



PALESTRAS

**XXII Congresso Brasileiro da
Ciência das Plantas Daninhas**

Foz do Iguaçu/PR - 3 a 6 de junho de 2000

XXII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS

PALESTRAS

**Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil,
03 a 06 de junho de 2000**

FICHA CATALOGRÁFICA

C749p
2000

Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas
(22.:2000 : Foz do Iguaçu, PR)
Palestra... Londrina, PR: SBCPD, 2000
p.199

1. Plantas Daninhas - Congresso. I. Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. II. Título. III. XXII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas.

CDD. 22. ed. 632.5806

**SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS
GESTÃO 1997 - 2000**

DIRETORIA

PRESIDENTE: Robinson Antonio Pitelli
1º VICE- PRESIDENTE: João Baptista da Silva
2º VICE- PRESIDENTE: Robert Deuber
1º SECRETÁRIO: Dionisio Luiz Pisa Gazziero
2º SECRETÁRIO: Luiz Lonardoní Foloni
1º TESOUREIRO: Benedito Noedi Rodrigues
2º TESOUREIRO: Pedro Jacob Christoffoleti

CONSELHO CONSULTIVO

Robinson Osipe
Filipe D'Avila M. B. Guimarães
Florindo Orsi Junior
Luiz Fernando Amaral
Edison Hidalgo
Antonio João Batista Galli
Mario J. E. Von Zuben

CONSELHO FISCAL

Ricardo Victória Filho
Nilson Gilberto Fleck
Adelino Pelissari

SUPLENTES

Jesus Juarez Oliveira Pinto
Roberto J. C. Pereira

REPRESENTANTES REGIONAIS

Região Norte: José Ferreira da Silva
Região Nordeste: José Eduardo Borges de Carvalho
Região Centro-Oeste: Francisco de Assis Rolim Pereira
Região Centro-Sul: Nestor Gabriel da Silva
Região Sul: Robson Oliveira de Souza

XXII CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS

COMISSÃO ORGANIZADORA

Presidente: Benedito Noedi Rodrigues – IAPAR / Londrina
Vice-Presidente: Robinson Osipe – FFALM / Bandeirantes
1º Tesoureiro – José Pereira da Silva – IAPAR / Londrina
2º Tesoureiro – Walter Miguel Kranz – IAPAR / Londrina
1º Secretário – Plácido José de Oliveira – PJ EVENTOS / Curitiba
2º Secretário – Francisco Skora Neto – IAPAR / Ponta Grossa

COMISSÃO PARA CAPTAÇÃO DE RECURSOS

Benedito Noedi Rodrigues – IAPAR / Londrina
Dionisio Luiz Pisa Gazziero – EMBRAPA / Londrina
José Pereira da Silva – IAPAR / Londrina
Marçal Zuppi da Conceição – ANDEF / São Paulo
Plácido José de Oliveira – PJ EVENTOS / Curitiba

COMISSÃO TÉCNICA

Adelino Pelissari – UFPR / Curitiba
Benedito Noedi Rodrigues – IAPAR / Londrina
Dionisio Luiz Pisa Gazziero – EMBRAPA / Londrina
Dorival Vicente – COODETEC / Cascavel
Francisco Skora Neto – IAPAR / Ponta Grossa
Jamil Constantin – UEM / Maringá
João de Lima – IAPAR / Londrina
José Carlos Vieira de Almeida – UEL / Londrina
Robinson Osipe – FFALM / Bandeirantes
Walter Miguel Kranz – IAPAR / Londrina

APRESENTAÇÃO

É com imensa satisfação que a Comissão Organizadora do XXII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas e a Diretoria da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, coloca à sua disposição esta publicação contendo os textos das palestras proferidas. Trata-se do fruto do esforço de inúmeros pesquisadores, docentes e colegas, dedicados à CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS.

Agradecemos a todas as instituições e empresas que colaboraram com o evento, principalmente ao IAPAR, EMBRAPA, FFALM, UEL, UEM, UFPR, COODETEC, ANDEF, DOW AGROSCIENCES, MONSANTO, HOKKO, FMC, ZENECA, AVENTIS, MILENIA, BASF, NOVARTIS, IHARABRAS e SEPRO.

Esclarecemos que a responsabilidade técnica dos trabalhos é dos seus autores .


Benedito Noedi Rodrigues
Presidente da Comissão Organizadora

SUMÁRIO DAS PALESTRAS

N	PALESTRA	AUTOR	PAG.
01	Modelagem nas interações plantas daninhas x cultivadas	Pedro J.Christoffoleti	01
02	Agricultura de Precisão	Ulisses Antuniassi	25
03	Segurança na aplicação de herbicidas	Marçal Z. da Conceição	46
04	Impacto ambiental do uso de herbicidas	Luiz L. Foloni	49
05	Uso de herbicidas no contexto do Mercosul	Kurt. G. Kissmann	92
06	Herbivoria	Wulf Schmidt	117
07	Controle de plantas daninhas aquáticas	Edivaldo D. Velini	137
08	Controle de plantas daninhas em cana crua	Edivaldo D. Velini	148
09	Plantas daninhas resistentes a herbicidas	Ribas A. Vidal	165
10	Plantas transgênicas e sua importância na alimentação	Vânia M. Cirino	183

MODELAGEM NAS INTERAÇÕES PLANTAS DANINHAS X CULTIVADAS

PEDRO JACOB CHRISTOFFOLETI Professor Doutor do Departamento de Produção Vegetal, Área de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

TELMA PASSINI Pesquisadora do Instituto Agronômico do Paraná, IAPAR, Bolsista CNPq, aluna do curso de Pós-graduação da ESALQ/USP em Agronomia, área de concentração Fitotecnia, nível de Doutorado.

1. RESUMO

Os estudos de competição entre culturas e plantas daninhas podem ser usados para previsão das perdas de produtividade das culturas causadas pelas plantas daninhas e para determinar o nível ótimo de controle ou os períodos críticos de controle. A competição é um fenômeno complexo, regulado por fatores biológicos, ambientais, edáficos e principalmente pela proximidade entre os indivíduos em competição. A proximidade entre os indivíduos é regulada essencialmente pela densidade das plantas, proporção entre as espécies em competição e arranjo espacial entre os indivíduos. Esses três fatores são de fundamental importância para o entendimento do processo competitivo de forma mecanística, podendo a importância de cada um ser determinada por diversos métodos experimentais. Neste tópico, cada método é descrito destacando-se suas vantagens e desvantagens. Esta revisão também tem como objetivo, relacionar os tipos de modelos desenvolvidos para quantificar as interações entre plantas daninhas e culturas e citar as possibilidades de uso desses modelos para melhorar os sistemas de manejo das plantas daninhas.

Palavras chaves: planta daninha, competição, modelos matemáticos

2. ABSTRACT

Weed and crop competition studies can be used to predict yield losses from weed presence and to determine optimum levels of control and critical period of competition. Competition is a complex phenomenon that is controlled by biological, environmental, edaphic and mainly by proximity among plants in competition. The factors of proximity include plant density, species proportion, and spatial arrangement among individuals. These three factors are important to understand the competition process in a more mechanistic way, and the importance of each can be determined through several experimental methods. In this topic, each method is described listing the advantages and disadvantages of using them. This literature review has also the objective to show the kinds of models developed to quantify the interaction among plants and weeds, through mathematical models and cite the possibilities of applying these models in the improvement of weed management systems.

Keywords: weed, competition, and mathematical model.

3. INTRODUÇÃO

A competição entre plantas é parte fundamental na ecologia dos vegetais. A palavra competição é oriunda do latim "competere" que significa pedir ou lutar por alguma coisa que alguém também esteja requisitando. Existem referências sobre competição das plantas daninhas com as cultivadas desde épocas muito remotas, tais como as encontradas na Bíblia, (ESc: São Mateus, II:3-7, "e quando semeava, uma parte da boa semente caiu sobre os espinhos: e cresceram os espinhos, e estes a afogaram"). A literatura é rica em estudos de competição que quantificam os efeitos de uma espécie vegetal sobre outra; no entanto, nenhum deles explica a competição e os mecanismos pelos quais ela ocorre.

O manejo de plantas daninhas é um dos problemas chave na maioria dos sistemas agrícolas, sendo o uso de herbicidas um dos principais fatores que permitiram a intensificação da

agricultura e colocação do paraquat no mercado brasileiro na década de 70, responsável pela expansão do sistema de plantio direto no país. No entanto, a necessidade de reduzir custos, a conscientização para a preservação ambiental e, mais recentemente, a preocupação com o aparecimento de espécies de plantas daninhas aos herbicidas, resultaram em uma busca pela racionalização do uso desses produtos. Nessa busca o interesse se voltou para o manejo de populações de plantas daninhas. Porém, o desenvolvimento de sistemas de manejo para controle de populações de plantas daninhas requer amplo conhecimento das interações entre as plantas daninhas e a cultura durante a safra corrente, mas também, o conhecimento da dinâmica das populações de plantas daninhas de uma safra para outra.

No Brasil são raros os trabalhos de pesquisa que fornecem ao mesmo tempo, dados para o estabelecimento de sistemas de produção, envolvendo rotações e consórcios de culturas, e dados de controle ou de alterações nas populações de plantas daninhas em função dos sistemas utilizados. Recentemente, foram publicados resultados de alterações no banco de sementes devido ao efeito de determinados tratamentos.

Neste capítulo será abordado aspectos referentes a perspectivas correntes nos estudos de competição entre plantas e uso de modelos matemáticos para avaliação da competição. Um objetivo é revisar os métodos usados para estudo de competição em agricultura, e descrever nosso entendimento das associações planta daninha/planta cultivada com base ecológica. O segundo objetivo é relacionar os tipos de modelos desenvolvidos para quantificar as interações entre plantas daninhas e cultura, e citar as possibilidades de uso desses modelos para melhorar os sistemas de manejo de plantas daninhas. É importante ressaltar que a maioria dos exemplos e situações descritas nesta revisão não são relacionados com a cultura da cana-de-açúcar, pois não foram encontrados exemplos disponíveis para esta cultura.

4. MÉTODOS DE ESTUDOS DAS INTERAÇÕES COMPETITIVAS

A determinação das interações competitivas entre espécies de plantas requer delineamentos experimentais e métodos de análise apropriados (Roush et al., 1989). Estas interações competitivas são afetadas por diversos fatores. Pietelli (1985) relata um modelo esquemático destes fatores através de uma adaptação do modelo de Bleasdale (1960). Dentre os fatores ligados à comunidade infestante, a densidade de plantas é sem dúvida um dos mais importantes, de tal forma que quanto maior for a densidade da comunidade infestante, e portanto maior a quantidade de indivíduos que disputam os mesmos recursos do meio, mais intensa será a competição sofrida pela cultura.

Nas áreas de produção agrícola, a densidade das plantas cultivadas é mantida constante, ao passo que a densidade das plantas daninhas varia de acordo com o grau de infestação encontrado no local. Desta forma, ocorre logicamente uma variação da proporção entre a densidade de espécies daninhas e da cultura. Assim, é importante, nos estudos de competição, não apenas medir a influência da densidade no processo competitivo, mas também a importância da variação na proporção entre as espécies.

Segundo levantamento feito por Zimdahl (1980) em mais de 600 trabalhos científicos publicados sobre competição de plantas daninhas com culturas, todos eles quantificam a interferência que as plantas daninhas provocaram nas culturas, sem se preocupar com a compreensão do processo de competição. No Brasil, a maioria das pesquisas sobre competição entre plantas daninhas e cultivadas determinam o período crítico de competição (Christoffoleti, 1988). Existem diversas metodologias usadas para estudar a competição entre plantas (Roush et al. 1989); no entanto, deve-se destacar a importância em se utilizar delineamentos experimentais e metodologias de análise que procurem entender o processo competitivo de forma mecânica, e não apenas quantificar as perdas. Para exemplificar, pode-se citar Christoffoleti & Victoria Filho (1996) desenvolveram uma pesquisa no Brasil com o objetivo principal de descrever as interações

competitivas e os índices de competitividade entre plantas de milho (*Zea mays* L.) e caruru (*Amaranthus retroflexus*). O experimento foi conduzido segundo o método substitutivo, e analisado através do método da produção recíproca. O milho foi um competidor muito mais agressivo que o caruru, sendo que para a planta cultivada a competição intraespecífica foi muito mais importante que a competição interespecífica. O contrário é verdadeiro para o caruru, ou seja, a competição interespecífica é mais importante que a intraespecífica.

Qualquer pessoa interessada em conduzir uma pesquisa na área de competição entre plantas, independente de seu objetivo, deve conhecer as metodologias apropriadas, sendo importante analisar as vantagens e desvantagens de cada um e sua aplicação. Assim, a seguir, são descritos os principais métodos: aditivo, substitutivo e sistemático.

