadas no ar atmosférico. Portanto, os filtros a serem utilizados devem ser para filtrarem partículas, ou seja,

as gotas das pulverizações. Entretanto, devem ser resguardados os casos de produtos que realmente proporcionam a formação de vapores tóxicos, que são a minoria.

As gotas ficam retidas nos pêlos do nariz ou ficam depositadas nos lábios e em torno da boca. As gotas que são filtradas no nariz e aí se alojam e podem ser engolidas, as que se depositam nos lábios podem ser lambidas, tornando-se exposição oral, e todas alcançam o trato gastrointestinal. Apenas as de diâmetros menores que 10 μ podem ser aspiradas (exposição respiratória).

Considerando-se estes aspectos, acredita-se que poderiam ser utilizadas máscaras semi-faciais para filtrarem partículas, ou gotas, e de preferência as descartáveis, a cada um ou dois dias de trabalho, para evitar usá-las contaminadas. Nas máscaras tradicionais troca-se apenas os filtros, a parte de borracha praticamente não é descartada e vai acumulando produtos com o uso. Ao serem usadas contaminadas, pois a descontaminação infelizmente não é uma prática comum neste meio, a pele do rosto fica exposta ao contato íntimo com os agrotóxicos contaminantes dessas máscaras. Nestas condições as máscaras não descartáveis podem tornar-se mais um fator de risco.

Diante destas informações, constata-se a grande e urgente necessidade de se desenvolverem EPIs mais específicos e apropriados às condições de campo. Isto facilitará o usuário no cumprimento da legislação de segurança e proteção desses riscos, através das medidas passivas de segurança.

6.5. Referências bibliográficas

ABBOTT, I. M.; BONSALL, J. L.; CHESTER, G.; HART, T. G.;
TURNBULL, G. J. Worker exposure to a herbicide applied

with ground sprays in the United Kingdom. **Am. Ind. Hyg. Assoc. J.** 48(2):167-175, 1987.

BONSALL, J.L. Measurement of occupational exposure to pesticide. In: TURNBULL, G.J. ed. **Occupational hazards of pesticide use**. London, 1985. p.13-33.

BRASIL. Portaria n. 3.067, de 12 de abril de 1988. **Diário Oficial da União**, Brasília, abr. 1988.

BRASIL. Lei n. 7802, de 11 de julho de 1989. **Diário Oficial da União**. Brasília, jul. 1989.

BRASIL. Decreto Lei n. 98.816, de 11 de janeiro de 1990. **Diário Oficial da União**. Brasília, jan. 1990.

BRASIL. Portaria n. 01, de 09 de dezembro de 1991. **Diário Oficial da União**. Brasília, dez. 1991.

BRONAUGH, R.L. In vitro methods for the percutaneous absorption of pesticides. In: HONEYCUTT, R.C.; ZWEIG, G.; RAGSDALE, N.N. eds. **Dermal exposure related to pesticide use – discussion of risk assessment**. Washington, 1985. p.33-41.

BROUWER, D.H.; BROUWER, D.; DE VREEDE, J.A.F.; DE MIK, G.; VAN HEMMEN, J.J. Respiratory exposure to field-strength dusts in greenhouse during application and after re-entry. **Annual Report**, TNO Health Research - Medical Biological Laboratory. 1990. p.183-184.

DURHAM W.F. & WOLFE, H. R. Measurement of the exposure of workers to pesticides. **Bull. Wld. Hlth. Org.** 26:75-91, 1962.

- FENSKE, R. A. Nonuniform dermal deposition patterns during occupational exposure to pesticides. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.** 19: 332-337, 1990.
- FREITAS, A. P. **Tecnologia de aplicação de herbicidas na cultura de cana-de-açúcar, na região de Orilândia – SP.** Jaboticabal, 1995. 31p. (Relatório de Estágio Curricular optativo apresentado à FCAV/UNESP – Campus de Jaboticabal para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo).
- GARCIA, E.G.; ALMEIDA, W.F. de. Exposição de trabalhadores aos agrotóxicos no país. **Rev. Bras. Saúde Ocup.** 72(19):7-11, 1991.
- GUIMARÃES, D. F. **Risco de intoxicação dos aplicadores de agrotóxicos na cultura de algodão (*Gossypium hirsutum* L.).**FCAV/ UNESP - Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, 1994. 56p. (Trabalho de Graduação).
- GUY, R.H.; HADGRAFT, J.; MAIBACH, H.I. Transdermal absorption kinetics: a physicochemical approach. In: HONEYCUTT, R.C.; ZWEIG, G.; RAGSDALE, N.N. eds. **Dermal exposure related to pesticide use – discussion of risk assessment.** Washington, 1985. p.19-31.
- HAYES, W. J. Recognized and possible exposure to pesticide. In: _____, ed. **Toxicology of pesticides.** Baltimore, 1975. p.265-310.
- MACHADO NETO, J. G. **Quantificação e controle da exposição dérmica de aplicadores de agrotóxicos na cultura estaqueada de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), na região de Cravinhos, SP.** UNESP/FCAV-

Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, 1990. 112p. (Tese de doutoramento).

MACHADO NETO, J. G. **Exposição dérmica potencial ao paraquat aplicado com pulverizadores costais manuais convencional e adaptados com medidas de segurança coletiva, eficiência no controle das plantas daninhas e seletividade para a cultura de milho (*Zea mays* L).** UNESP/FCAV- Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, 1992. 23. (Relatório Técnico).

MATHIAS, C.G.T.; HINZ, R.S.; GUY, R.H.; MAIBACH, H.T. Percutaneous absorption: interpretation of in vitro data and risk assessment. In: HONEYCUTT, R.C.; ZWEIG, G.; RAGSDALE, N.N. eds. **Dermal exposure related to pesticide use – discussion of risk assessment.** Washington, 1985. p.13-17.

RAHEEL, M. Pesticide transmission in fabrics - effect of particulate soil. **Bull. Environ. Contam. Toxicol.** 46:845-851. 1991.

REINERT, J. C.; NIELSEN, A. P.; LUNCHICK, C.; HERNANDEZ, O.; MAZZEFA, D. M. The United State Environmental Protection Agency's Guideline for applicator exposure monitoring. **Toxic. Letters**, 33:183-191. 1986.

SEVERN, D.J. Use of exposure data for risk assessment. In: SIEWIERSKI, M. ed. **Determination and assessment of pesticide exposure.** ELSEVIER, New York, 1984. p.13-19.

SMITH, L.W. Development of safe use practices for pesticides. In: SIEWIERSKI, M. ed. **Determination and assessment of pesticide exposure.** New York, Elsevier, 1984. p.39-52.

TURNBULL, G.L.; SANDERSON, D.M.; CROME, S.J. Exposure to pesticide during application. In: **Occupation hazards of pesticide use**. London, Taylor & Francis, 1985. p.35-49.

WHO. World Health Organization. Survey of exposure to organophosphorus pesticides in agriculture - standard protocol. **Document VBC/75.9**, Geneva. 1975.

WOLFE, H R.; DURHAM, W.F.; ARMSTRONG, J.F. Exposure of workers to pesticides. **Arch. Environm. Hlth.**, **14**:622-633, 1967.

WOLFE, H. R.; ARMSTRONG, J. F.; STAIFF, D. C.; COMER, S. W. Exposure of spraymen to pesticide. **Arch. Environ. Hlth**, **25**:29-31, 1972.

WORTHING, C. R.; HANCE, R. J. **The pesticide manual, a world compendium**. London, 9^a ed., The British Crop Protection Council, 1991. 1141p.

ZÓCCHIO, A. **Prática da prevenção de acidentes - abc da segurança do trabalho**. 4. ed. São Paulo, Atlas, 1980. 186p.

7.CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM PASTAGENS

Ernesto Eugênio Belotto¹



Diversos fatores contribuem para a baixa produtividade (capacidade de suporte média de 0,5 U.A./ha) e a dificuldade de manejo das pastagens brasileiras. Sem dúvida alguma, a infestação de plantas daninhas de folhas largas é um dos principais. Assim, a eliminação destas plantas daninhas é um problema com que todo pecuarista depara-se constantemente, já que a maioria do rebanho nacional é criada e mantida quase que exclusivamente no pasto.

O problema da invasão das plantas daninhas está ligado diretamente à grande capacidade que estas têm para competir com as gramíneas cultivadas como pastagem, pois levam uma série de vantagens nesta competição. Por exemplo: as sementes das plantas daninhas germinam desuniformemente, dificultando seu controle e permitindo a sucessão de várias gerações de plantas daninhas durante o ano. Além disso, uma vez germinadas as sementes, as plântulas das plantas daninhas tendem a crescer mais rápido que as das pastagens, desenvolvendo particularmente seu sistema radicular. Isto proporciona às plantas daninhas maior facilidade para captar água e nutrientes durante os períodos críticos e aumentar sua área foliar rapidamente. Vale também lembrar que muitos solos contêm inúmeras sementes de plantas daninhas que conservam sua capacidade germinativa por dezenas de anos.

A facilidade que as plantas daninhas têm de adaptar-se às mais diferentes condições (solo, clima, etc.) também facilitam sua competição com as pastagens. As plantas daninhas possuem um crescimento rápido desde os estágios iniciais até

o florescimento. Os frutos e sementes de algumas delas disseminam-se mediante estruturas de adaptação que

¹ Eng.-Agr., Área de Desenvolvimento de Mercado de Herbicidas para Pastagens, DowElanco Industrial Ltda, Rua 9 B nº 182, Apto 302, Edifício Don Orlando, Setor Oeste, 74410-120 - Goiânia, GO.

permitem sua dispersão para novas áreas por meio do vento, água, animais e até mesmo o homem. Embora a maioria das plantas daninhas se adaptem bem a todos os tipos de solo, existem algumas que competem melhor em solos ácidos e de baixa fertilidade. Além disso, as espécies perenes têm uma grande capacidade de regeneração através de qualquer fragmento (reprodução vegetativa).

7.1. Problemas causados pelas plantas daninhas em pastagens

Os fatores analisados anteriormente mostram porque as plantas daninhas são mais competitivas que as pastagens. Vamos analisar agora, os principais problemas causados pelas plantas daninhas: a competição direta por espaço, luz, água e nutrientes, além de outros problemas indiretos que também justificam o seu controle.

7.1.1. Competição por espaço

Segundo Velini (1987), a competição por espaço é de difícil quantificação e compreensão, podendo-se contudo, admiti-la quando uma determinada planta é forçada a assumir uma arquitetura que não lhe é característica. Não se encontrou nenhuma referência na literatura sobre a importância da

competição por espaço. No entanto, este é o tipo de competição mais percebido pelo pecuarista, pois onde está presente uma planta daninha, a gramínea forrageira não poderá tomar o seu lugar, causando uma diminuição no número de plantas desejáveis na pastagem. Neste aspecto a planta daninha também é muito favorecida pelo pastejo seletivo.

7.1.2. Competição por luz

A atividade fotossintética das plantas geralmente é bastante reduzida devido ao seu sombreamento. Assim, a habilidade de uma espécie em competir pela luz normalmente está bastante correlacionada com a sua capacidade de situar suas folhas acima das folhas de outras espécies; por conseqüência, normalmente ocorre uma correlação direta entre a habilidade de uma espécie competir por luz e o seu porte (Velini, 1987). Assim fica fácil perceber que as plantas daninhas de folhas largas apresentarão maior facilidade em competir com a pastagem devido à sua arquitetura particular.

7.1.3. Competição por água e nutrientes

A competição por água e nutrientes depende da espécie infestante, porém, aquelas com raízes superficiais muito desenvolvidas competem com maior agressividade com a gramínea forrageira, que apresenta sistema radicular fasciculado (Victória Filho, 1986). A competição será maior principalmente em situações em que a disponibilidade de água é limitada. Neste caso, as plantas daninhas de folhas largas infestantes de pastagens levariam vantagem sobre o pasto devido a sua maior capacidade de remoção de água do solo (sistema radicular mais desenvolvido). A baixa fertilidade natural da maioria dos solos ocupados por pastagens, aliada à

não utilização de práticas de adubação para a reposição de nutrientes, faz com que a competição por nutrientes se torne uma das mais importantes

7.1.4. Queda real da capacidade de suporte por área

A competição pelos fatores citados anteriormente provocam uma diminuição da produção de massa verde nas pastagens (quantidade de forragem disponível); conseqüentemente, a quantidade de animais por área deverá ser menor para não acelerar a degradação das pastagens.

7.1.5. Aumento do tempo para a formação das pastagens

A competição com as plantas daninhas provoca atraso no estabelecimento das gramíneas forrageiras, atrasando o desenvolvimento da parte aérea, do sistema radicular e reduzindo o perfilhamento. Em alguns casos há uma demora de até um ano para a plena utilização da capacidade de suporte da pastagem.

7.1.6. Ambiente propício ao desenvolvimento de parasitas externos

As plantas daninhas constituem importantes hospedeiros alternativos de pragas, moléstias, nematóides, ácaros, plantas parasitas e outros inimigos naturais das plantas forrageiras. Com isso, permitem as presenças de populações relativamente densas de inimigos naturais das forrageiras, mesmo em épocas em que as pastagens são destruídas pelo fogo, por estiagem ou por pastejo excessivo (Pitelli, 1989).

7.1.7. Ferimento nos animais

Diversas espécies de plantas daninhas apresentam espinhos e a sua presença nas pastagens, além de não permitir que o gado se alimente do capim nas suas proximidades, ainda causam ferimentos nos animais, principalmente nas tetas das vacas. Como exemplo destas plantas poderíamos citar algumas do gênero *Solanum* (joá e jurubeba), a Malícia ou Dormideira (*Mimosa pudica*) e o Arranha-Gato (*Acacia plumosa*).

7.1.8. Envenenamento por plantas tóxicas

Algumas plantas daninhas são extremamente tóxicas e a sua presença nas pastagens traz muitos problemas para os pecuaristas devido à perda de animais intoxicados. São exemplos destas plantas a *Palicourea marcgravii* (erva-de-rato) e a *Asclepias curassavica* (oficial-de-sala) que podem levar à morte um animal que ingira 700 e 1.000 mg de material vegetativo por quilo de peso vivo, respectivamente (Lorenzi, 1991). No Brasil, ainda não foi percebida a real dimensão do problema das plantas tóxicas. Nos EUA por exemplo, a importância dada a este problema é tanta, que existe um

programa para o controle de espécies tóxicas em pastagens no qual o governo subsidia uma parte do custo do herbicida utilizado pelos pecuaristas.

7.1.9. Riscos de erosão

A competição das plantas daninhas com as pastagens, aliado ao super-pastejo, reduz a cobertura do solo, expondo-o à erosão, o que degrada a sua fertilidade e a sua capacidade potencial de produção de forrageiras, além dos problemas ambientais decorrentes da erosão.

7.1.10. Comprometimento da estética da fazenda

Obviamente as preocupações com a estética da fazenda são bem menores do que a preocupação com os danos econômicos causados pelas plantas daninhas. Mas, num momento em que o preço da terra encontra-se em declínio, pastagens limpas ajudam a valorizar a propriedade.

7.2. Métodos de controle de plantas daninhas em pastagens

7.2.1. Controle cultural

Sem dúvida, o melhor método de controle de plantas daninhas é evitar o aparecimento delas. Para tanto, podemos utilizar o chamado controle cultural, que pode ser definido como qualquer prática de manejo que favoreça as gramíneas forrageiras e as ajudem a competir e dominar as plantas daninhas. Pereira (1990) cita alguns exemplos de controle cultural:

- a) utilizar sementes de forrageiras livres da presença de sementes de plantas daninhas na formação das pastagens;
- b) formar pastagens com espécies e/ou variedades adaptadas às condições locais;
- c) dividir os pastos para promover o pastejo rotativo;
- d) ajustar a carga animal de acordo com a disponibilidade de forragem do pasto;
- e) manter o gado em local restrito por 48 horas quando este vier de pastos com plantas daninhas sementeando, e
- f) efetuar adubação de manutenção de acordo com a análise do solo e recomendações de pesquisas regionais.

7.2.2. Fogo

O fogo é, na maior parte dos casos, um método pouco eficiente para o controle de plantas daninhas nas pastagens e, quando utilizado com frequência, causa sérios prejuízos, pois diminui o teor de matéria orgânica superficial, afeta os microorganismos do solo e não permite o acúmulo de umidade e nutrientes na camada superficial do solo. O uso do fogo intensifica a degradação das pastagens, além de afetar o meio ambiente pelas queimadas e aumento da erosão devido à maior exposição do solo. Em resumo, todos estes prejuízos sobrepujam qualquer possível vantagem do uso de fogo para reduzir a infestação de plantas daninhas.

7.2.3. Controle manual através do uso de enxadão (arranquio)

É um método muito lento e necessita grande quantidade de mão-de-obra, tornando-se caro e problemático. Deve ser realizado antes da floração e frutificação das plantas daninhas para evitar a multiplicação das sementes e, após a realização do trabalho, deve-se vedar o pasto para a recuperação do capim. É uma alternativa para tentar reduzir a infestação de algumas plantas daninhas de folha estreita e algumas plantas de cerrado que não são controladas economicamente por outros métodos.

7.2.4. Controle manual através do uso de foice (roçada manual)

É um dos métodos mais utilizados, embora este quadro venha mudando drasticamente após às mudanças na economia brasileira, que estão obrigando o pecuarista a adotar processos

voltados ao aumento da produtividade e redução de custos. A roçada manual não promove um controle eficiente das plantas daninhas, apenas poda a parte aérea sem afetar o sistema radicular. Assim, a maioria das plantas roçadas apresenta rebrotes vigorosos. Além disso, é um método bastante lento e necessita grande quantidade de mão-de-obra, cujo custo está crescendo. Em alguns pastos, dependendo das condições climáticas da área, há a necessidade de até duas roçadas anuais.

7.2.5. Controle mecânico através do uso de roçadeiras (hidráulicas ou de arrasto)

Apesar de apresentar um bom rendimento operacional e não necessitar de muita mão-de-obra, a utilização de roçadeiras apresenta várias desvantagens assim como a roçada manual, ou seja, também não controla efetivamente as plantas daninhas, permitindo rebrotes vigorosos. Além disso, não é um método seletivo, pois corta também o capim que deveria estar disponível aos animais. A utilização de roçadeiras também fica limitada a áreas destocadas e com topografia adequada.

7.2.6. Controle químico

O controle químico de plantas daninhas de folhas largas em pastagens consiste no uso de herbicidas e apresenta uma série de vantagens sobre os outros métodos descritos. Os herbicidas para pastagens geralmente são sistêmicos e seletivos, controlando efetivamente as plantas daninhas de folhas largas, eliminando tanto a parte aérea quanto o sistema radicular, sem afetar as gramíneas forrageiras. É um método rápido e necessita menor quantidade de mão-de-obra. A utilização de herbicidas, ao acabar com a competição causada pelas plantas daninhas, ajuda no aumento da produção de massa verde na pastagem,

com conseqüente aumento da capacidade de suporte. Após a limpeza das pastagens, é fundamental que se utilize boas práticas de manejo das pastagens para evitar a sua reinfestação e mantê-la produtiva por um longo tempo.