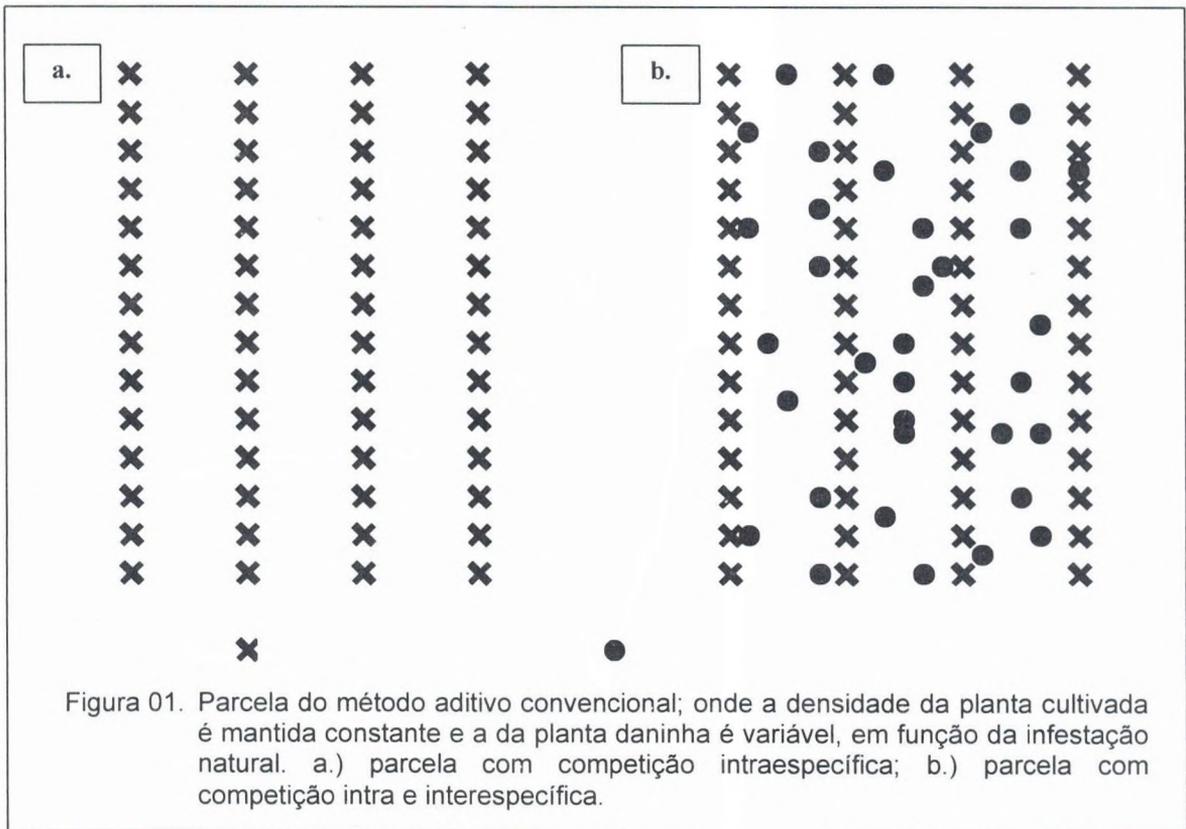
4.1. Método aditivo

Uma descrição detalhada sobre os experimentos aditivos, além de outros delineamentos experimentais pode ser encontrada em Haper (1977) e Oliver e Buchanan (1986). No experimento aditivo várias espécies convivem numa mesma área. A densidade de uma delas é mantida constante e da outra é variável. Normalmente, a cultura é mantida na densidade recomendada e constante em todos os tratamentos, ao passo que a densidade das plantas daninhas é variável. Existem diversas variações do método aditivo: convencional, parcelas pareadas, área de influência e microparcelsas.

4.1.1. Método aditivo convencional

A densidade da cultura é mantida constante enquanto que a densidade das plantas daninhas é variável (figura 01), normalmente a infestação natural da área experimental. Neste caso não se analisa o efeito da competição individual de cada espécie daninha mas o efeito competitivo da comunidade de plantas daninhas como um todo, sobre a cultura.

O método aditivo convencional é o principal tipo de experimento utilizado para quantificar as perdas de produtividade em função do período de competição. Na figura 02 podem ser observados os resultados de um experimento para se determinar o período crítico de competição entre a cultura da cana-de-açúcar e a comunidade de plantas daninhas que ocorreu naturalmente na área.



Com relação ao período de competição existem duas perguntas que normalmente são feitas. A primeira refere-se ao efeito que a planta daninha causa se esta germina juntamente com a cultura e deixada conviver com a cultura por um determinado período? Depois disso a cultura é mantida livre de competição pelo resto do ciclo. A segunda refere-se ao efeito quando a cultura é

mantida livre da competição das plantas daninhas desde a emergência até um determinado período, e depois as plantas são deixadas desenvolver pelo resto do ciclo da cultura? Normalmente este tipo de resposta tem sido obtido através deste método descrito. Segundo Christoffoleti (1988), para a região Centro-Sul do Brasil, o período crítico de competição entre as diversas modalidades de cultivo da cana-de-açúcar e as plantas daninhas ocorre da seguinte maneira: cana-planta ciclo de 12 meses (30 ao 90 dias após o plantio), cana-planta com ciclo de 18 meses (30 aos 120 dias após o plantio) e cana-soca (30 aos 60 dias após o plantio).

Dentre as vantagens de utilização deste método experimental de estudo da competição entre plantas destacam-se: a.) pode ser instalado em condições normais de campo; b.) excelente

PERÍODO DE CONVIVÊNCIA	% DE PERDAS
30 dias após o plantio	0,9
60 dias após o plantio	10,2
90 dias após o plantio	34,5
120 dias após o plantio	78,9
todo o ciclo	83,4
PERÍODO DE CONTROLE	
30 dias após o plantio	37,0
60 dias após o plantio	11,7
90 dias após o plantio	2,4
120 dias após o plantio	1,8
todo o ciclo	0,0

Período crítico de controle das plantas daninhas, 30 a 90 dias após o plantio

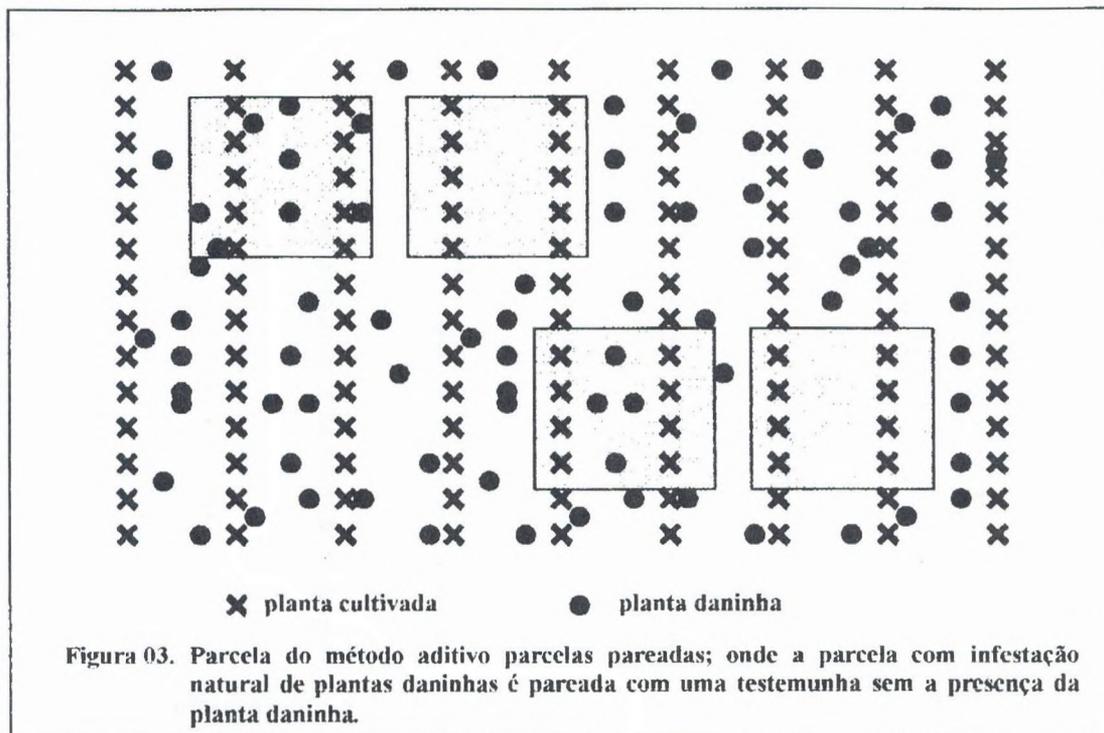
Figura 02. Período crítico de competição entre plantas daninhas e a cultura da cana-de-açúcar, plantio de ano, com ciclo de 12 meses (Rolim & Christoffoleti, 1982.).

para determinação do período crítico de competição; c.) condução bastante fácil do ensaio; d.) podem ser estudado vários tipos de espaçamento entre linhas das culturas. Como desvantagens podem ser listadas: a.) é muito difícil determinar as relações específicas de competição entre as plantas; b.) sem nenhum controle da densidade e proporção total das plantas daninhas: b.1.) é impossível interpretar os efeitos isolados das densidades e proporção das plantas daninhas presentes; b.2.) é impossível separar o efeito da competição intra da interespecífica.

4.1.2. Método aditivo parcelas pareadas

É feito através da colocação de uma parcela com cultura sem a presença da planta daninha ao lado de uma parcela em competição. É usado principalmente para eliminar a variabilidade de infestação das plantas daninhas em uma área. As plantas daninhas normalmente infestam as áreas de cultura de uma forma bastante desuniforme, na forma de reboleiras principalmente. Assim, quando uma experimentação de competição é feita em uma área, uma única testemunha não representa a infestação em toda a área. Desta forma, a colocação de uma testemunha ao lado de cada parcela elimina o erro que a desuniformidade de infestação pode causar (figura 03).

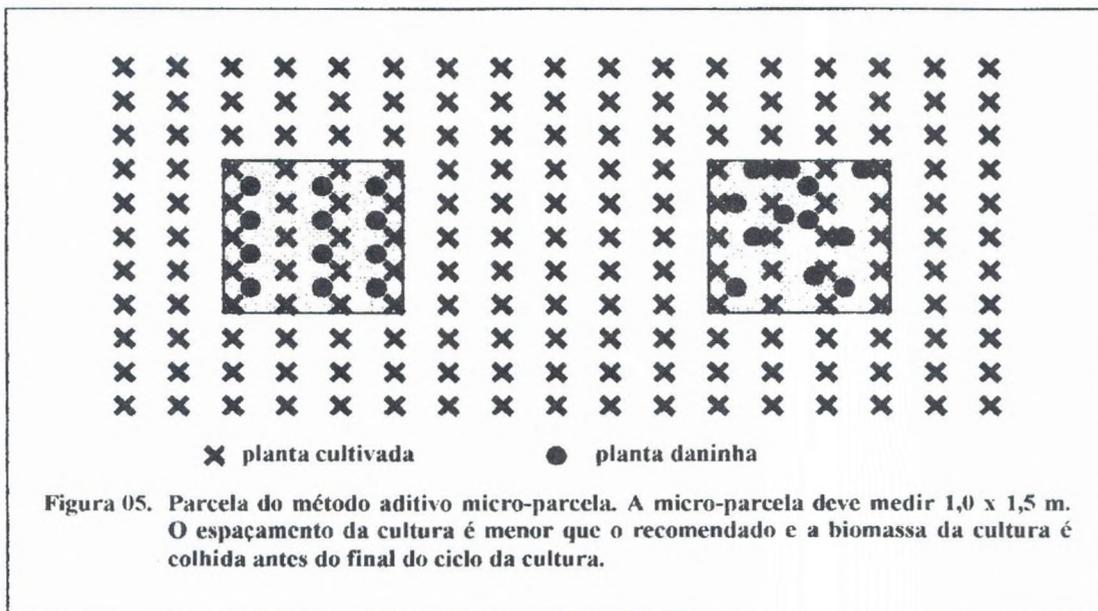
Vantagens do método aditivo das parcelas pareadas: a.) usado para áreas com grande variabilidade na infestação e com plantas daninhas perenes; b.) menor variabilidade experimental; c.) não há necessidade do controle da densidade; d.) menor trabalho para a condução do ensaio. Desvantagens do método a.) densidade das plantas daninhas variam durante a condução do ensaio; b.) não existe controle da densidade das plantas daninhas, e portanto não é possível medir a variação intra e interespecífica entre as espécies estudadas.