Ao se optar pelo controle químico, deve-se definir o herbicida e o método de aplicação mais eficiente, econômico e seguro para cada caso. Para isto recomenda-se levar em consideração os seguintes fatores:

- a) **verificar as condições da pastagem:** antes de se recomendar a utilização de herbicidas numa pastagem, é fundamental verificar se há um número suficiente de plantas forrageiras para tomar o lugar das plantas daninhas que serão controladas. Quando a pastagem está em adiantado estado de degradação, pode ser mais vantajosa a reforma do pasto;

- b) **identificar a planta daninha:** o primeiro passo para se definir um programa de controle de plantas daninhas em pastagens é a identificação das espécies infestantes. Com isso, poderemos conhecer suas características morfológicas, anatômicas, ecológicas, grau de agressividade, susceptibilidade aos herbicidas, etc.;
- c) **tipo de folhagem:** folhas do tipo coriáceo dificultam a penetração do herbicida nas aplicações dirigidas à folhagem. Assim, deve-se escolher um tipo de aplicação no qual este fator não determine o resultado da aplicação (aplicações no toco, por exemplo);
- d) **estádio de desenvolvimento:** o estágio de desenvolvimento da planta daninha interfere diretamente na eficiência das aplicações foliares de herbicidas sistêmicos. Este tipo de aplicação deve ser utilizado quando as plantas daninhas estão em pleno desenvolvimento vegetativo, pois a planta apresentará boa área foliar para a absorção do herbicida e haverá uma melhor translocação, o que ocorre durante o período chuvoso. Durante o florescimento e frutificação das plantas daninhas, a translocação até as raízes é bastante reduzida, sendo direcionada para as estruturas de reprodução (flores e frutos). Como o herbicida deve também atuar a nível radicular, aplicações foliares durante este estágio podem não obter o sucesso desejado, e
- e) **densidade de infestação:** é importante para a escolha do equipamento. No caso de aplicações foliares, quando a porcentagem de infestação é elevada, recomenda-se utilizar equipamentos tratorizados, desde que a topografia da área o permita.

7.2.6.1. Métodos de aplicação

- a) **Aplicação foliar:** é o tipo de aplicação mais utilizado, podendo ser realizada em área total ou localizada (também chamada “dirigida” ou “em catação”). A aplicação em área total é indicada para áreas extensas e/ou que apresentem infestações superiores a 40%. É feita através da utilização de pulverizadores tratorizados (“jatão” ou barra) ou aeronave agrícola (avião ou helicóptero). Os volumes de calda recomendados para as aplicações em área total são de 200 a 300 l/ha para pulverizadores tratorizados e não inferior a 40 l/ha no caso de uso de aeronaves. A aplicação localizada é recomendada para áreas pequenas e/ou que apresentem infestações inferiores a 40%, com cada planta distribuída isoladamente ao longo da pastagem ou quando ocorram apenas reboleiras de plantas daninhas. Neste caso a aplicação deverá ser feita utilizando-se um pulverizador costal manual ou pulverizador carregado por animal (burrojet). Recomenda-se molhar a planta daninha até próximo ao ponto de escorrimento. As aplicações foliares devem ser realizadas no período chuvoso (geralmente de outubro a março nas Regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Norte; na Região Nordeste, geralmente de maio a setembro). Para que a absorção do herbicida seja satisfatória, recomenda-se que as aplicações sejam feitas com temperaturas inferiores a 32°C e a umidade relativa do ar superior a 60%. A ocorrência de chuvas até quatro horas após a aplicação também pode influir na quantidade de herbicida absorvido;
- b) **aplicação no toco:** é uma aplicação recomendada para plantas resistentes às aplicações foliares ou para plantas suscetíveis que apresentem um porte muito elevado, o que exigiria grande quantidade de calda para molhá-la. Para se obter sucesso nas aplicações via toco recomenda-se roçar a planta daninha o mais rente ao

solo possível, rachando e/ou picando o toco sempre que possível. Para molhar o toco deve-se utilizar um pulverizador costal manual equipado com bico do tipo cone cheio ou cone vazio, desde que retirado o core. Deve-se encostar o bico do pulverizador rente ao toco e, com pressão mínima, aplicar a calda até o escorrimento. O herbicida deve ser misturado apenas a água, sem a adição de óleo diesel ou espalhante adesivo. O corte dos tocos em plantas que já sofreram roçadas anteriores deverá ser feito abaixo da nova brotação. Em plantas que apresentam um engrossamento do tronco abaixo do nível do solo, recomenda-se o uso do enxadão para se atingir esta área e então efetuar a aplicação até o encharcamento. A aplicação em plantas com caules muito finos também pode ser feita, desde que se aplique a calda sobre os tocos roçados e também na região do colo da planta daninha para aumentar a quantidade de herbicida absorvido. A operação deve ser feita em duplas, com um trabalhador cortando a planta daninha e outro fazendo a aplicação. É recomendável o uso de um corante adicionado à calda para marcar os tocos aplicados. Já está disponível no mercado um herbicida específico para aplicações no toco que possui corante na sua formulação. As aplicações de herbicida via toco podem ser feitas durante todo o ano, o que permite o aproveitamento da mão-de-obra que fica ociosa nas épocas mais secas do ano; e

- c) **aplicações via solo:** é feita através da utilização de herbicidas de formulação granulada (pellets). Os grânulos devem ser depositados ao redor do caule da planta daninha ou a lanço no caso de plantas espinhosas como o Espinho-Agulha (*Barnadesia rosea*), plantas que ocorrem em reboleiras como a Taboca (*Guadua angustifolia*) e no Gramão (*Paspalum notatum*). No caso das aplicações a lanço deve-se procurar espalhar os

grânulos da maneira mais uniforme possível dentro da reboleira, já que nos locais onde ocorre uma concentração maior do produto pode haver dano temporário às pastagens. As chuvas dissolvem os grânulos e o herbicida é absorvido pelas raízes da planta daninha apresentando uma translocação apoplástica. As plantas daninhas devem apresentar um bom desenvolvimento foliar, a aplicação não deve ser feita em plantas roçadas ou queimadas recentemente.

7.2.6.2. Situações de uso de herbicidas em pastagens

- a) **Aplicação no plantio/reforma de pastagens:** em pastagens recém-implantadas, geralmente ocorre a germinação de planta daninhas junto com a gramínea forrageira. Se o controle destas plantas não for realizado, a gramínea forrageira será abafada atrasando o seu desenvolvimento, principalmente do sistema radicular, além de diminuir o perfilhamento e o número de plantas forrageiras por metro quadrado. A competição das plantas daninhas atrasa o estabelecimento da gramínea causando uma demora de até um ano para se atingir a plena capacidade de suporte da pastagem. A planta daninha não controlada completará seu ciclo, sementeando e podendo provocar um aumento da infestação nos anos seguintes. A aplicação do herbicida nas pastagens reformadas deve ser feita aproximadamente 40 dias após a germinação das plantas daninhas de folhas largas. Neste caso, o uso de baixas doses do herbicida poderá ser suficiente para o controle. Ao eliminar a competição das plantas daninhas, o herbicida permite um rápido estabelecimento da pastagem, que se consolidará definitivamente em menor

tempo, permitindo a antecipação do pastejo pelos animais;

- b) **aplicação para limpeza de pastagens:** é uma aplicação de herbicida feita em pastagens já estabelecidas há algum tempo que apresentem infestação de plantas daninhas. A aplicação poderá ser feita em área total ou de forma localizada conforme a porcentagem de infestação. Se as plantas daninhas apresentarem um porte muito elevado, como plantas de Assa-Peixe (*Vernonia polyanthes*) com 2,00 m de altura ou plantas durante o estágio de florescimento, recomenda-se fazer uma roçada antes da aplicação e esperar que os rebrotes formem uma boa área foliar (normalmente 30 a 60 dias após a roçada) para então aplicar o herbicida. Este manejo de aplicação permite uma redução na quantidade de herbicida utilizado, além de garantir uma aplicação durante o estágio de desenvolvimento ideal da planta daninha. Quando as plantas forem resistente às aplicações foliares, recomenda-se a aplicação no toco ou via solo;
- c) **aplicação de manutenção:** após o controle das plantas daninhas em uma pastagem através do uso de herbicidas, recomenda-se adotar técnicas de manejo que evitem a reinfestação, bem como a reposição de nutrientes através de práticas de adubação. No caso da pastagem apresentar alguma reinfestação, recomenda-se realizar uma aplicação de manutenção, que consiste numa aplicação localizada, quando esta infestação e o porte das plantas daninhas ainda é pequeno. Neste caso o gasto com o controle é muito baixo, além de se evitar a queda de produtividade da pastagem.

7.2.6.3. Herbicidas mais utilizados em pastagens no Brasil

7.2.6.3.1. Aplicações foliares

- a) Picloram
 - Tordon* → 64 g/l de picloram + 240 g/l de 2,4-D.
 - Mannejo* → 40 g/l de picloran + 120 g/l de 2,4-D (em fase de registro).
- b) Fluroxypyr
 - Starane* → 200 g/l de fluroxypyr.
 - Plenum* → 80 g/l de fluroxypyr + 80 g/l de picloram (em fase de registro).
- c) Triclopyr
 - Garlon* → 480 g/l de triclopyr.

7.2.6.3.2. Aplicações no toco

- a) Picloram
 - Tordon* → 64 g/l de picloram + 240 g/l de 2,4-D.
 - Padron* → 240 g/l de picloram.

7.2.6.3.3. Aplicações via solo

- a) Tebuthiuron
 - Graslan* → 100 g/Kg de tebuthiuron.

7.2.6.3.4. Observações

As recomendações de uso de cada produto, tais como dose a ser aplicada, plantas daninha controladas, equipamentos e

volume de calda recomendados, época de aplicação e precauções no uso, podem ser encontradas no Catálogo de Produtos fornecido pelo fabricante.

* Marcas Registradas da DowElanco Industrial Ltda.

7.3. Referências bibliográficas

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil**: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais. 2. Ed., Nova Odessa, SP, Plantarum, 1991. 440p.

PEREIRA, J.R. Plantas invasoras de pastagens. Curso de pecuária leiteira. Coronel Pacheco, MG, EMBRAPA-CNPGL, 1990. 31p.

PITELLI, R.A. Ecologia de plantas invasoras em pastagens. In: Anais do Simpósio sobre Ecossistemas de Pastagens. Ed. V. Favoreto, L.R.A. Rodrigues. Jaboticabal, FUNEP, 1989. p.69-86.

VELINI, E.D. Matobiologia e matocompetição. In: Semana do Herbicida, 8. R. Osipe, Coord. Fund. Faculd. de Agronomia "Luiz Meneghel", Bandeirantes, PR. 1987. p. 281-304.

VICTORIA FILHO, R. Controle de plantas daninhas em pastagens. In: Pastagens na Amazônia. Ed. A.M. Peixoto, J.C. de Moura e V.P. de Faria. Piracicaba, FEALQ, 1986. p.71-90.

8. USO DE AVIAÇÃO AGRÍCOLA NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

Fernando Tadeu de Carvalho¹



As culturas agrícolas estão sujeitas ao ataque de pragas, doenças e ocorrência de plantas daninhas que dificultam o bom desenvolvimento das plantas cultivadas e suas produtividades. Em algumas situações, dependendo do tamanho da área e do grau de infestação do problema fitossanitário, faz-se necessário tomar uma medida de controle rápido, para que o dano não atinja níveis superiores aos aceitáveis.

Existem também situações, não agrícolas, que exigem aplicações rápidas de defensivos, como no caso de controle de vetores de doenças humanas, quando a epidemia já está instalada.

Nestas situações torna-se importante a utilização de aeronaves agrícolas. Entretanto, a aviação agrícola não pode ser vista somente sob o ponto de vista da rapidez. Existem outras vantagens, relativas à eficiência e à economia, que devem ser atribuídas à aviação agrícola, e situações em que este tipo de aplicação é imprescindível, como no caso de aplicação de maturadores em cana-de-açúcar.

O presente trabalho foi realizado com o intuito de apresentar as utilizações, as vantagens e as principais características da aplicação aérea de herbicidas, e apresentar a utilização do aparelho GPS na aviação agrícola.

8.1. Aviação agrícola

8.1.1. Histórico

A idéia do uso de avião na agricultura é quase tão velha quanto a

¹ Eng.-Agr., Dr., Prof. UNESP-Campus de Ilha Solteira, Caixa Postal 31, 15385-000 - Ilha Solteira, SP.

Própria aviação. Em 1911, Alfred Zimmerman, um guarda florestal alemão, enfrentando problemas de ataque de pragas em florestas, patenteou o uso de aviões para aplicação de pesticidas, e se tornou o pai da aviação agrícola. No entanto, não pode por em prática, pois não havia aviões para este fim, não havia pilotos treinados para esta prática e os produtos existentes na época necessitavam de grandes quantidades por área (alto peso) para serem eficientes.

Os defensivos existentes na época eram os compostos inorgânicos como os mercuriais e a calda bordalesa com ação fungicida, os arseniatos com ação inseticida, o ácido sulfúrico para o controle de plantas daninhas, e outros.

A primeira aplicação aérea acabou sendo realizada, nos EUA, no início da década de 1920, mais precisamente em 1922, quando se aplicou arseniato de cálcio como inseticida, na fórmula de pó seco, em árvores ornamentais. Logo em seguida utilizou-se a aviação agrícola, em escala maior, para o controle da lagarta-curuquerê. Em 1929 foi testada, com sucesso, a semeadura aérea de arroz em campos inundados.

Em 1945, após a segunda guerra mundial, havia grande quantidade de aviões sobrando, sucateado e a baixo preço. Havia também muitos pilotos treinados para vôo baixo, e surgiram os primeiros defensivos altamente eficientes com pequenas quantidades por hectare. Assim, após este período, grande quantidade de aeronaves passou a ser utilizada no setor agrícola.

No período de 1946 a 1948, grande número de acidentes foi observado com os aviões em atividade na agricultura. Os

acidentes ocorriam, principalmente, porque os aviões não eram desenvolvidos para este fim. As aeronaves, a maioria utilizada em treinamento militar, possuíam asas altas, que proporcionavam maior estabilidade ao vôo mas não permitiam a visibilidade ao piloto no momento das manobras, nos vôos baixos. Além disso, o tanque de defensivos era colocado atrás do piloto, de tal sorte que, no impacto, o piloto ficava prensado entre o motor do avião e o tanque de defensivos.

Entre 1948 e 1950, dois projetos de avião agrícola começaram a ser desenvolvidos nos EUA, o AG1 e o AG2. Os projetos visavam principalmente a segurança do piloto. Foram reunidas sugestões de operadores de todo o país. A partir daí a aviação agrícola passou a ter uma tecnologia toda própria.

No Brasil o primeiro uso oficial da aviação agrícola foi realizado em Pelotas - RS, em agosto de 1947, coordenado pelo Engenheiro Agrônomo Leôncio Fontelles, fazendo aplicação de inseticida contra o ataque de gafanhotos. O avião utilizado foi um Muniz 9 (biplano), com uma polvilhadeira adaptada, operado pelo piloto Clóvis Candiota.

Atualmente, no Brasil, estima-se a existência de 807 aviões agrícolas em atividade no país, sendo: 656 Ipanemas, 147 aviões importados e quatro helicópteros importados.

8.1.2. Protótipo atual do avião agrícola

As principais características dos aviões agrícolas modernos são:

- Asas baixas, que permitem maior visibilidade ao piloto nas manobras e balões.
- Nacele (cabine) resistente e alta, acima do nível do motor e tanque de defensivos.
- Posição do tanque de defensivos no centro de gravidade do avião, de modo que a variação do peso do produto, no depósito, não interfira no equilíbrio do avião.

- Posição do motor e tanque de defensivos à frente do piloto. Atrás do piloto não é colocado nenhum objeto (bateria, receptor do GPS, etc.) que possa atingi-lo em caso de impacto.
- Estrutura capaz de absorver energia em colapso progressivo.
- Estrutura tubular que, em caso de impacto, se curve e quebre para fora não atingindo o piloto.
- Cintos abdominais e dorsais. Fixação do assento rígida, o suficiente para resistir a impactos, sem se deslocar.
- Velocidade de estol, pelo menos, 20% menor do que a velocidade mínima de operação.
- Boa estabilidade de vôo.
- Motor com potência dimensionada para suportar o peso do avião carregado, voando a baixa velocidade (de 130 a 200 km/ h).
- Facão cortante de fios, localizado perpendicularmente à cabine, seguido de cabo de aço esticado até ao leme vertical fixo, para evitar acidentes com fios elétricos e cabos de alta tensão.

8.1.3. Evolução da frota

A Tabela 1 mostra a evolução da frota de aviões agrícolas no Brasil e o número de acidentes por ano. Observa-se que com o passar do tempo, a maior utilização de aviões agrícolas (não adaptados) proporcionou diminuições no número de acidentes.

TABELA 1. Número de aviões agrícolas no Brasil, entre 1971 e 1995, e número de acidentes ocorridos no período.

Ano	Número de Aviões	Número de Acidentes	% de Acidentes
1971	60	12	20,0
1972	65	18	27,7
1973	116	17	14,6
1974	150	28	18,7
1975	232	23	9,9
1976	296	39	13,2
1977	351	28	8,0
1978	379	26	6,9
1979	416	15	3,6
1980	449	19	4,2
1981	461	19	4,1
1982	479	20	4,2
1983	494	22	4,4
1984	515	31	6,0
1985	538	32	5,9
1986	559	18	3,2
1990	638	12	1,9
1991	661	12	1,8
1992	684	12	1,8
1993	718	11	1,5
1994	769	10	1,3
1995	789	9	1,1

Fonte: Revista Guia de Aviação Agrícola (1996).

8.1.4. Emprego da aviação

- → pessoas
- Transporte → carga
 - Militar
 - Esportivo
 - Outros → aviação agrícola
 - controle de vetores de doenças humanas e de animais
 - aerofotogrametria
 - observações meteorológicas
 - → de florestas repovoamento
 - de águas
 - estimativa da necessidade nutricional e potencial de produção de florestas
 - controle de fogo

AVIAÇÃO AGRÍCOLA

- Preparo do Solo → aplicação de dessecantes
- Semeadura → arroz
 - pastagem
- Tratos culturais → adubação de cobertura
 - adubação foliar
 - fitossanidade: → aplicação de herbicidas
 - aplicação de inseticidas
 - aplicação de fungicidas

- aplicação de fitorreguladores (ex.: matura-dor em cana-de-açúcar)
- Colheita → aplicação de dessecantes
- Reconhecimento de área agrícola para estimativa de preço
- Outros .

8.1.5. Vantagens e limitações da aviação agrícola

8.1.5.1. Vantagens

- a) Rapidez → avião: média de 70 ha/hora
→ equipamento terrestre: 8-12 ha/hora
Obs.: a aviação permite melhor aproveitamento do MIP.
- b) Independe da umidade do solo.
Obs.: dias muito chuvosos, quando as plantas daninhas crescem mais, não é possível entrar com equipamento tratorizado.
- c) Independe do tamanho e forma do vegetal
Obs.: equipamentos tratorizados sempre danificam o vegetal. Estima-se em pelo menos 3% os prejuízos à lavoura causados pelo pisoteio do equipamento terrestre.
- d) Independe da topografia.
- e) Evita a compactação

8.1.5.2. Limitações

- a) Inviável para pequenas áreas.
- b) Preço → avião: média R\$8,00/ha (depende do volume e do tamanho da área).
→ equipamento terrestre: R\$6,00/ha.
- c) Eficiência: é equivalente à das aplicações terrestres se seguidas as recomendações técnicas.
- d) Deve-se manter rigoroso programa de vistoria e reparos do aparelho.
→ troca de óleo a cada 50 horas e revisão a cada 100 horas.
- e) Turbulência: pode ser controlada com altura adequada de vôo, disposição de bicos e condições climáticas, conforme descrito no item a seguir.