4.1.3. Método aditivo área de influência

Este é um método mais utilizado para avaliar o efeito individual de cada planta daninha na cultura. As plantas daninhas são espaçadas de tal forma que não existe competição intraespecífica. As plantas daninhas são dispostas criteriosamente a distâncias de 2 a 3 metros entre si, e a planta cultivada em seu espaçamento normal. Na colheita final do experimento são avaliadas as plantas individuais da cultura em intervalos regulares de distância da planta daninha, normalmente a 0; 12,5; 25; 50; 75 e 100 cm de cada lado da planta daninha. O esquema apresentado na figura 04 mostra como deve ser executado a instalação do experimento. Este delineamento experimental encontra-se descrito de forma detalhada no experimento desenvolvido por Goldberg e Werner, 1983.

4.1.4. Método aditivo microparcela



Este método possibilita analisar a biomassa da cultura e das plantas daninhas em pequenas parcelas. A cultura é plantada em espaçamento mais estreito que o recomendado e as plantas daninhas são semeadas nas microparcelas, uniformemente ou aleatoriamente, porém a uma densidade definida (figura 05). A análise da biomassa permite a determinação da competitividade ou índice de competição das várias espécies de plantas daninhas. O esquema representado na figura 05 mostra a disposição das parcelas no campo.

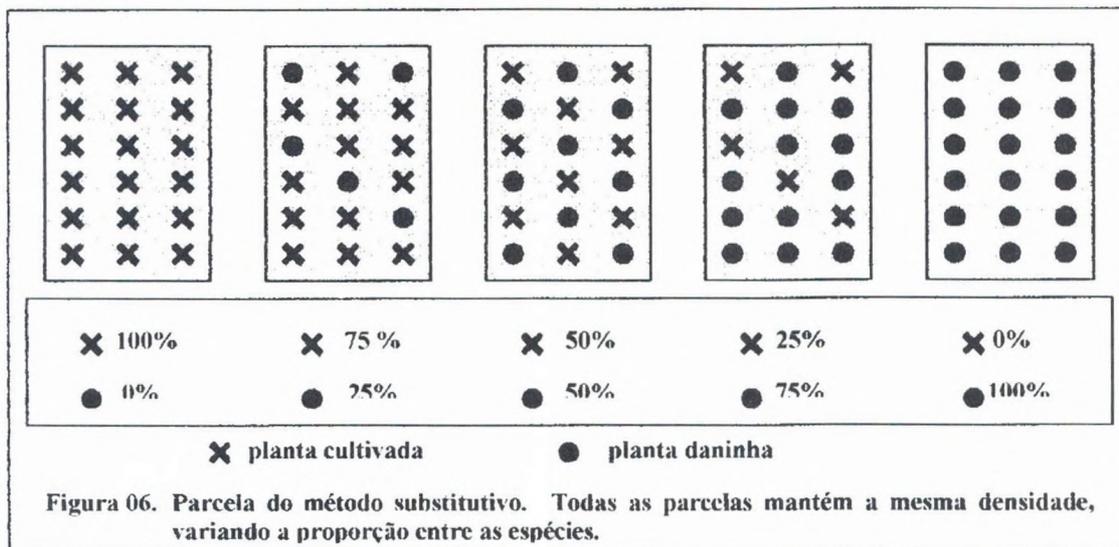
Como vantagens do método pode ser ressaltado: a.) utiliza área pequena; b.) maior quantidade de dados para um grande número de espécies e em um curto espaço de tempo; mais econômico para sua instalação no campo. As desvantagens são: a.) não é diretamente aplicável para soluções reais de campo; b.) produção final das parcelas não é avaliada; c.) necessita de verificação da relação entre a redução de biomassa e produtividade.

4.2. Método substitutivo

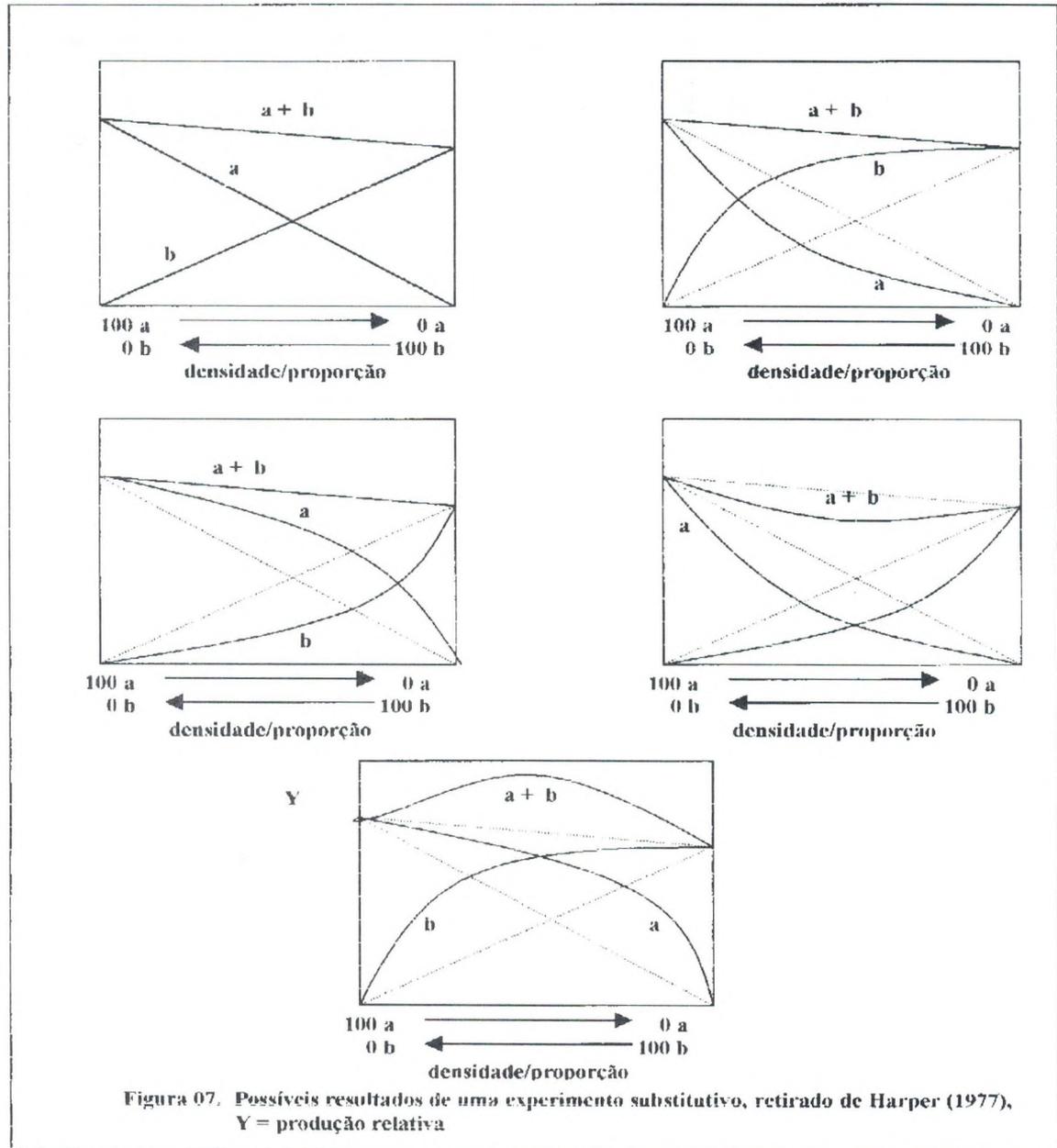
Os experimentos substitutivos são delineados de tal maneira que existe um controle da densidade e proporção das espécies em estudo (Harper, 1977 e Wit, 1960), mantendo constante a densidade e variando as proporções das duas espécies (figura 06). Neste tipo de experimento assume-se que a densidade total das plantas é suficientemente grande para satisfazer a chamada "lei da produção final constante", ou seja, a produção de biomassa por unidade de área é independente da densidade das plantas naquela área.

A interpretação dos dados de um experimento substitutivo resulta na medida da competitividade das espécies baseada na resposta relativa da produção de biomassa pela variação da proporção (Harper, 1977, McGilchrist & Trenbath, 1974 e Wit & Van Den Berg, 1965). É possível calcular equações matemáticas e representações gráficas onde se estabelecem índices de competição intra e interespecífica e de diferenciação de nicho ecológico (Spitters, 1983 e Joliffe et al. 1984).

A figura 07 representa os possíveis resultados da mistura de duas espécies em competição. É importante que este tipo de experimento seja conduzido em uma densidade total que esteja na faixa da produção final constante, ou seja na capacidade de suporte do ambiente (Radosevich, 1987 e Roush et al. 1989).



A interpretação dos resultados de um experimento substitutivo pode ser feita de duas formas distintas. A primeira é chamada de convencional, onde é usada a produção relativa de cada espécie em relação à monocultura. Na figura 07, no modelo I, a interpretação é de que a habilidade de cada espécie em interferir entre si é equivalente; isto é, cada espécie contribui para a biomassa total produzida na proporção direta de sua presença na mistura. Nos modelos IIa e IIb, uma espécie é mais agressiva que a outra e contribui mais que o esperado para a produção total, enquanto que a outra contribui menos que o esperado. Isto é o modelo de competição. Nas duas combinações, uma curva é côncava e a outra é convexa, indicando que a interação entre as espécies é pelos mesmos recursos e que uma espécie é mais agressiva na conquista destes recursos que a outra. No modelo III nenhuma das espécies contribui com a quantidade esperada de biomassa para a biomassa total. A produção das duas espécies na mistura é menor que aquela obtida quando as duas espécies são cultivadas isoladamente. Este tipo de modelo representa um antagonismo mútuo e a produtividade máxima só é obtida com as monoculturas.



Benefícios mútuos são obtidos no modelo IV pois ambas as espécies na mistura produzem mais do que o esperado nas monoculturas. Este modelo é chamado de simbiose, embora pode também ser interpretado que as espécies não tem grande sucesso em evitar uma a outra. Este tipo de situação pode ocorrer entre planta daninha e cultura, mas o ideal é que isto ocorra em uma consorciação de culturas. Uma vez que, nos experimentos substitutivos, a densidade total das plantas é mantida constante enquanto que as proporções é que variam, então, estas duas variáveis são confundidas durante a análise dos dados proveniente dos experimentos. O arranjo espacial entre as plantas é uniforme. Desta forma, diversas informações podem ser derivadas à partir do estudo da interação entre as espécies em estudo. Na Ciência das Plantas Daninhas é possível estudar as tendências na mudança populacional das espécies, além da agressividade entre as espécies nos agroecossistemas. A segunda forma de interpretação dos dados de experimentos substitutivos é derivada de Joliffe et al. 1984, que permite a quantificação da contribuição da competição intra e interespecífica entre as espécies em mistura. Este tipo de análise foi derivada da curva de produção de biomassa em função da densidade descrita por Hozumi et al. (1956) e Shinozaki & Kira (1956) (citados por Roush et al. 1989), e com pequenas modificações por Wit (1960). Para uma espécie, a equação de resposta da produção em função da densidade das plantas formam:

$$\frac{Y}{Y_{\max}} = \frac{N}{(K_n + N)}$$

e da forma linearizada recíproca dupla:

$$\frac{1}{Y} = \frac{1}{Y_{\max}} + \left(\frac{K_n}{Y_{\max}}\right)\left(\frac{1}{N}\right)$$

Nestas equações, Y é produção/unidade de área, Ymax é a máxima produção obtida com um determinado estande de plantas em que a produção final é constante, N é a densidade das plantas, e Kn representa a densidade em que 50% da produção final constante (Ymax) é atingida. Por analogia, quando duas espécies estão em mistura temos a equação linear da seguinte forma:

$$\frac{1}{Y_1} = A_{1,0} + B_{1,1} \times \frac{1}{N_1} + B_{1,2} \times \frac{1}{N_2}$$

Onde $A_{1,0}$ = Ymax da espécie 1 em monocultura, $B_{1,1}$ = coeficiente de competição intraespecífica da espécie 1 e $B_{1,2}$ = coeficiente de competição interespecífica entre as espécies 1 e 2. Da mesma forma a equação da espécie 2 é:

$$\frac{1}{Y_2} = A_{2,0} + B_{2,1} \times \frac{1}{N_1} + B_{2,2} \times \frac{1}{N_2}$$

Através destas equações pode-se então calcular os seguintes índices:

Competitividade da spp1 (C_1), da espécie 2 (C_2), e o índice de diferenciação de nicho ecológico respectivamente:

$$C_1 = \frac{B_{1,1}}{B_{1,2}} \quad C_2 = \frac{B_{2,2}}{B_{2,1}} \quad IDN = \frac{C_1}{C_2}$$

Dentre as vantagens do método substitutivo destacam-se: a.) ideal para elaboração de modelos matemáticos de competição entre plantas; b.) normalmente é utilizado em estudos de casa-de-vegetação; c.) excelente para determinação da competitividade das espécies de plantas daninhas; d.) excelente para determinação de parâmetros específicos de competição entre plantas. Como desvantagens podem ser citados: a.) não é diretamente aplicável aos problemas de controle das plantas daninhas; b.) muito difícil de ser conduzido em condições de campo.