8.1.6. Turbulência

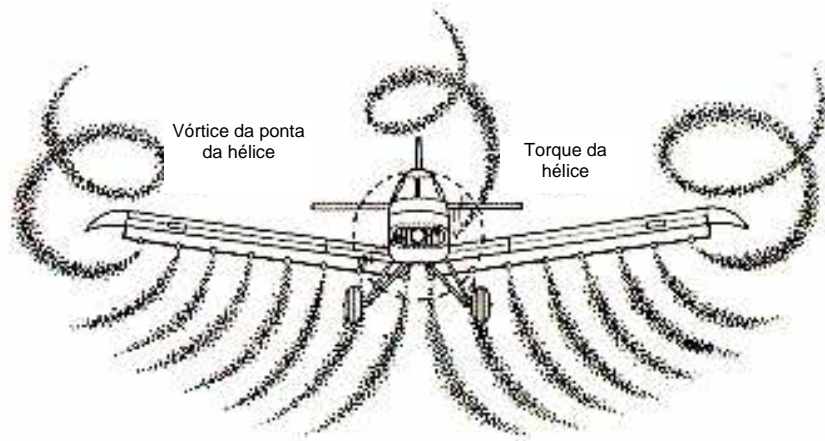
8.1.6.1. Noções de aerodinâmica

O aerofólio (asa) do avião é desenhado de tal forma que seu extradorso possui uma área superficial maior que o intradorso (Fig. 1).

Quando o bordo de ataque rompe uma camada de ar, o filamento que percorre o extradorso adquire uma velocidade maior do que o que percorre o intradorso (Fig. 2). O ar mais veloz, no extradorso, torna-se mais rarefeito, exercendo uma pressão menor. Este efeito pode ser explicado pela fórmula:

Pressão = Força/Área, onde o aumento da área, no extradorso, induz a uma pressão menor. Esta diferença de pressão, maior em baixo e menor em cima, é que dá a sustentação, ou seja, que possibilita o avião voar.

Apesar de necessária para a sustentação do avião, a diferença de velocidade dos filamentos de ar provoca um efeito indesejado para a aviação agrícola. Soma-se a este efeito, o fato de que os filetes de ar, que passam livremente pelo intradorso, tendem a fugir do corpo do avião (Fig. 3), enquanto que os filetes que passam aderido ao extradorso tendem a ser atraídos pelo corpo do avião (Fig. 4). Dessa forma, o fluxo de ar deixa de ser bidirecional, produzindo pequenos redemoinhos no bordo de fuga do aerofólio, que se juntam formando um redemoinho maior nas pontas das asas, denominado vórtice de ponta de asa. Além dos vórtices de ponta de asas, existe também o vórtice de hélice, que ocorre sob a fuselagem do avião (Fig. 5).



Fonte: Ozeki & Kunz (s/d).

FIG. 5. Efeito dos vórtices sobre a pulverização.

O efeito dos vórtices, sobre a pulverização, pode ser uma deposição muito irregular das gotas na faixa de aplicação e maior deriva. Para evitar o efeito negativo dos vórtices na pulverização, algumas regras devem ser seguidas.

MEDIDAS PARA EVITAR O EFEITO NEGATIVO DOS VÓRTICES

- 1) Fechamento dos bicos que sofrem o efeito dos vórtices
Do total de bicos existentes na barra deve se fechar de quatro a cinco bicos das extremidades próximas às pontas da asa e, três bicos alternadamente sob a fuselagem do avião. Dessa maneira, somente 70 a 80% da envergadura da asa do avião poderá ser aproveitada.
- 2) Vento mínimo de 3 km/h

O vento, no sentido transversal à linha do vôo (45 a 135 graus), em baixas intensidades, é benéfico à aplicação, auxiliando na dissipação dos vórtices e na formação da faixa efetiva.

3) Altura de aplicação

Aplicações rentes ao alvo ocorre uma reflexão da turbulência tornando a deposição totalmente irregular. A altura ideal, para a maioria dos casos, é de dois a quatro metros do alvo.

8.1.7. Recomendações para aplicações aéreas de herbicidas

8.1.7.1. Parâmetros da aplicação

Os volumes utilizados em aviação agrícola são divididos em categorias com diferentes designações. Segundo Johnstone & Johnstone (1977):

Volume Baixo (BV) = 20 a 50 l/ha
 Volume Muito Baixo (MBV) = 10 a 15 l/ha
 Volume Ultra Baixo (UBV) = < 5 l/ha

As recomendações para aplicações aéreas de herbicidas são:

Herbicidas	Pós-emergentes	Pré-emergentes	Hormonais
Volume (L/ ha)	BV ⇒ 20 - 40	BV ⇒ 20 - 50	BV ⇒ 20 - 50
Faixa de aplicação	15 m	15 m	15 m
DMV (μ)	200 - 400	400 - 500	500 - 600
Densidade	30 - 40 / cm ²	20 - 30 / cm ²	10 - 20 / cm ²
Altura de vôo	2 - 4 m	2 - 4 m	2 - 4 m
Pressão	20 - 40 psi	20 - 30 psi	20 - 30 psi
Bicos	bico cônico: D10 a 12, core 45	- bico leque: 80.15 - CP nozzle	- bico leque: 80.15 - CP nozzle
Posição dos bicos em relação à barra	135° a 180°	135° a 180°	135° a 180°

(Fig. 6)

8.1.7.2. Condições Climáticas

Os parâmetros climáticos limites para aplicação aérea são:

- Temperatura → máxima: 30°C
- Umidade relativa do ar → mínima: 55%

Condições de temperatura acima de 30°C e UR do ar menor que 55% estão mais sujeitas à evaporação das gotas pulverizadas. Quando não se respeita estas condições, acaba-se voando a alturas mais baixas, como forma de compensar as perdas; entretanto, a uniformidade da faixa de aplicação é prejudicada.

- Vento
 - máximo: 10 km/h (acima → a deriva passa a ser o fator limitante para a aplicação).
 - mínimo: 3 km/h (abaixo → inversões térmicas e correntes de convecção).

O vento, dentro dos limites estabelecidos, deve ser sempre um aliado da aplicação aérea. A direção do vôo deve ser, de preferência, perpendicular à direção do vento. Dessa forma, consegue-se uma deposição mais uniforme da aplicação e diminuição do risco de intoxicação de bandeirinhas e operadores.

Obs.: a utilização de óleo (mineral ou vegetal), como aditivo, em pulverizações aéreas de herbicidas, é benéfica no sentido de diminuir perdas de gotas por evaporação e deriva.

8.2. GPS (Global Positioning Systems)

8.2.1. Conceitos

GPS é um microprocessador adaptado a um sistema de captação de sinais de satélites e codificação em coordenadas terrestres.

O GPS pode fornecer precisão submétrica; no entanto, o Departamento de Defesa dos EUA limita propositalmente a precisão do cálculo, que provoca um erro de posicionamento de 40 a 100 metros.

O GPSD (diferencial) é uma estação que capta os sinais dos satélites, corrige o erro e retransmite os sinais para o GPS, com precisão, em torno de 1,00 metro.

8.2.2. Usos

8.2.2.1. Originalmente militar

8.2.2.2. Uso civil: em aviões, em navios, no transporte rodoviário, na agricultura

GPS NA AGRICULTURA

- Topografia.
- Plantadeira: balizamento e indiretamente mapeamento da área.
- Colhedeira: → balizamento e indiretamente mapeamento da área;
 - sensores na saída dos grãos marcam a umidade;
 - microprocessador padroniza a umidade dos grãos e calcula a produtividade/ha por faixa;
 - detectada áreas de menor produtividade é possível corrigir o erro para as próximas safras.
- Pulverizador terrestre.

GPS NA AVIAÇÃO AGRÍCOLA

O balizamento, para aplicações aéreas, pode ser feito pelos seguintes métodos:

- com bandeiras (“flagman”): para culturas de porte baixo;
- com balões de gás: para árvores (eucalipto, seringueira, etc.);
- tentativas anteriores nos EUA com o método “automatic flagmam”: piloto solta tiras de papel na faixa de aplicação e
- balizamento com GPS

Vantagens do balizamento com GPS:

- rápido: elimina perda de tempo precioso para locomoção de bandeirinhas até a área.
- seguro: elimina o risco de acidentes e contaminação de bandeirinhas.
- preciso: → elimina erros de marcação de bandeirinhas;
→ maior eficiência na emenda da faixa;
→ controle da velocidade de aplicação em relação ao solo;
- permite análise computadorizada da área para escolha do sentido mais favorável de aplicação;
- permite interromper o tiro no meio da lavoura e reiniciar no mesmo local;
- GPS informa no caso de entrar em faixa que já foi aplicada;
- permite análise posterior do vôo no computador;
- GPS mostra se alguma faixa não foi aplicada.
- econômico: → elimina bandeirinhas;
→ aumenta a produtividade.

- eficiente: aumenta a qualidade da aplicação pois permite aproveitar melhor os períodos de condições climáticas mais favoráveis, inclusive à noite.

8.3. Conclusões

A tecnologia de aplicação aérea de defensivos é caracterizada, principalmente, pela rapidez com que pode realizar o serviço. As outras características desta tecnologia são, sem dúvida, a economia e a grande eficiência, desde que seguidas as recomendações técnicas.

A utilização do GPS em aviação agrícola, eliminando os possíveis erros de balizamento, aumentará, ainda mais, a eficiência desta tecnologia.

Vale finalmente ressaltar que a agricultura está prestes a se deparar com a terceira fase de sua história. Após a agricultura antiga, atualmente conhecida como moderna, o mundo está entrando na fase da agricultura do futuro ou, como será chamada, "agricultura de precisão". O aparelho GPS é que irá permitir essa nova tecnologia, e essa fase será caracterizada pela eliminação do desperdício e maximização de produtividades.

O GPS é um instrumento que permite o aumento da qualidade dos serviços na agricultura. Sem dúvida, será imprescindível para as empresas agrícolas inscritas no programa ISO 9000. Atualmente, no Brasil, o GPS modelo Set Loc já vem sendo utilizado, com excelentes resultados, por algumas empresas de aviação agrícola.

8.4. Referências bibliográficas

AVIAÇÃO EM REVISTA. **Guia de aviação agrícola**. 5ª Ed., São Paulo, 1996. 56 p.

JOHNSTONE, D.R., JOHNSTONE, K.A. Aerial spraying of cotton in Swaziland. PANS, n.23, v.1, 1977. p. 13-26.

MATTHEWS, G.A. **Métodos para la aplicación de pesticidas.** México, CECSA, 1988. 366 p.

OKESI, Y., KUNS, R.P. **Manual de aplicação aérea.** Botucatu: Neiva - Ciba Agro, s/d. 46 p.

SANTOS, J.M.F. Parâmetros utilizados em aviação agrícola. In: **Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas.** Jaboticabal: FUNEP, 1985. p. 85-107.

SANTOS, J.M.F. **Aviação agrícola: manual de tecnologia de aplicação de agroquímicos.** São Paulo: Rhodia Agro, 1992. 99 p.

9. PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS: MISTURAS EM TANQUE

Kurt Gottfried Kissmann¹



As plantas úteis ao homem sofrem a concorrência ou são alvos de organismos e microorganismos que, de alguma forma, afetam sua produtividade ou podem mesmo provocar sua morte. Entre as muitas modalidades de proteção está o uso de compostos químicos, chamados produtos fitossanitários, defensivos agrícolas ou agrotóxicos. Os principais inimigos das plantas úteis se encontram em quatro

grupos: plantas daninhas, insetos, ácaros e fungos patogênicos. Raramente uma só espécie de agente afeta uma plantação. O normal é que diversas espécies ataquem ao mesmo tempo ou com pequena diferença cronológica. Assim, também as medidas de proteção precisam ser abrangentes ou, às vezes, concomitantes.

PLANTAS INFESTANTES

Constituem o grupo de problemas mais constante pois, desde que hajam condições para a germinação e desenvolvimento de uma planta útil, também existem condições para as invasoras, cujas sementes se encontram em número extraordinariamente grande no solo.

As plantas daninhas afetam as culturas, principalmente por competição. As próprias plantas invasoras estabelecem uma

competição entre suas espécies, com vantagem para as mais aptas. Quando se elimina uma espécie de infestante, o espaço aberto é logo ocupado por outras espécies. Assim, um controle muito seletivo não garante que uma cultura fique livre de competições, pois espécies não controladas se alastram e ocupam os espaços.

¹ Eng.-Agr., Consultor da BASF, Bloco C - Térreo, Estrada Samuel Aizemberg, 1707, 09851-550 - São Bernardo dos Campos, SP.

Herbicidas são os produtos que controlam as ervas daninhas. Nenhum herbicida, entretanto, é eficiente contra todas as espécies que podem ocorrer e ao mesmo tempo seletivo para a cultura.

Os herbicidas comerciais têm espectros próprios de atividade, que variam de produto a produto: alguns são mais gramínicidas, outros mais latifolicidas, etc.

É muito rara a lavoura na qual se pode controlar todas as plantas invasoras apenas com a aplicação de um único herbicida. Associação de métodos ou de produtos são uma constante.

INSETOS

Muitas espécies de insetos podem atacar uma lavoura. Geralmente há uma predominante ou mais agressiva, cujo controle é prioritário. Inseticidas geralmente tem um espectro amplo, mas os modos de ação dos produtos podem exigir tratamentos múltiplos. Por exemplo, alguns produtos têm ação por contato, outros por ingestão. Há produtos com rápida ação de choque mas com curto efeito residual e há outros com características inversas.

ÁCAROS

Poucos inseticidas são também acaricidas. Ácaros tendem a ser de controle mais difícil e com grande frequência desenvolvem biotipos resistentes. É muito comum a associação de um acaricida específico com um produto como o enxofre, ao qual não se conhecem casos de resistência.

DOENÇAS FÚNGICAS

As diversas espécies de plantas cultivadas são suscetíveis ao ataque de diversos grupos de fungos. Fungicidas preventivos, com ação de contato, geralmente apresentam um espectro maior de patógenos controláveis. Fungicidas sistêmicos, eficientes em doses baixas, tendem a ser mais específicos.

Alguns grupos de fungicidas modernos apresentam forte tendência a permitir o desenvolvimento de raças de fungos com resistência. A medida preventiva contra resistências mais importante é a combinação de ingredientes ativos, geralmente um sistêmico com um não sistêmico.

9.1. Controle por métodos químicos

O controle de problemas fitossanitários por métodos químicos é uma prática comum em todo o mundo. Os produtos e indicações de uso devem ser registrados nos órgãos competentes

No Brasil, o registro é expedido pelo Ministério da Agricultura.

9.1.1. Combinação de produtos

Na combinação de produtos da mesma classe (herbicidas, fungicidas, inseticidas ou acaricidas) podem ocorrer os seguintes efeitos:

- a) **efeito aditivo:** soma dos efeitos individuais de cada produto. Se os produtos são eficientes contra alvos diversos, obtém-se uma ampliação de espectro e geralmente não se pode reduzir as doses. Se os produtos tem eficiência contra os mesmos alvos, geralmente pode se reduzir a dose de um ou todos os componentes da combinação;
- b) **efeito sinérgico:** o efeito dos produtos combinados é maior que a soma dos efeitos individuais de cada um. No caso às vezes pode-se controlar um alvo que não é controlável por nenhum dos componentes isoladamente. Efeitos sinérgicos são bem mais raros do que normalmente se considera;
- c) **efeito antagônico:** o efeito da combinação de produtos é menor que a simples soma dos efeitos individuais. Por algum motivo um produto interfere negativamente na absorção, translocação ou atividade de outro e
- d) **efeito potencializado:** um produto que não apresenta efeito biológico por si, quando acrescentado a outro produto de efeito conhecido, potencializa tal efeito. Alguns adjuvantes tem efeito de potencialização para defensivos agrícolas.

9.1.2. Usos combinados de produtos fitossanitários

- a) **Herbicida + herbicida:** é o tipo de combinação mais freqüente, sendo que mais de 80% dos herbicidas em uso no Brasil são aplicados de forma combinada;

- b) **inseticida + inseticida:** combinação pouco freqüente, usada, por exemplo, para combinar efeito de choque de um produto com efeito residual de outro.
- c) **acaricida + acaricida:** o uso mais comum é de acrescentar uma formulação de enxofre nas caldas de acaricidas, para diminuir riscos de resistências ou para aproveitar seu efeito desalojante.
- d) **fungicida + fungicida:** é comum a associação de produtos sistêmicos com produtos de contato, para diminuir os riscos de resistência.
- e) **herbicida + inseticida, acaricida ou fungicida:** combinações de uso raro.
- f) **fungicida + inseticida ou acaricida:** é freqüente a necessidade de controlar doenças fúngicas e pragas na mesma época, especialmente em fruticultura e horticultura.

9.1.3. Tratamentos seqüenciais

Na ocorrência de dois ou mais problemas fitossanitários que não podem ser resolvidos com um só produto, uma prática pode ser o de efetuar tratamentos separados aplicando um produto de cada vez.

VANTAGENS

- Desde que as condições climáticas permitam, pode-se otimizar os momentos mais adequados para cada tratamento.
- Se os dois problemas não ocorrem em toda a lavoura, pode-se efetuar cada tratamento em área mais delimitada.
- Quando a compatibilidade (química, física ou biológica) é crítica, pode-se evitar problemas.

DESVANTAGENS

- Custos maiores, porque serão duas aplicações em vez de uma.
- Maior compactação do solo, por duas passagens das máquinas.
- Efetuado um tratamento, o clima pode mudar (chuva), impedindo o segundo tratamento.

9.1.4. Produtos já formulados com mais de um ingrediente ativo

Existem no mercado brasileiro diversos defensivos agrícolas apresentando dois ou mais ingredientes ativos em sua formulação.

VANTAGENS

- Maior espectro de agentes nocivos controláveis.
- Menor risco de erro na preparação das caldas.
- Diminuição de riscos de desenvolvimento de resistências.

DESVANTAGENS

- A combinação de ingredientes ativos depende da combinação de problemas que ocorrem num determinado momento.
- A proporção dos ingredientes não será ideal para todas os casos.
- Se um agricultor tem um produto combinando dois ingredientes ativos na fazenda, tenderá a usá-lo mesmo quando com um só tipo de ingrediente ativo poderia solucionar o problema existente, desperdiçando e jogando no ambiente um componente desnecessário.

- As revendas e mesmo os agricultores precisam ter um inventário maior de produtos, para atender situações específicas.

9.1.5. Misturas em tanque de produtos fitossanitários

A grande maioria das aplicações de defensivos agrícolas é feita por pulverização de caldas aquosas. Essas caldas são preparadas em tanques, geralmente acoplados ao equipamento pulverizador.

Caldas simples são formadas pela diluição de um só produto fitossanitário comercial na água, que serve como veículo. Frequentemente é acrescentado um adjuvante ou um fertilizante foliar. Caldas compostas são formadas pela diluição de dois ou mais produtos fitossanitários comerciais na água, com adição ou não de adjuvantes ou fertilizantes.

VANTAGENS

- Efetuando um único tratamento, há economia de tempo, permitindo que outras necessidades da lavoura também sejam atendidas.
- Há liberação de tratores para outras atividades.
- Menor compactação do solo, pela redução de passagem de máquinas.
- Há economia de custos, de mão-de-obra, combustível, desgaste de maquinário, etc.
- O tempo economizado permite tratar o dobro da área, o que ajuda para efetuar mais tratamentos dentro da época ideal.
- Se condições climáticas são instáveis, menor tempo significa menor risco de lavagem dos produtos aplicados por chuvas.
- Menor exposição dos operadores, diminuindo riscos toxicológicos.

- Podendo-se atacar diversos problemas fitossanitários ao mesmo tempo, há vantagens para o estado sanitário das culturas.
- Com menor estoque de produtos fitossanitários há mais opções para atender problemas diferentes que ocorrem na mesma época.