4.3. Método sistemático

A densidade e a proporção entre as espécies é variável, porém o arranjo espacial entre as espécies é mantido constante. Uma das formas simples de representar este delineamento experimental com duas espécies de plantas é o que se apresenta na tabela 01.

O método sistemático é excelente para o estudo de competição intraespecífica, além de ser possível estudar uma série de densidades sem mudar o padrão de plantio. É ideal para culturas transplantadas e nos estudos de culturas intercalares. A grande dificuldade do método é a instalação do experimento no campo, além do fato de não ser prontamente adaptável para o estudo da competição interespecífica.

Tabela 01. Representação dos tratamentos de um experimento sistemático

Densidade da espécie B	Densidade da espécie A				
	0	10	20	30	40
0	---	10/0	20/0	30/0	40/0
10	0/10	10/10	20/10	30/10	40/10
20	0/20	10/20	20/20	30/20	40/20
30	0/30	10/30	20/30	30/30	40/30
40	0/40	10/40	20/40	30/40	40/40

5. TIPOS DE MODELOS MATEMÁTICOS E SUA APLICAÇÃO EM COMPETIÇÃO DE PLANTAS DANINHAS

5.1. Modelos de regressão descritivos (empíricos)

A equação hiperbólica que relaciona produção e densidade para descrever perdas de produção em relação à densidade de uma espécie de planta daninha é o modelo de regressão mais amplamente utilizado para descrever os efeitos da competição em dado momento (Cousens, Spitters et al., citados por Kropff & Lotz, 1992).

Numa revisão apresentada por Kropff & Lotz (1992), foram mencionadas quatro modelos de perda na produção da cultura (Y_L). No primeiro, Y_L é função da densidade da planta daninha (N_w) e tem como parâmetro, a perda de produção causada pela adição da primeira planta daninha por m^2 (a) (eq. 1); no segundo, há um parâmetro adicional que descreve a perda máxima de produção (m) (eq. 2), no terceiro, a perda na produção (Y_L) é função da área foliar relativa da planta daninha (L_w , expressa como área foliar da planta daninha dividida pela soma da área foliar da cultura e da planta daninha) logo após a emergência da cultura, e um coeficiente de dano relativo (q) (eq. 3) e, no quarto, uma versão ampliada da eq. 3, desenvolvido em analogia com a eq. 2, também explica uma perda máxima de produção (m), causada pelas plantas daninhas.

$$Y_L = \frac{aN_w}{1 + aN_w} \quad (1)$$

$$Y_L = \frac{aN_w}{1 + \frac{a}{m} N_w} \quad (2)$$

$$Y_L = \frac{qL_w}{1 + (q-1)L_w} \quad (3)$$

$$Y_L = \frac{qL_w}{1 + \left(\frac{q}{m} - 1\right)L_w} \quad (4)$$

Segundo os autores, as equações 1 e 2 ajustam bem os dados dos experimentos quando somente a densidade da planta daninha varia. Entretanto, demonstram com exemplos que os parâmetros a e m variam de forma acentuada entre os experimentos, devido aos efeitos de outros fatores sobre os processos de competição. Mencionam que, analisando os dados com um modelo ecofisiológico, observou-se que o período entre a emergência da cultura e da plantas daninha foi um dos fatores mais importantes responsáveis pela variação nos parâmetros. Acrescentam que, se ambos, densidade da planta daninha e período entre a emergência da cultura e da plantas daninha determinam a relação de competitividade entre cultura e plantas daninhas, esses dois fatores são fundamentais para uma previsão exata da perda de produção, quando as observações são feitas bem no início da cultura. A desvantagem é que, na prática, a emergência das plantas daninhas ocorre em fluxos e cada fluxo tem que ser considerado como uma espécie diferente (Kropff & Lotz, 1992).

O modelo da eq. 3 foi matematicamente derivado do modelo da eq. 1, portanto considera a densidade das plantas daninhas. Além disso, aqueles autores mencionam que, teoricamente e empiricamente, foi demonstrado que o modelo da eq. 3 também considera o período entre a emergência da cultura e das plantas daninhas o que lhe confere uma grande vantagem pois dessa forma, os fluxos de emergência da planta daninha não precisam ser manuseados separadamente.

Na mesma revisão bibliográfica, Kropff & Lotz (1992) mencionam que Kropff et al. compararam os resultados da análise de dados através dos modelos descritos pelas equações 3 e 4 e observaram que a eq. 4 proporcionou uma descrição mais precisa dos efeitos da competição. Os autores concluíram que o modelo de regressão que relaciona a perda de produção com cobertura foliar relativa considera o efeito da densidade de plantas daninhas, fluxos de emergência da planta daninha e o período entre a emergência da cultura e de plantas daninhas e que, no entanto, o efeito de outros fatores como choque causado pelo transplante das mudas ou estresse severo de água, não é considerado.

5.2. Modelos ecofisiológicos

Os modelos ecofisiológicos utilizados para descrever a competição interespecífica por luz água e fontes de nutrientes foram introduzidos por Spitters & Aerts (citados por Kropff & Lotz, 1992), em 1983. Esse modelo e os que foram desenvolvidos em estudos subsequentes são baseados no princípio de que a competição é um processo dinâmico que pode ser compreendido através da distribuição dos recursos determinantes do crescimento (luz) ou dos recursos limitantes do crescimento (água e nutrientes) entre as espécies e a eficiência com que cada espécie usa esses recursos.

As entradas específicas e necessárias para os modelos ecofisiológicos incluem latitude geográfica, dados padrão diários de clima, propriedades físicas do solo, datas de emergência da cultura e planta daninha e densidade da planta daninha (Kropff & Lotz, 1992).

Os modelos ecofisiológicos descritos por Spitters & Aerts e por Kropff (citados por Kropff & Lotz, 1992) consistem em uma associação de modelos de crescimento em número igual ao de espécies que estão competindo. Sob condições favoráveis, a luz é o principal fator que determina a taxa de crescimento da cultura e sua plantas daninhas associadas. A partir do índice de área foliar (IAF) da espécie, da distribuição vertical de sua área foliar e de suas propriedades de

extinção da luz, calcula-se o perfil de luz dentro do dossel. Assume-se que a distribuição horizontal das folhas é homogênea. Com base nas características da espécie quanto a resposta fotossintética de folhas isoladas à luz, obtêm-se o perfil vertical da fotossíntese de cada espécie na mistura do dossel. A integração da altura do dossel e do dia resulta na taxa de assimilação diária para cada espécie. Após subtrair a respiração necessária para a manutenção, a taxa de crescimento líquida diária, em kg de matéria seca /ha por dia é obtida usando um fator para a transformação de carboidratos em matéria seca estrutural. A matéria seca produzida é distribuída entre os vários órgãos da planta, usando coeficientes de partição que são introduzidos como função dos estádios de desenvolvimento fenológicos da espécie. A taxa de desenvolvimento fenológico é acoplada ao modelo como uma função da temperatura média diária do ambiente. Quando o dossel ainda não está fechado, o aumento da área foliar é calculado pela temperatura média diária, uma vez que a expansão é dreno-limitada. Quando o dossel se fecha, o aumento na área foliar é obtida a partir do aumento no peso da folha, usando a área foliar específica (SLA m² folha/kg folha), uma vez que a expansão foliar é fonte-limitada nesse estágio. Integrando as taxas de crescimento diárias dos órgãos e área foliar resulta no "time course" do IAF e do peso seco durante a estação de crescimento. A taxa de crescimento em altura é calculada em função da temperatura.

Kropff & Lotz (1992) mencionam que, para considerar os efeitos de estresse por falta de água, foi introduzido no modelo, um balanço de água simples para um perfil de solo drenando livremente.

Na revisão apresentada pelos autores acima citados, foram destacados alguns pontos importantes quando da avaliação de modelos ecofisiológicos:

- faltam informações dos efeitos de estresse extremo por falta de água sobre os processos fisiológicos;
- a data da emergência planta daninha em relação à da cultura explicaram 96% da variação na perda de produção;

- a temperatura tem efeito pronunciado nos efeitos das plantas daninhas quando estas emergem após a cultura (em baixas temperaturas, a vantagem da cultura é reduzida quando o período relativo entre a emergência da cultura e planta daninha é longo uma vez que a produção de área foliar é mais lento);
- em condições favoráveis as características morfológicas (desenvolvimento do crescimento em altura e desenvolvimento da área foliar) são mais importantes que as fisiológicas (taxa de fotossíntese e respiração).

5.3. Modelos bioeconômicos

Para incentivar os produtores a implantarem sistemas de manejo de plantas daninhas, é necessário proporcionar informações que lhes permitam reduzir o custo total do manejo e, ao mesmo tempo, manter produções economicamente viáveis (Bosnic & Swanton, 1997). Um dos métodos, segundo os autores, seria o de proporcionar regras econômicas de decisão para o controle de plantas daninhas em pós-emergência.

Um modelo de decisão bioeconômico utiliza resultados experimentais, dados de campo e a opinião de especialistas para definir as relações entre plantas daninhas e culturas. Essa relação é incorporada em um modelo de otimização econômico. A maioria dos estudos de manejo econômico concentram-se em uma única espécie de plantas daninhas em uma única cultura. Alguns estudos envolveram várias espécies de plantas daninhas em uma única cultura.

Um dos problemas críticos na modelagem de várias espécies é a construção de um único índice de competição formado de múltiplos índices de plantas daninhas. Kwon et al. (1995) mencionam que dados insuficientes da dispersão para estimativas e a excessiva complexidade para a otimização matemática torna impraticável a entrada de densidades múltiplas de plantas daninhas na função, a não ser que existam algumas poucas espécies relevantes, entretanto, esse método não reflete a variação da capacidade competitiva das espécies.

6. LITERATURA CITADA

- BOSNIC, A.C.; SWANTON, C.J. Economic decision rules for postemergence herbicide control of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in corn (*Zea mays*). *Weed Science*, v.45, p.557-563, 1997.
- CHRISTOFFOLETI, P.J. Controle de *Brachiaria decumbens* Stapf. e de *Cyperus rotundus* L. em área de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp) através da técnica de rotação com amendoim (*Arachis hypogaea*) integrada ao uso de herbicidas. Piracicaba: ESALQ/USP, 1988, 117 p. Dissertação de Mestrado. 1988.
- CHRISTOFFOLETI, P.J. ; R. VICTORIA FILHO, R. Efeitos da densidade e proporção de plantas de milho (*Zea mays* L.) e caruru (*Amaranthus retroflexus* L.) em competição. *Planta Daninha*, v.14, n.1. 1996.
- GOLDBERG, D.E.; P.A. WERNER. Equivalence of competitors in plant communities: a null hypothesis and a field experimental approach. *Am. J. Bot.* v.70, n.7 p. 1098-1104. 1983.
- HARPER, J.L. Mixtures of species. I. Space and Proportions. In: H.L. HARPER. *Population Biology of Plants*. Cap. 8., Academic Press, London, 8ª ed. p. 237-276. 1977.
- JOLLIFE, P.A.; A.N. NINJAS; V.C. RONECKLES. A reinterpretation of yield relationships in replacement series experiments. *Journal of Applied Ecology*. v.21, p. 227-243. 1984.
- KWON, T.; YOUNG, D.L.; YOUNG, F.L.; BOERBOOM, C.R. PALEED:WHEAT: A bioeconomic decision model for postemergence weed management in winter wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Science*, v.43, p.595-603, 1995.
- KROPFF, M.J.; LOTZ, L.A.P. Systems approaches to quantify crop-weed interactions and their application in weed management. *Agricultural Systems*, v.40, p. 265-282, 1992.

- McGILCHRIST, C.A.; TRENBATH, B.R. A revised analysis of plant competition experiments. *Biometrics*. v. 27, p. 659-671. 1974.
- OLIVER, L.R.; G.A. BUCHANAN. Weed competition and economic thresholds. In: CAMPER, N.D. *Research methods in weed science*. Southern Weed Science Society of America, Chapter IV. p. 72- 97. 1986.
- PITELLI, R.A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. *Informe Agropecuário*. v.11, n.129, p.16-27, 1985.
- RADOSEVICH, S.R. Methods to study interactions among crops and weeds. *Weed Technology*, v. 1, p. 190-198. 1987.
- ROLIM, J.C.; P.J. CHRISTOFFOLETI. Período crítico de competição com a cana-planta de ano. *Saccharum APC*, São Paulo, v.5, n. 2, p. 21-26. 1982.
- ROUSH, M.L.; S. RADOSEVISH; R.G. WAGNER; B. MAXWELL; T.D. PETERSON. A comparison of methods for measuring effects of density and proportion in plant competition experiments. *Weed Science*, v.37, n.2, p.268-275, 1989.
- SPITTERS, C.J.T. An alternative approach to analysis of mixed cropping experiments. I. Estimation of competition effects. *Neth. J. Agric. Sci.* v. 31, p. 1-11. 1983.
- WIT, C.T. On Competition. *Versl. Landbouwk. D. Onderz.* v. 66, n. 8, p. 1-82. 1960.
- WIT, C.T.; J. P. VAN DEN BERG. Competition between herbage plants. *Neth. J. Agric. Sci.* v. 13, p. 212-221. 1965.
- ZIMDAHL, R.L. *Weed Crop Competition: a review*. International Protection Centre - IPC, Corvallis, Oregon. 197 p. 1980.