9.2. Objeções mais freqüentes a misturas em tanque

1. A combinação de produtos pode aumentar os riscos toxicológicos e dificultar os tratamentos.
 - Ver comentários no capítulo de riscos toxicológicos.
2. pela combinação de produtos pode ocorrer reação entre os ingredientes ativos, com formação de novos compostos.
 - Testes de compatibilidade química definem se há ou não reação entre os ingredientes ativos.
 - As reações de síntese química ocorrem em condições especiais, normalmente em reatores, sob influência de catalizadores, etc. Não é de um tanque de pulverizador, em calda altamente diluída, que se vai esperar reações de recombinação.
 - se a maior eficiência da mistura proviesse de um novo composto que se forma, essa molécula seria patenteável e seguramente as empresas fabricantes se apressariam em assegurar direitos.

9.3. Compatibilidade

Existem três aspectos a considerar:

- compatibilidade química dos ingredientes ativos;

- compatibilidade física das formulações e
- compatibilidade biológica nos tratamentos.

A compatibilidade pode ser relativa:

- compatível;
- totalmente incompatível;
- compatível por um determinado tempo e
- compatível ou incompatível sob determinadas condições.

A compatibilidade pode depender da concentração dos produtos. Quanto mais concentrada a calda, maiores as chances de incompatibilidade. Produtos fitossanitários sempre devem ser diluídos antes de uma mistura. Quanto maior a diluição, tanto melhor do ponto de vista de compatibilidade. A compatibilidade pode ser temporária. Quanto mais tempo a calda mista permanecer no tanque, maiores as chances de problemas.

9.4. Tabelas de compatibilidade

No passado era comum a publicação de “tabelas de compatibilidade”, entre produtos fitossanitários. Essas tabelas contemplavam apenas a compatibilidade química dos ingredientes ativos e, por não considerarem a compatibilidade física das formulações comerciais, criaram muitos problemas. Uma indicação “compatível” numa tabela podia resultar numa calda inviável para certas formulações. Atualmente não se publicam mais essas tabelas. A compatibilidade ou não deve ser especificamente declarada para cada tipo de mistura de produtos comerciais.

9.5. Riscos toxicológicos

Uma intoxicação por dois tipos de ingredientes ativos pode complicar o quadro e dificultar o tratamento médico. Isso, entretanto, pouco tem a ver com misturas em tanque.

Uma mistura em tanque é preparada do seguinte modo:

1. coloca-se uma quantidade de água no tanque
2. acrescenta-se o produto A
3. acrescenta-se depois o produto B.

Assim, uma mistura em tanque só existe de forma bastante diluída. Típica é uma preparação com 400 litros de água + 2 litros do produto A e 2 litros do produto B. Isso daria uma concentração de 1% de produtos fitossanitários, em água.

O risco mais alto de intoxicações ocorre quando há ingestão de produtos. Porém, para ingerir produtos misturados alguém teria que retirar a calda do tanque com um copo e beber. Até hoje desconhece-se qualquer antecedente dessa natureza.

A contaminação corporal se dá, de forma predominante, no momento da preparação das caldas.

Para uma mistura em tanque, dois produtos são despejados separadamente, um após o outro.

Contaminar-se duas vezes (dois produtos) é mais difícil que uma vez (um produto).

Como para a preparação deve-se usar equipamento de proteção individual, os riscos são mínimos e assim mesmo maiores para produtos isolados que para dois produtos a combinar.

A contaminação corporal durante a pulverização deve ser evitada com o uso de equipamento de proteção individual.

A inalação deve ser insignificante se forem observadas as medidas de precaução.

9.6. Margens de segurança

Na avaliação toxicológica de ingredientes ativos de produtos fitossanitários, os diversos testes são feitos com as espécies animais consideradas mais suscetíveis.

É observada qual a maior dose que, administrada por um longo período, ainda não produz efeitos adversos. Esses testes estabelecem a NOEL (Not Observed Effect Level).

Considerando que o homem pode ser mais sensível que os animais do teste, multiplica-se a NOEL por 10.

Considerando que entre os homens (crianças, debilitados, etc.) há indivíduos mais sensíveis, efetua-se outra multiplicação por 10.

Assim a NOEL multiplicada por 10 x 10 geralmente estabelece uma dose diária aceitável. Para certos produtos o fator de segurança que se estabelece é ainda maior que 100 vezes a NOEL.

Na combinação de produtos, mesmo que haja um sinergismo ou potencialização, o efeito teria que ser muito grande para se atingir uma NOEL e maior ainda para produzir uma intoxicação.

9.7. Resíduos

Desde que observado o maior intervalo de segurança dos produtos em questão, não há motivo para se considerar riscos diferentes se esses produtos são aplicados em conjunto ou separadamente.

A legislação de todos os países desenvolvidos estabelece intervalos de segurança para cada ingrediente ativo de produto fitossanitário. Até hoje nunca observamos qualquer recomendação de que se deva alterar esse intervalo porque o vegetal recebeu dois ou mais tratamentos diferentes, em conjunto ou separadamente.

9.8. Impacto ambiental

Do ponto de vista de impacto ambiental não há diferença entre dois produtos quimicamente compatíveis, aplicados em mistura de tanque ou aplicados separadamente.

9.9. Misturas em tanque

Pelas enormes vantagens que apresenta, essa prática é intensamente usada em todo o mundo. Nenhum país proíbe tal prática, mas países desenvolvidos têm o assunto regulamentado. Nos Estados Unidos, por exemplo, o EPA estabeleceu, em 1982:

- os alvos/culturas para as misturas devem estar incluídos nos registros dos produtos.
- As características químicas dos produtos envolvidos não devem provocar incompatibilidade ou potencialização.
- Não deve constar, nos rótulos dos produtos, proibição para a mistura pretendida.
- Os rótulos devem apresentar a recomendação específica para a mistura, incluindo o nome dos produtos, a percentagem de ingrediente ativo, o tipo de formulação, limitações de uso e precauções referentes ao produto de maior risco.

9.10. Aspectos legais no Brasil

Até 1985 era permitido que as empresas recomendassem nos rótulos dos seus produtos misturas diversas. Não haviam exigências a respeito.

Tornando-se um assunto polêmico, o Ministério da Agricultura oficiou às empresas uma determinação para a retirada das recomendações de misturas, nos rótulos.

A Lei 7.802 (1989) e o Decreto Regulamentador 98.816 (1990) não abordaram o assunto de misturas, mas foi estabelecido o receituário agrônomo.

Só podem ser receitadas prescrições de acordo com os registros nos quais não eram mencionadas misturas de produtos.

Misturas em tanque sempre foram e sempre serão uma realidade. Não podendo receitar as misturas, artifícios tiveram que ser usados para viabilizar o uso.

A responsabilidade recaiu sobre o agrônomo ou sobre o agricultor. Ambos não tem condição de conhecer todas as conseqüências possíveis.

A indústria sempre foi a favor de uma regulamentação racional. Se constante nos rótulos ou bulas, a responsabilidade recai sobre a empresa registrante.

O MAARA montou uma proposta e o assunto foi discutido em duas seções da Câmara Setorial de Produtos Fitossanitários, em Brasília, em 1994.

A Câmara Setorial (participação do IBAMA, Ministério da Saúde e outras entidades) aprovou o uso regulamentado das misturas.

O MAARA editou a Portaria nº 67, em 30/05/95, regulamentando as misturas de tanque.

Houve contestação da AENDA que, com apoio da Procuradoria da República, conseguiu uma suspensão da Portaria nº 67 por seis meses, para reestudo, com argumentos de que da forma como está redigida, exigindo recomendações por marcas comerciais, levaria a reservas de mercado.

Sendo essas reservas apenas hipotéticas e considerando não ser tecnicamente viável recomendar misturas apenas indicando ingredientes ativos, bem como não tendo havido uma justificativa consistente para o cancelamento da Portaria nº 67, o Ministério da Agricultura considerou essa Portaria novamente em vigor depois de transcorrido o período de suspensão.

Hoje, recomendações de misturas em tanque estão sendo normalmente registradas.

9.11. Portaria nº 67, de 30/05/95

O Secretário de Defesa Agropecuária, no uso das atribuições que lhe conferem o art. 78, item VII do Regimento Interno desta Secretaria, aprovado pela Portaria Ministerial nº 212, de 21 de agosto de 1992, e

Considerando que a prática de mistura de agrotóxicos ou afins em tanque constitui técnica agrônômica utilizada mundialmente com êxito;

Considerando que a utilização dessa mistura propicia redução nos custos da produção, aumenta o espectro de controle de pragas, reduz a contaminação ambiental e o tempo de exposição do trabalhador rural ao agrotóxico;

Considerando que a matéria foi amplamente recomendada no âmbito da câmara setorial de produtos fitossanitários, a qual é constituída por representantes de setores governamental e não governamental, e

Considerando ainda que a prática de mistura em tanque previne o uso indiscriminado de agrotóxicos, propiciando a prescrição em receituário, resolve:

Art. 1º - a mistura em tanque de agrotóxicos ou afins registrados no Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, será permitida desde que observadas as disposições desta portaria.

Parágrafo único - entende-se por mistura em tanque a prática de associar, imediatamente antes da aplicação, agrotóxicos ou afins necessários ao controle de alvos biológicos que ocorrem simultaneamente, para os quais não se obtenha eficácia desejada com um único produto.

Art. 2º - as culturas, materiais ou locais, cuja mistura em tanque seja indicada, deverão estar incluídos nos registros dos produtos agrotóxicos ou afins a serem misturados.

Parágrafo único - quando a mistura de agrotóxicos ou afins em tanque, controlar outros alvos biológicos não alcançados pelos produtos individualmente, poderão ser incluídas recomendações técnicas referentes ao controle desses alvos biológicos nos respectivos registros, desde que comprovadas através de ensaios de eficácia agrônômica.