AGRICULTURA DE PRECISÃO

APLICAÇÃO LOCALIZADA DE HERBICIDAS

ULISSES ROCHA ANTUNIASSI – Professor Doutor do Departamento de Engenharia Rural
FCA/UNESP - Botucatu/SP

1. INTRODUÇÃO

O mapeamento detalhado dos fatores de produção e a aplicação localizada de insumos são princípios básicos da agricultura de precisão. A prática da agricultura de precisão pode trazer diversos benefícios, englobando aspectos econômicos e ambientais. Do ponto de vista econômico, a aplicação localizada permite a priorização do investimento em insumos (fertilizantes, sementes, etc) nas áreas onde o potencial de produção seja mais efetivo, garantindo a possibilidade de maior retorno econômico com menores investimentos. O mesmo pode ser verificado no caso dos tratamentos fitossanitários, pois a aplicação localizada pode significar reduções de mais de 60% nas quantidades de defensivos utilizados. Considerando-se os aspectos ambientais, a racionalização e redução do uso de fertilizantes e defensivos deve ser avaliada como um dos principais benefícios da utilização da agricultura de precisão.

1.1. Mapeamento de fatores ligados à cultura

Historicamente, o rendimento das culturas tem sido o principal fator a ser estudado quanto a variabilidade espacial. Diversas técnicas e equipamentos encontram-se disponíveis para este propósito, sendo que a técnica mais desenvolvida em termos científicos e comerciais corresponde ao monitoramento e mapeamento da produção de grãos. Paralelamente ao desenvolvimento de

sensores e sistemas dedicados às colhedoras automotrizes para grãos, diversos trabalhos têm sido realizados visando aprimorar as técnicas de coleta de dados para o mapeamento georeferenciado da produtividade de outras culturas como, por exemplo, cana-de-açúcar, batata, tomate e forragens.

1.2. Mapeamento de fatores ligados ao solo

A grande quantidade de estudos relacionando mapeamento de produção, fertilidade dos solos e aplicação de fertilizantes em doses variáveis representa uma amostra do interesse comercial nas atividades ligadas a Agricultura de Precisão. Do ponto de vista científico, entretanto, muito se tem estudado sobre as reais necessidades em termos de resolução espacial quando da definição do grid de amostragem para as coletas de solo. Este fato apresenta grande importância, principalmente em função do alto custo envolvido nesta atividade. Comercialmente, muitas empresas adotam coleta de dados através da razão de uma amostra composta para cada área de 1,0 a 2,0 ha. Além das questões ligadas à fertilidade, outros fatores têm sido estudados de maneira georeferenciada. Como exemplo, podem ser citadas avaliações de temperatura, compactação, profundidade efetiva do solo, etc. Outro ponto importante no desenvolvimento tecnológico do monitoramento dos fatores ligados ao solo corresponde a adoção de sistemas e ferramentas on-line para avaliação de parâmetros do solo, como sensores para avaliação da resistência do solo, textura, compactação, nutrientes e teor de água.

1.3. Aplicação localizada de insumos

O conceito da aplicação localizada tem sido utilizado com grande sucesso nas operações de adubação, por exemplo, através do cruzamento de informações dos mapeamentos de fertilidade

e produção da cultura. Isto torna possível que os fertilizantes sejam utilizados somente nas quantidades e locais necessários, eliminando a aplicação de doses uniformes em área total. Da mesma forma que a aplicação de fertilizantes pode ser controlada pontualmente dentro de uma área de produção, outros insumos também podem ser manejados de acordo com esta tecnologia, incluindo os corretivos, as sementes e os defensivos. Um exemplo clássico do ciclo de operações de um sistema de agricultura de precisão com aplicação localizada de insumos pode ser visto na Figura 1.

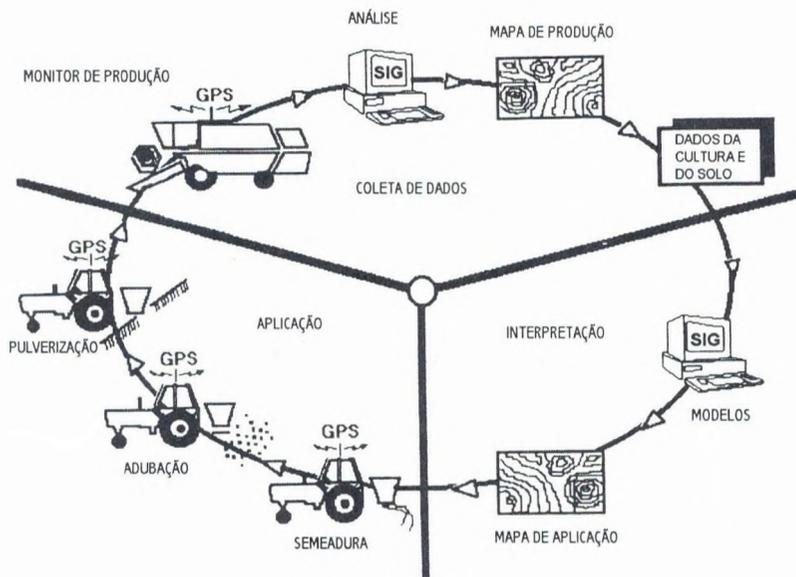


Figura 1 - Ciclo de operações em um sistema de agricultura de precisão.⁽¹⁾

O sistema é composto de três fases principais: a coleta de dados para o mapeamento, a interpretação dos mapas e a aplicação localizada. No caso de fertilizantes e sementes, por exemplo, o processo se inicia com a coleta de informações localizadas sobre a produção de grãos. Máquinas de colheita equipadas com sistemas de posicionamento global diferencial (DGPS) e

monitores de produção registram a quantidade de grãos produzidos (kg/ha) em cada ponto da área em questão. A seguir, utilizando-se conceitos estatísticos e sistemas de informações geográficas (SIG), estas informações são processadas para gerar os mapas de produção, os quais fornecem uma visualização do desempenho da cultura em cada parte da área de plantio. Na segunda fase, o produtor tem condições de planejar a aplicação dos insumos, baseando-se na interpretação dos mapas de produção e na análise das condições do solo (fertilidade, compactação, etc). Nesta etapa, torna-se muito importante a análise da evolução e do comportamento desses fatores ao longo do tempo. Tal planejamento resulta nos mapas de aplicação, os quais serão utilizados pelos sistemas computadorizados para controlar as máquinas de aplicação na terceira fase (aplicação localizada dos insumos). Durante a aplicação, as máquinas recebem informações do seu exato posicionamento no campo (através do DGPS) e, de acordo com os mapas de aplicação, depositam somente a quantidade necessária dos insumos, apenas nos locais planejados.

2. APLICAÇÃO LOCALIZADA DE HERBICIDAS

A determinação do posicionamento dos alvos para a definição dos locais onde serão realizadas as aplicações é uma das etapas mais importantes dos sistemas de aplicação localizada. Conceitualmente, duas metodologias podem ser utilizadas para este propósito. A primeira opção considera a detecção do alvo e controle da aplicação em um sistema "on-line", onde o equipamento vai sendo deslocado sobre o campo de aplicação, os alvos vão sendo identificados através de sensores e a aplicação vai sendo realizada somente sobre as áreas desejadas, tudo em uma única operação. A outra opção compreende a coleta de informações para a elaboração de um mapa eletrônico georeferenciado dos alvos (mapa de tratamento ou aplicação), o qual é usado pelo sistema de controle do equipamento aplicador para comandar a distribuição localizada dos insumos. Ambas as metodologias são viáveis, mas há uma tendência maior da utilização dos

mapas de tratamentos em função da grande complexidade da utilização prática dos sensores de alvos nos sistemas “on-line”.

2.1. Detecção instantânea das plantas daninhas

A detecção instantânea (“on-line”) das plantas é um conceito que vem sendo muito estudado como solução técnica para a aplicação localizada de herbicidas. A princípio, duas são as possibilidades para a detecção das plantas. A primeira tecnologia utiliza sensores óticos que identificam as diferenças na reflexão da luz pelas diversas superfícies encontradas nas áreas agrícolas, como as plantas daninhas, a cultura, os restos vegetais, o solo, etc (Figura 2). Através de sistemas de controle eletrônico, a pulverização é realizada somente onde esta reflexão indicar a presença de determinados alvos (Figura 3). Uma das dificuldades para a viabilização comercial deste tipo de tecnologia é a própria sensibilidade dos sensores, os quais precisam ser recalibrados constantemente em função das variações das características das superfícies de aplicação, como mudanças nas tonalidades das cores das plantas, da palha e do solo, por exemplo. Além disso, fatores como altura e posicionamento dos sensores com relação aos alvos e o próprio tempo de resposta do sistema tornam sua utilização bastante complexa.

Outra opção para a detecção e identificação dos alvos é a análise instantânea de imagens. Neste caso, imagens de uma câmera de vídeo podem ser processadas para possibilitar a identificação imediata das plantas daninhas, propiciando informações ao sistema de controle do pulverizador sobre sua presença e localização. A Figura 4 (A) mostra uma imagem obtida de vídeo onde é possível visualizar as plantas da cultura, as plantas daninhas e o solo. O desenho ao lado (B) representa uma interpretação feita pelo sistema eletrônico de processamento das imagens, mostrando as plantas da cultura na cor branca, o solo em preto e as plantas daninhas em tons de cinza.

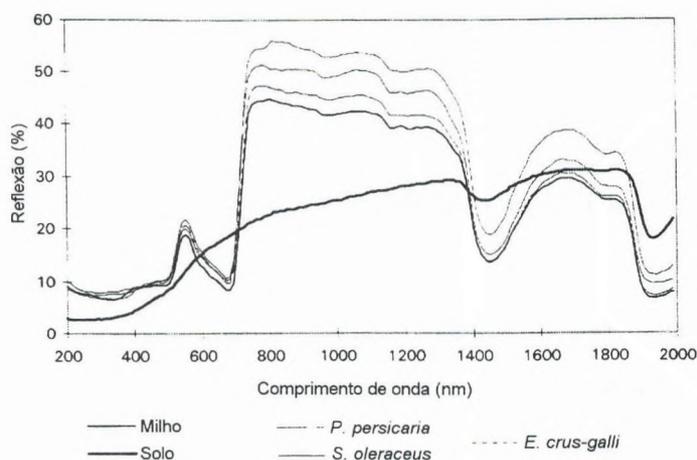


Figura 2 - Diferenças na reflexão da luz para o milho, solo e algumas plantas daninhas.⁽²⁾

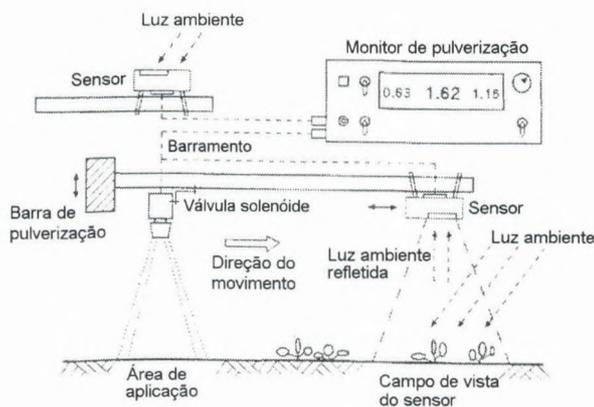


Figura 3 - Sistema de detecção de plantas e controle da pulverização através de sensores óticos.⁽³⁾

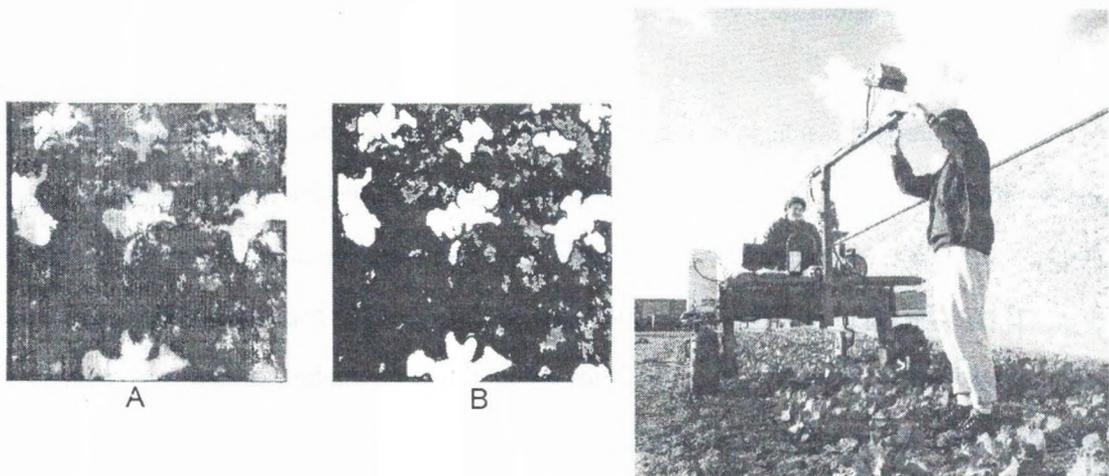


Figura 4 - Imagem obtida com a câmera de vídeo mostrada à direita, apresentando plantas da cultura intercalada com infestantes (A). Após o processamento da imagem (B), é possível identificar as plantas da cultura na cor branca, o solo em preto e as plantas daninhas em cinza.⁽⁴⁾

2.2. Aplicação baseada em mapas de tratamento

Para aplicação de herbicidas, alguns sistemas utilizam pulverizadores para depositar diferentes defensivos e/ou diferentes doses de maneira localizada, de acordo com informações de um mapa eletrônico da área (mapa de aplicação ou tratamento). O mapeamento é realizado antes da aplicação, através do levantamento das áreas de infestação e suas características, usando o DGPS para a localização dos alvos. Este mapa é armazenado no computador que controla o pulverizador, e a medida que o mesmo se desloca no campo, doses adequadas dos herbicidas vão sendo aplicadas apenas nos locais desejados.