Art. 3º - os agrotóxicos ou afins recomendados para mistura em tanque, deverão ser indicados por suas marcas comerciais, incluindo os tipos de formulações e suas concentrações.

Parágrafo único - a mistura em tanque envolvendo produtos de empresas diversas, somente será autorizada mediante anuência das empresas detentoras dos respectivos registros.

Art. 4º - os agrotóxicos ou afins recomendados para a mistura em tanque, não deverão apresentar características de incompatibilidade físico-química nessa modalidade de aplicação.

§ 1 - para os produtos a serem utilizados em mistura em tanque e indicados por marcas comerciais, a empresa registrante deverá apresentar ao órgão registrante laudos técnicos de laboratórios oficiais ou credenciados, que comprovem a ausência desta incompatibilidade

§ 2 - a empresa registrante da mistura deverá informar, nas limitações de uso, os casos de antagonismo.

Art. 5º - as recomendações técnicas de misturas de agrotóxicos ou afins em tanque deverão obedecer às instruções de uso aprovadas nos registros dos respectivos produtos, quanto às doses registradas, aspectos de saúde pública e do meio ambiente.

Parágrafo único - para misturas em tanque, a empresa registrante poderá recomendar doses inferiores às registradas,

desde que comprovadas através de resultados de ensaios de eficácia agronômica.

Art. 6º - não será permitida a mistura em tanque de agrotóxicos ou afins que possuam contra-indicação para esta modalidade de aplicação, contida no rótulo ou bula.

Art. 7º - deverá constar no rótulo e bula de agrotóxicos e afins a recomendação técnica específica para a mistura em tanque pretendida, indicando as marcas comerciais, incluindo os tipos de formulações, dos produtos a serem misturados, instruções de uso, observando que as precauções de uso a serem adotadas devem referir-se ao produto de maior risco toxicológico e ambiental.

Parágrafo único - para efeito de orientação médica nos casos de acidentes, deverá constar no rótulo e na bula que em casos de suspeita de intoxicação, deve ser procurada assistência médica, levando os rótulos ou as bulas dos respectivos produtos.

Art. 8º - para efeito de prescrição de mistura em tanque na receita agronômica, deverão ser observadas sempre as indicações técnicas relacionadas ao produto com maior intervalo de segurança, precauções de uso e equipamentos de proteção individual, referentes ao produto de maior risco toxicológico.

Art. 9º - para agrotóxicos ou afins utilizados em mistura em tanque é permitida a apresentação comercial dos produtos em embalagens conjugadas, inclusive embalagens retornáveis, nas formas adequadas a cada caso.

Art. 10 - a empresa registrante interessada em recomendar a mistura em tanque deverá requerer a inclusão das recomendações técnicas de acordo com a portaria n. 457/snad de 10/12/90 e portaria nº 84/sda de 09/05/94.

Art. 11 - esta portaria entra em vigor 90 dias a partir de sua publicação.

Enio Antonio Marques Pereira

RELATO Nº 1: PROBLEMAS E SOLUÇÕES NO CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NO MS E MT

Waldemar Sanchez¹
Domingos Zandonade¹

Pesquisa realizada junto aos colaboradores da BASF S.A. sediados nas doze principais regiões de agricultura nos estados de Mato Grosso e do Mato Grosso do Sul indicaram:

Principais plantas daninhas no Mato Grosso do Sul: *Sorghum arundinaceum* (SORAR); *Rottboelia exaltata* (ROOEX); *Bidens pilosa* (BIDPI); *Bidens subalternans* (BIDSS); *Euphorbia heterophylla* (EPHHL); *Commelina benghalensis* (COMBE); *Ipomoea grandifolia* (IPQGR); *Brachiaria decumbens* (BRADC); *Digitaria horizontalis* (DIGHO); *Pennisetum americanum* (PESSS); *Digitaria insularis* (DIGIN); *Sida rhombifolia* (SIDRH); *Brachiaria plantaginea* (BRAPL); *Cenchrus echinatus* (CCEC).

Principais plantas daninhas em Mato Grosso: *Pennisetum americanum* (PESSS); *Brachiaria decumbens* (BRADC); *Digitaria horizontalis* (DIGHO); *Cenchrus echinatus* (CCEC); *Digitaria insularis* (DIGIN); *Hyptis suaveolens* (HYPSU); *Ageratum conyzoides* (AGECO); *Tridax procumbens* (TRQPR); *Ipomoea grandifolia* (IPQGR); *Desmodium tortuosum* (DESTO); *Euphorbia heterophylla* (EPHHL); *Commelina benghalensis* (COMBE); *Sida rhombifolia* (SIDRH); *Acanthospermum australe* (ACNAU).

No Mato Grosso do Sul, as plantas daninhas que estão em maior crescimento são SORAR, ROOEX e BRADC. SORAR é o principal sorgo invasor presente no Estado, sendo que também ocorre a presença de *S. sudanense* e sorgo vassoura. Em muitas áreas, no início do aparecimento de sorgos como

invasora, estes foram confundidos como *S. halepense*, porém em poucas áreas esta espécie foi identificada. ROOEX, inicialmente concentrada na região de Ponta Porã e posteriormente em

¹ Eng.-Agr., Desenvolvimento de Produto e Mercado, BASF S.A.

em Dourados, atualmente está infestando diversas regiões produtoras do sul do Mato Grosso do Sul. BRADC sempre foi problema nas regiões de cerrado, pois as áreas produtoras anteriormente eram pastagem. Nos últimos anos, porém, com o aumento do plantio direto em áreas de pastagem esta gramínea tem assumido grande importância em praticamente todas as regiões. No Sistema Plantio Direto sobre pastagem esta espécie tem assumido papel de destaque como invasora e como cobertura de solo.

Picão-preto, que até poucos anos era classificado como BIDPI, recentemente detectou-se a presença de *B. subalternans*. Na maioria das áreas, principalmente no norte do Mato Grosso do Sul, em uma observação criteriosa observa-se infestação dessa espécie e, em muitas propriedades, superior a de BIDPI.

Em áreas onde o plantio da soja é feito após pastagens de vários anos de implantação, a presença de SIDRH ocorre em elevada infestação. Bom controle desta planta daninha nas primeiras safras irá determinar boa convivência nos anos seguintes.

Com o início do plantio direto no cerrado e o uso de milheto (PESSS) como cobertura vegetal, essa espécie passou a ser invasora para a cultura subsequente.

Algumas plantas daninhas, principalmente TRQPR, HYPUSU, AGECO, ACNAU, DESTO, BRADC e DIGSA, são de ocorrência localizada nas regiões norte do MS, Primavera do

Leste, Campo Verde, Rondonópolis e norte do MT. Essas invasoras são determinantes nos programas de controle de plantas daninhas e escolha dos herbicidas usados pelos produtores.

Plantas daninhas de comum ocorrência nos dois Estados, em áreas de vários anos de cultivo e de grande importância quando se busca um eficiente controle de plantas daninhas, são: COMBE, IPQGR, DIGHO, EPHHL, BRAPL e CCHEC.

Para os problemas de gramíneas, a BASF oferece o herbicida POAST, que apresenta eficiência comprovada pelos produtores e pela pesquisa. Para as dicotiledôneas que ocorrem nas regiões produtoras de grãos dos Cerrados, na culturas de importância econômica, a BASF conta com uma ampla linha de herbicidas BASAGRAN, BLAZER SOL, DOBLE, SANSON, U-46 D-FLUID (2,4-D) e GESAPRIM 500, que proporcionam eficiente controle e boa relação custo/benefício para os produtores.

RELATO Nº 2: ALTERNATIVA EFICIENTE NO MANEJO DA RESISTÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS

Luís Francisco Weber¹
Marco Tadao Fujino¹
Claudio A. Silveira¹

Manejo de resistência

Estão sendo diagnosticados casos de resistência de plantas daninhas a herbicidas, na cultura de soja. Nesses casos, uma das soluções é certamente o uso de misturas pré-emergentes, de grupos químicos diferentes em sua forma de ação, que, além de eficientes, podem ser adaptados à infestação de cada área.

Outra maneira de prevenir resistência é a alternância de produtos de modo de ação diferente .

BORAL = SENCOR:

Herbicida pré-emergente, com amplo espectro de controle, tanto para mono como para dicotiledôneas da cultura da soja.

É a mistura de 350 g de Sulfentrazone com 360 g de Metribuzin.

Modo de ação

Sencor: Inibidor de fotossíntese.

Boral: Ruptura da membrana celular.

Resíduo para culturas subseqüentes:

O uso de Boral + Sencor não deixa resíduos que possam afetar as lavouras de safrinha.

É apresentado em embalagem germinada ("TWIN PACK"), contendo 0,7 l de Boral 500 SC + 0,75 l de Sencor 480 SC - equivalente à dose para 1 ha, o que facilita a dosagem.

¹ Equipe de Pesquisa e Desenvolvimento, BAYER S.A.

Invasoras problemáticas: controladas por boral + sencor

Monocotiledôneas: Capim-colchão, Capim-carrapicho e Trapoeraba.

Dicotiledôneas: Amendoim-bravo, Carrapicho-de-carneiro, Corda-de-viola, Desmodium, Erva-de-touro e Picão-preto.

Além dessas invasoras importantes, Boral + Sencor possui o maior espectro de ação do mercado de herbicidas para soja, pelo efeito complementar-aditivo da mistura.

Forma de aplicação: pré-emergente, pós-plantio

Em uma única aplicação, sem necessidade de incorporação resolve um problema importante, que é a mato-competição já a partir da emergência da cultura, quando esta é mais prejudicial ao rendimento da soja, prolongando sua ação até o fechamento completo da cultura, permitindo a colheita no limpo. Na aplicação pós-plantio, normalmente há umidade do solo ideal para a ação de pré-emergentes.

Uso em plantio direto

Boral + Sencor é indicado também para o plantio direto, podendo ser usado em mistura com o dessecante, ou após a dessecação.

As informações expressas nos textos contidos nesta
publicação são de inteira responsabilidade
de seus autores