2.2.1. Sistema de posicionamento global diferencial (DGPS)

A viabilidade da aplicação localizada através de mapas depende da possibilidade de se saber a posição exata do alvo e do equipamento de aplicação durante o deslocamento no campo. A tecnologia mais empregada para isto utiliza o Sistema de Posicionamento Global ou "GPS" (em inglês: "Global Positioning System"). Iniciado na década de 70, o programa de implantação do GPS, realizado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, previu a colocação de 24 satélites em órbita da terra. O princípio de funcionamento considera a medição do tempo de deslocamento de um sinal entre um satélite e um receptor utilizado pelo usuário. Se os relógios do satélite e do receptor estão sincronizados, é possível medir a distância exata entre os dois pontos. Caso esta medida seja realizada com três satélites diferentes, é possível então a determinação exata da posição geográfica do receptor, através de um de cálculo tridimensional. Devido a dificuldade de sincronismo dos relógios, um quarto satélite é utilizado para o acerto de tempo, tornando o sistema viável. Por uma série de motivos, incluindo problemas militares, a resolução espacial do GPS é limitada, com precisão de no máximo 100 metros para a localização de um ponto na superfície terrestre. Entretanto, a utilização do DGPS (Sistema de Posicionamento Global Diferencial) permite fazer com que esta precisão chegue a ser menor do que 1 metro. De maneira simplificada, o DGPS utiliza dois receptores atuando em conjunto; colocando-se um dos receptores numa posição geográfica conhecida, é possível calcular a posição do outro receptor com grande precisão. Um dos receptores corresponde a uma estação fixa e o outro ao sistema móvel que vai se deslocar pelo campo (Figura 5). Durante a operação, o sistema móvel recebe um sinal direto do satélite e um sinal de correção do posicionamento vindo da estação fixa (via rádio), podendo assim realizar o cálculo preciso de sua localização. Outra possibilidade corresponde ao uso de um sinal de correção diferencial disponibilizado através de transmissão via satélite, para a qual o usuário deve pagar uma taxa de utilização. Neste caso, o sistema dispensa o uso da estação fixa

2.2.2. Mapeamento dos alvos da aplicação

Na aplicação de herbicidas, algumas tecnologias têm sido desenvolvidas e avaliadas para a coleta dos dados necessários para a confecção dos mapas de tratamentos. Uma das possibilidades corresponde ao uso de um sistema composto de um microcomputador de mão (palm-top) acoplado a um DGPS para a coleta de dados georeferenciados sobre plantas daninhas. Este conjunto, transportado por um operador em uma mochila, permite o levantamento de informações qualitativas e quantitativas da infestação através do caminhamento prévio nas áreas de aplicação (Figura 5). Apesar de adequado e preciso para pequenas áreas, o sistema de caminhamento autônomo pode se tornar inviável para grandes áreas de produção. Para estes casos, a coleta de informações pode ser realizada em conjunto com outras atividades mecanizadas, como a colheita, por exemplo. Assim, enquanto a máquina se desloca pelo campo na operação de colheita, um observador postado na máquina pode ir registrando os eventos relacionados ao mapeamento da infestação. Este sistema tem grande potencial para o mapeamento visando o manejo da vegetação no período entre a colheita e o novo plantio.



Figura 5 - Sistema de coleta de dados utilizando DGPS portátil ⁽⁵⁾

A análise e processamento de imagens é outra opção que pode ser usada como base de dados para a elaboração de mapas de tratamentos na aplicação de herbicidas. Para tanto, imagens são obtidas através da utilização de processos usuais de fotografia aérea ou mesmo através do uso de aeromodelos radiocontrolados e balões. Tais imagens, na forma convencional ou infra-vermelho, são usadas como base para a análise da infestação e elaboração dos mapas, após passar por um processo de digitalização e processamento. Dependendo dos objetivos e do planejamento da aplicação de herbicidas, os mapas de tratamentos podem ser elaborados levando-se em conta aspectos quantitativos e qualitativos da infestação, assim como podem, também, considerar as características do solo, da cobertura por restos vegetais e outros fatores. Um exemplo de mapeamento da infestação e planejamento da aplicação numa área de plantio pode ser visto na Figura 6.

2.3. Equipamentos para aplicação localizada de herbicidas

Os pulverizadores projetados para a aplicação localizada de defensivos são equipamentos que apresentam um elevado grau de sofisticação com relação aos recursos eletrônicos utilizados. O sistema de pulverização precisa ser controlado por um computador central, onde estão armazenadas as informações sobre os locais nos quais devem ser realizadas as aplicações (mapas de tratamentos). Além de conter e interpretar o mapa, a central de controle deve ser capaz de processar em tempo real (instantaneamente) os dados de posicionamento geográfico recebidos do DGPS. Isto possibilita a definição precisa da posição atual do pulverizador no campo, para que se possa realizar a aplicação localizada. Além desta decisão de aplicar ou não sobre um determinado local, o controle eletrônico deve, ainda, garantir volume de calda e pressão adequados para as características pretendidas na aplicação. Para tanto, informações como velocidade de

deslocamento, largura das barras ativas e volume de calda desejado também devem ser processadas em tempo real.

Para maior garantia de um correto posicionamento, os equipamentos mais modernos contam, além do DGPS, com um sistema auxiliar de referenciamento, baseado em informações sobre as distâncias percorridas e a direção do movimento, os quais são obtidos através de sensores nas rodas e bússolas eletrônicas. Este sistema, chamado de posicionamento com referência em terra, deve ser usado em conjunto com o DGPS para a determinação da posição do pulverizador durante as aplicações. Isto é necessário para que se possa garantir a confiabilidade do sistema, principalmente no caso de falhas pontuais na recepção dos sinais do DGPS.

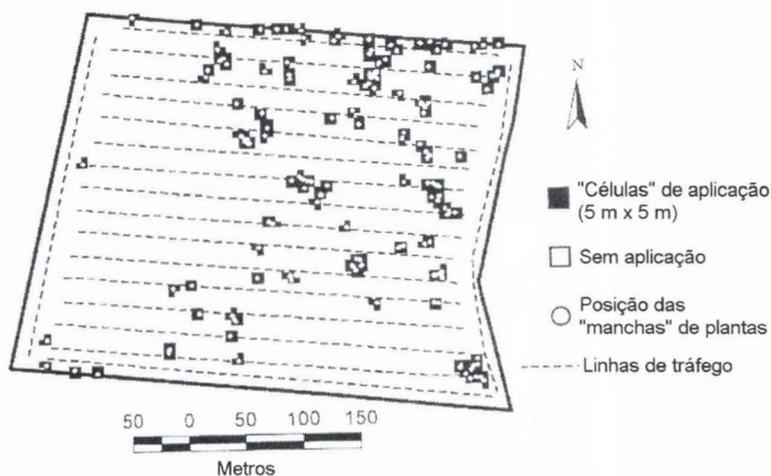


Figura 6 - Exemplo de mapa digital com a localização das plantas daninhas e o planejamento da aplicação de herbicidas.⁽⁶⁾

2.3.1. Controle da dose de defensivo e do volume de aplicação

A aplicação localizada de defensivos pode contemplar a variação tanto da dose de defensivo quanto do volume de calda aplicada. Usualmente, os sistemas mais simples realizam apenas o controle do local de aplicação, num sistema do tipo "liga-desliga". Neste caso, dose e volume de calda são mantidos constantes nas partes do campo onde a aplicação é realizada. Sistemas mais sofisticados permitem variações na dose de defensivo e/ou no volume total aplicado. Para tanto, diferentes tecnologias podem ser utilizadas.

A variação da dose, de maneira independente do volume aplicado, é normalmente realizada através do uso de sistemas de injeção de defensivos. O princípio básico destes sistemas está relacionado ao armazenamento do defensivo e do diluente em recipientes separados, realizando-se a mistura somente no momento da aplicação, através da injeção do defensivo na tubulação que leva a calda aos bicos. Nestes equipamentos, a definição da quantidade de defensivo injetado pode ser realizada, entre outras maneiras, através do controle da rotação das bombas de injeção, o que é feito pela central de controle da máquina. A intensidade do fluxo de injeção leva em consideração fatores como velocidade de deslocamento, largura das barras ativas, volume de calda aplicada, dose desejada, etc. Esta tecnologia permite variações na dose (litros ou kg/ha) mantendo-se constante o volume total da aplicação. Cabe ressaltar que o uso de sistemas de injeção apresenta outras vantagens, principalmente no que se refere à segurança ambiental. A inexistência da mistura no tanque reduz consideravelmente os riscos de contaminação do operador e do próprio ambiente, pois as operações de preparo da calda, lavagem e descontaminação do tanque são simplificadas ou eliminadas.

De uma maneira geral, as características técnicas dos equipamentos de injeção possibilitam grande versatilidade de uso para agricultura de precisão. Assim, a aplicação localizada pode ser planejada para a utilização de dois ou mais tipos de herbicida ao mesmo tempo, quando o

pulverizador possui mais de uma linha de injeção. Tais sistemas podem ser usados, ainda, para a aplicação de doses variáveis de um mesmo herbicida, quando as diferentes linhas de injeção são utilizadas com um mesmo tipo de herbicida.

Os sistemas de injeção disponíveis comercialmente utilizam, em sua maioria, bombas injetoras de pistões ou peristálticas (Figura 7 - a e b). Os sistemas dotados de bombas peristálticas (a) são projetados de maneira que o defensivo é injetado na tubulação de saída de água do tanque, antes da bomba principal do pulverizador. Este procedimento resulta da baixa pressão de injeção proporcionada por este tipo de bomba, o que impossibilitaria a injeção após o bombeamento principal. Neste caso, uma válvula de três vias é utilizada para o controle da pressão e do fluxo da calda de pulverização. A entrada da válvula recebe o fluxo de calda vindo da bomba principal; uma das saídas da válvula corresponde a um "retorno" que é ligado à tubulação de entrada da bomba, e a outra saída leva o fluxo de calda para as barras de pulverização. A variação do fluxo de injeção nestes sistemas é realizada pelo controle da rotação da bomba de injeção. Maiores ou menores faixas de variação de doses são obtidas através da substituição das tubulações internas da bomba peristáltica.

No caso dos sistemas com bombas injetoras de pistão, a injeção é realizada após o sistema de bombeamento principal (Figura 7 - b). Este tipo de bomba pode fornecer maiores pressões, permitindo a injeção próxima aos bicos, mesmo em pulverizações de alta pressão. Da mesma maneira que nas bombas peristálticas, a variação do fluxo de injeção é realizada pelo controle da rotação da bomba de injeção. Neste caso, porém, maiores ou menores faixas de variação de doses são obtidas através do uso de pistões de curso variável. Ainda, para ambos os casos (peristálticas e pistões), os sistemas podem prever a utilização de bombas de diferentes capacidades, para uma maior flexibilidade na faixa de variação das doses aplicadas.

Em termos operacionais, uma análise comparativa entre os dois conceitos de injeção pode se tornar bastante complexa, em função do grande número de fatores envolvidos. De maneira

simplificada, os sistemas com bombas de pistão são mais rápidos no tempo de resposta, em função da localização do ponto de injeção ser mais próxima da barra de pulverização. Nesta comparação, os sistemas com bombas peristálticas apresentam desvantagem, em função do longo caminho a ser percorrido pelo defensivo até chegar aos bicos e da recirculação na bomba principal, resultando em tempos de resposta muito longos. Por outro lado, a injeção antes da bomba principal e a recirculação da calda favorecem a mistura do defensivo na água, tornando desnecessária a adoção de dispositivos específicos para melhorar esta mistura. Ainda, as bombas peristálticas, por trabalharem com pressões inferiores, apresentam menor variação de desempenho em função de mudanças nas características físicas das soluções injetadas.

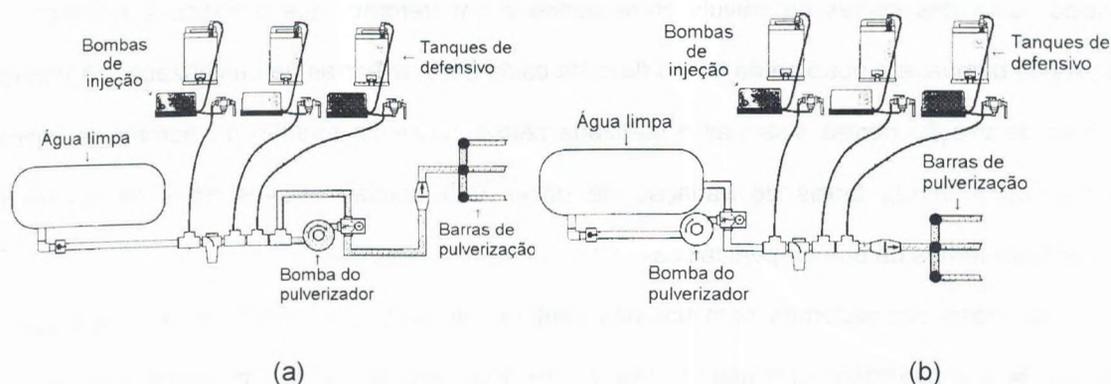


Figura 7 - Representação esquemática de um sistema de injeção através de bombas peristálticas (a) e bombas de pistão (b), com possibilidade de utilização simultânea de até 3 defensivos.⁽⁷⁾

Arquivo 200.000 usf - EVA
 ↳ AUTOPROPULSÃO

A opção de variação da quantidade de defensivo aplicado, através da variação do volume total de calda, dispensa o uso dos sistemas de injeção. Considerando-se a necessidade de se garantir um certo padrão de qualidade da aplicação (tamanho das gotas), a simples variação da pressão em bicos hidráulicos pode resultar numa flexibilidade de no máximo 20% do volume aplicado. Assim, torna-se indispensável a utilização de outros recursos para permitir a variação do volume total aplicado, como, por exemplo, o uso de múltiplos bicos ou barras de pulverização. Nestes sistemas, a medida que o pulverizador vai se deslocando no campo, a variação do volume aplicado é realizada pela utilização isolada ou em conjunto de bicos com diferentes vazões, o que possibilita a variação do volume total aplicado. Nos sistemas mais modernos, o controlador eletrônico seleciona a vazão necessária a partir de uma combinação de três bicos de vazões diferentes, os quais são dimensionados para fornecer uma faixa controlada tamanhos das gotas (Figura 8). Assim, a utilização isolada de cada bico, a combinação dois a dois e a utilização dos três ao mesmo tempo possibilita que a pulverização seja realizada com uma faixa de variação de volumes da ordem de 5:1, mantendo-se constante a qualidade da aplicação.

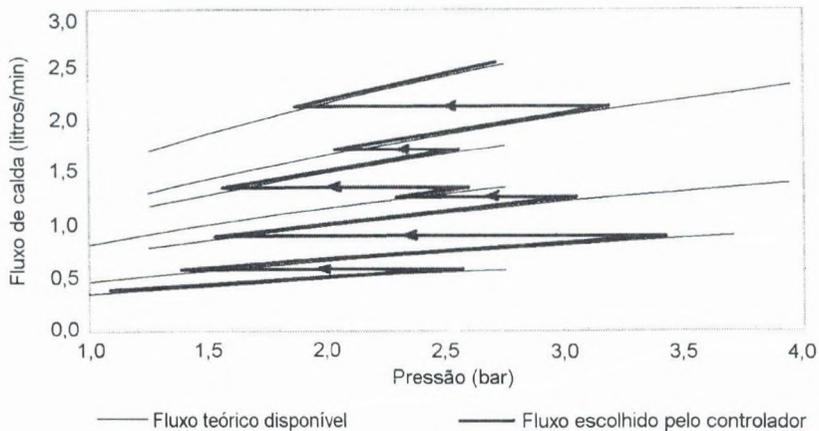


Figura 8 - Algoritmo de escolha dos bicos em um sistema de aplicação com volume variável ⁽⁸⁾.

39

PARÇA SPRAYER / KIT P/ PULVERIZADOR

PROSIPS / 15.000 US\$

Gratias

2.3.2. Requisitos técnicos dos equipamentos para aplicação localizada.

A viabilidade da aplicação localizada de herbicidas depende da adequação das características dos equipamentos à variabilidade da infestação e das condições operacionais no campo. Os sistemas de aplicação localizada devem propiciar acuracidade melhor do que $\pm 5\%$ dentro da dose desejada, operando com uma faixa de variação de doses de no mínimo 5:1 (relação entre a dose máxima e a dose mínima possível). Ainda, tais sistemas devem estar aptos a manipular diferentes tipos de formulações, evitando a sensibilidade a variações na densidade e viscosidade dos herbicidas e das caldas de pulverização. Quanto a resolução espacial da aplicação localizada, a pulverização de herbicidas requer sistemas com resolução de, no mínimo, entre 4 e 6 metros.

Uma das características mais importantes dos equipamentos para aplicação localizada é o tempo de resposta para mudanças nas condições de aplicação. Os sistemas experimentais mais modernos são capazes de compensar mudanças nas condições de aplicação com tempo de resposta muitas vezes inferior a 1 segundo. Porém, alguns dos sistemas comerciais disponíveis atualmente apresentam tempo de resposta muito longo. Como exemplo, a Figura 9 mostra o resultado de um ensaio onde o operador solicita que a dose de defensivo seja triplicada durante a aplicação com um sistema de injeção, observando-se que o sistema leva quase 7 segundos para atingir a dose desejada.

De maneira geral, os sistemas de aplicação baseados em mapeamento devem considerar as relações entre a variabilidade espacial das plantas daninhas e as especificações técnicas necessárias para a aplicação localizada. Isto significa que a resolução do mapeamento deve estar ligada às características do equipamento de aplicação. A conversão de mapas de plantas daninhas em mapas de tratamentos deve considerar o tempo de resposta do equipamento, a velocidade de

deslocamento, as incertezas de posicionamento, a acurácia do mapeamento e o próprio movimento das manchas de plantas daninhas e suas sementes.

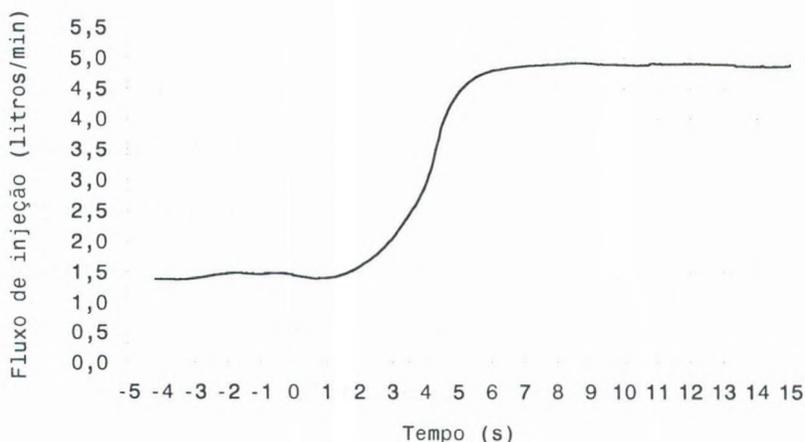


Figura 9 - Resultado de ensaio para tempo de resposta onde o operador solicita que a dose de defensivo seja triplicada durante a aplicação com um sistema de injeção. O instante $t=0$ representa o momento no qual a mudança da dose foi solicitada.

2.4. Aplicação aérea

Outro mercado que está sendo favorecido com a adoção de tecnologias ligadas a agricultura de precisão é a aviação agrícola. Grande parte das aeronaves em operação atualmente utilizam sistemas de posicionamento das faixas de aplicação controlados por DGPS, dispensando a utilização de bandeirinhas e garantindo maior precisão e segurança da aplicação. Outra evolução na direção da aplicação localizada por avião é a utilização de controladores de fluxo ligados ao DGPS, possibilitando a correção do volume de aplicação em função da variação velocidade da aeronave em relação ao solo, o que garante melhor uniformidade de aplicação. A consolidação desta tecnologia, aliada ao mapeamento georeferenciado, possibilitará num curto espaço de tempo a adoção da aplicação localizada em doses variáveis também para as aplicações aéreas no Brasil.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os conceitos de agricultura de precisão e aplicação localizada de insumos são as ferramentas mais modernas disponíveis para a racionalização dos processos de produção agrícola e, num futuro não muito distante, farão parte do cotidiano das atividades agrícolas brasileiras. Atualmente, os sistemas comerciais de monitoramento e mapeamento de produção encontram-se disponíveis para uso imediato, significando acréscimos da ordem de 10 a 20% no preço das máquinas de colheita. Já existem equipamentos de grande porte disponíveis no mercado brasileiro para aplicação localizada de insumos. Entretanto, devido ao elevado custo, sua utilização parece mais adequada aos prestadores de serviço na aplicação de defensivos. Independentemente disto, a tendência do mercado é de uma rápida evolução tecnológica e redução gradual de custos, o que irá garantir a viabilidade técnica e econômica da utilização destas tecnologias num curto espaço de tempo.

Notas: (1) Adaptado de Stafford (1995); (2) Adaptado de Vrindts & De Baerdemaeker (1997); (3) Adaptado de Biller et al. (1997); (4) Adaptado de Hague et al. (1997); (5) Adaptado de Nordmeyer (1997); (6) Adaptado de Nordmeyer (1997); (7) Adaptado de Mid-West Technology Inc. (s.d.); (8) Adaptado de Miller et al. (1997b); (9) Antuniassi (1999).

Aplicação de produtos químicos - Colheita seletiva de
frutos maduros / (Robos)
Princípio de uma colheita.

4. LITERATURA CONSULTADA

- ANTUNIASSI, U.R. *Avaliação de sistemas de injeção de defensivos para utilização em agricultura de precisão*. Botucatu: UNESP, 1999. 87p. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1999.
- ANTUNIASSI, U.R., MILLER, P.C.H., PAICE, M.E.R. Dynamic and steady-state dose responses of some chemical injection metering systems. In: Brighton crop protection conference: *Weeds*, 1997, Brighton. British Crop Protection Council, 1997. p.687-92.
- BILLER, R.H., HOLLSTEIN, A., SOMMER, C. Precision application of herbicides by use of optoelectronic sensors. In.: Precision agriculture'97, Vol. II: Technology, IT and Management. Bios Scientific Publishers, SCI, Warwick. p.451-58. 1997.
- DALY, P. Status of GPS. In.: International Conference of The Royal Institute of Navigation., 1993. Londres. *Proceedings...*, 1993. 6p.
- FROST, A.R. A pesticide Injection Metering system for use on agricultural spraying machines. *J. agric. Engng Res.*, v. 46, p.55-70, 1990.
- HAGUE, T., MARCHANT, J.A., TILLET, N.D. A system for plant scale husbandry. In.: Precision agriculture'97, Vol. II: Technology, IT and Management. Bios Scientific Publishers, SCI, Warwick. p.635-42. 1997.
- LANDERS, A.J. A compressed air direct injection crop sprayer. *Aspects of Applied Biology*, Warwick, n.48, p.25-32, 1997.
- MID-WEST TECHNOLOGY INC. Manual técnico do TASC 6000. (s.d.)
- MILLER, P.C.H. et al. Approaches to the detection of individual plants in horticultural row crops and the implications for pesticide application. In: Brighton crop protection conference: *Weeds*, 1997, Brighton. British Crop Protection Council, 1997a. p.151-58.

- MILLER, P.C.H. et al. Methods of controlling sprayer output for spatially variable herbicide application. In: Brighton crop protection conference: *Weeds*, 1997, Brighton. British Crop Protection Council, 1997b. p.641-44.
- NORDMEYER, H., HÄUSLER, A. NIEMANN, P. Patchy weed control as an approach in precision farming. In.: Precision agriculture'97, Vol. I: Technology, IT and Management. Bios Scientific Publishers, SCI, Warwick. p.307-14. 1997.
- PAICE, M.E.R, MILLER, P.C.H., BODLE, J.D. An experimental sprayer for the spatially selective application of herbicides. *J. agric. Engng Res.*, v. 60, p.107-116, 1995.
- REICHARD, D.L., LADD, T.L. Pesticide injection and transfer system for field sprayers. *Trans ASAE*, St. Joseph, v.26, n.3, p.683-686, 1983.
- STAFFORD, J.V. Precision Agriculture: Sensing, positioning and application machinery requirements. In: Seminar on site specific farming, 1995, Arhus, Dinamarca, 1995. p.11-20.
- STAFFORD, J.V., BENLLOCH, J.V. Machine assisted detection of weeds and weed patches. In.: Precision agriculture'97, Vol. II: Technology, IT and Management. Bios Scientific Publishers, SCI, Warwick. p.511-18. 1997.
- STAFFORD, J.V., AMBLER, B. In-field location using GPS for spatially variable field operations. *Computers and electronics in Agriculture*, v.11, p.23-36, 1994.
- STAFFORD, J.V. Le BARS, J.M., AMBLER, B. A hand-held data logger with integral GPS for producing weed maps by field walking. *Computers and electronics in Agriculture*, v.14, p.235-247, 1996.
- STAFFORD, J.V., MILLER, P.C.H. Spatially selective application of herbicide to cereal crops. *Computers and electronics in Agriculture*, v.9, p.217-29, 1993.

VELINI, E.D.; ANTUNIASSI, U.R. Desenvolvimento de um sistema para injeção de defensivos agrícolas na barra de aplicação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 21, 1992, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1992. p.2035-2047.

VRINDTS, E., DE BAERDEMAEKER, J. Optical discrimination of crop, weed and soil for on-line weed detection. In.: Precision agriculture'97, Vol. II: Technology, IT and Management. Bios Scientific Publishers, SCI, Warwick. p.537-44. 1997.

SEGURANÇA NA APLICAÇÃO DE HERBICIDAS

MARÇAL ZUPPI DA CONCEIÇÃO - Engº Agrº - ANDEF – S.Paulo - SP

Ao que tudo indica, por muitos anos haverá demanda por produtos fitossanitários. Isto porque, por mais que se procure tratar os sistemas agrícolas como ecológicos, eles são por natureza altamente instáveis. O Agro-Ecosistema é relativamente frágil, constituído de muitos indivíduos, porém de poucas espécies. Essa característica o faz tênue, suscetível ao desequilíbrio.

A Lei 7.802 (Lei dos Agrotóxicos) de 1989, e seu decreto regulamentador, número 98.816 / 90, tornaram-se extremamente rígidos no Brasil os controles dos produtos fitossanitários, desde a sua pesquisa, registro e produção, até a aplicação no campo. Nesta etapa, particularmente, as especificidades técnicas de manuseio e utilização exigem a presença de assistência agrônômica tanto mais assídua quanto menor o nível de qualificação da mão de obra rural. No Brasil, o engenheiro agrônomo configura o elo entre esse anseio e a realidade do campo.

A ANDEF – Associação Nacional de Defesa Vegetal vem decididamente trabalhando para que o uso inadequado e os erros ocorridos na história dos defensivos não mais se repitam . O profissional de agronomia tem sido o principal alvo nos programas de educação e treinamento de nossa associação. Os nossos objetivos quanto a *segurança na aplicação de produtos fitossanitários tem sido:*

- *segurança do aplicador*
- *preservação do meio ambiente*
- *produção de alimentos saudáveis*

Vamos nortear nossa participação no primeiro item (segurança do aplicador) por determinação da comissão organizadora do evento.

Herbicidas tem sido o segmento de produtos fitossanitários mais importante no nosso país. Tem representado sozinho mais de 50% do mercado. Em 1993 as vendas de herbicidas totalizaram 588.597 (valor – US\$ 1000). Segundo informações do SINDAG, em 1998 as vendas foram de 1.368.723 (US\$ 1000). O mercado brasileiro de herbicidas é bastante competitivo, colocando ao alcance do nosso agricultor grande gama de produtos. Em junho/1999 tínhamos 78 ingredientes ativos registrados (em 1992 haviam 57) e 179 marcas comerciais. Quanto a classificação toxicológica (que é uma classificação de risco para quem manipula) estavam assim distribuídos os herbicidas (junho de 1999):

Classe I (vermelho)	25
Classe II (amarelo)	56
Classe III (azul)	63
Classe IV (verde)	35

Quando se trata da “Segurança na Aplicação de Herbicidas”, para o aplicador, é necessário estabelecer quais são as principais causas de acidentes com os produtos, e como preveni-las. É preciso analisar:

- Causas Distantes
- Causas Imediatas
- Risco / Toxicidade /Exposição
- Exposição dos Aplicadores
- Condições Inseguras
- Atos Inseguros
- Teoria do Dominó (causas / efeitos)
- Princípios de Segurança

ENSINAR SOBRE, PEGAR, P&... P/ RECOMUNDAÇÃO DO
UM PRODUTO, MAS NÃO EXISTE NADA P/ EQUIPAMENTOS.
↳ SAÚDE.

- Treinamentos

Causas Distantes: estão relacionadas com antecedentes das pessoas. Exemplos: maus hábitos/ má educação/ falta de instrução. São falhas de comportamento de difícil correção.

Causas Imediatas: são resultados da falta de treinamento, para desempenho de uma atividade expondo as pessoas a riscos.

Risco: é a probabilidade de um herbicida causar efeitos adversos à saúde do aplicador. Depende da interação toxicidade e exposição.

Risco = Toxicidade X Exposição. Na era pré-histórica o homem das cavernas confeccionava suas ferramentas, armas e utilizava o fogo. Nascia com ele a segurança, pois era uma maneira rudimentar de proteção. A utilização destes instrumentos proporcionou maior proteção, mas introduziu novos riscos.

Na aplicação de herbicidas alguns fatores minimizam os riscos:

- Aquisição (Receituário Agrônomo)
- Tecnologia de Aplicação
- Equipamentos de Proteção Individual
- Técnicas de Manuseio e Utilização

APPLICADOR &
A MÍDIA
- Desmarg
- Orelha
- Proteção corporal
- Ingestão alimentos
- Danos ambiente
- Deve usar BC
- à P&E BC-BE

Cada um desses fatores devem ser analisados. Condições inseguras e atos inseguros têm que ser evitados. Para tanto é necessário levar ao aplicador de herbicidas **EDUCAÇÃO E TREINAMENTO**. A sociedade de nosso país, através da Lei 7.802, depositou no profissional de agronomia grande missão: o uso correto e seguro dos produtos fitossanitários !

Temos certeza, que o desenvolvimento da percepção do risco, aliado a um conjunto de informações e regras básicas de segurança, através de programas de educação e treinamentos, são de fundamentais importâncias para eliminar as causas dos acidentes no campo, e, a garantia da preservação da saúde e do bem estar dos trabalhadores com herbicidas.

Toxicologia/níveis = $A_{inicial} \times 100 = \text{toxic. ? / homem}$
↳ segurança.

Dose H - 60' - 1.5 - 2.0
70 - 0.66 - 1.5
80 - 1.57 - 3.73
90 - 10.4 - 15.6

IMPACTO AMBIENTAL DO USO DE HERBICIDAS

LUIZ LONARDONI FOLONI – ENGº AGRº, Ms,DR.,PROF. UNICAMP- CAMPINAS - SP

1. INTRODUÇÃO

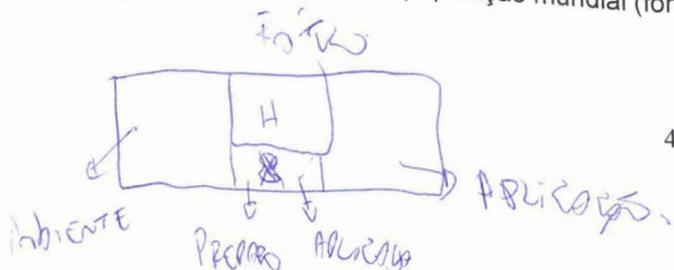
O crescimento da população a nível mundial, representou no últimos anos uma progressão exponencial, mostrando um aumento explosivo de bocas famintas por alimentos. Por outro lado a expectativa de vida também aumentou, aumentando assim a demanda de alimentos.



Estimativa da População Mundial	
ANO	POPULAÇÃO
2008	7 bilhões
2019	8 bilhões
2034	9 bilhões
2087	10 bilhões
2088	11 bilhões

Fig. 1a – Tendência da população Mundial, no período de 1960 a 2001, A população teve um crescimento dramático no século 20, com algumas estimativas de explosão demográfica no século 21.

Figura 1b. – Estimativa da população mundial (fonte FAO – In. Farm Chemical Int. (1999))



Expectativa média de vida de alguns países selecionados

entre de 1950 a 1998

	1950	1998
Europa		
França	66	78
Alemanha	65	77
Reino Unido	68	77
Africa		
Egito	42	62
Africa do Sul	45	55
Mali	33	47
Asia		
China	41	70
Japão	61	80
Australia	68	80
América do Norte		
Argentina	63	75
Brasil	51	65
México	50	72
Estados Unidos	68	77

Figura 2. Expectativa média de vida em alguns países selecionados, mostrando a variação entre os anos 1950 e 1998. Muitos fatores contribuem para o aumento da longevidade humana, mas uma dieta saudável é certamente uma das principais. (Fonte : US BUREAU OF CENSUS – International Programs Center. In Farm Chemicals International 1999.)

A agricultura passou por pelo menos 3 grandes mudanças neste século. A primeira sem dúvida foi a mecanização das atividades de trabalho.

A figura 3 mostra esta alteração nos países desenvolvidos e em desenvolvimento.

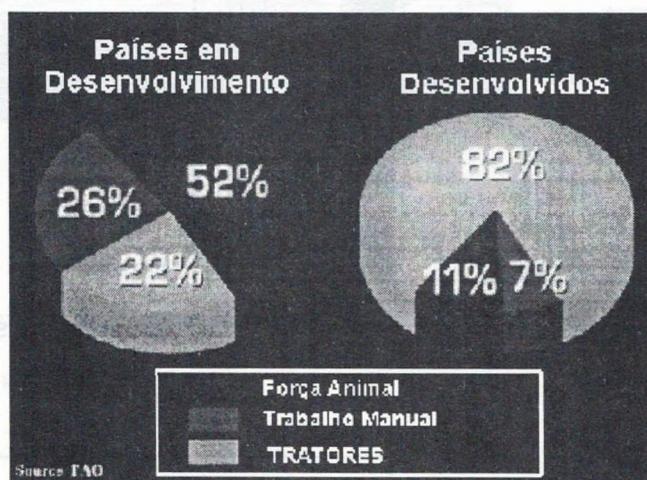


Figura 3 – Fontes de Força no Campo. A força animal ainda é a mais importante forma de lavar o campo nos países em desenvolvimento.

Com o crescimento da mecanização os países que a adotaram passaram a produzir mais, com menos pessoas.

A Segunda grande mudança foi a alteração dos modelos econômicos, deixando o setor primário para a industrialização, fato que provocou uma migração da população rural para as cidades. Assim menos pessoas teriam que dar conta de produzirem a mesma ou maior quantidade de alimentos.

A terceira grande mudança foi a utilização de plantas mais produtivas, isto é através do melhoramento genético, às variedades híbridas (ainda falaremos na biotecnologia que seria a quarta grande mudança). Estas plantas potencialmente podem produzir muito mais, conforme pode ser visto na figura 4.

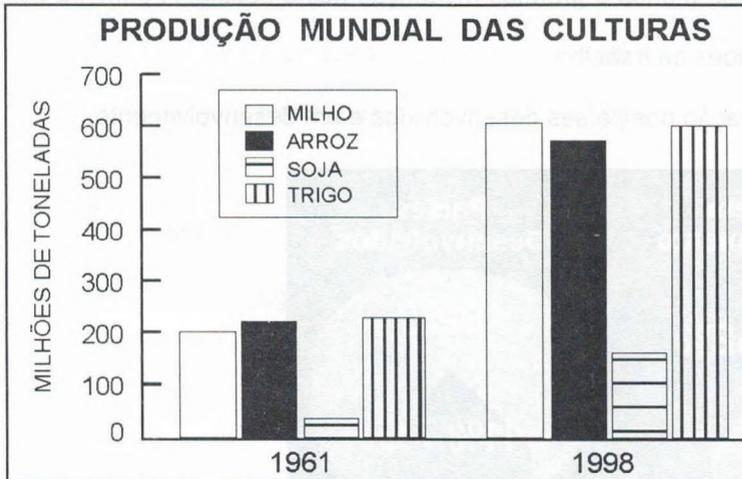


Figura 4- Produção mundial das culturas entre os anos de 1961 e 1998, aumento proporcionado pelas sementes híbridas, fertilizantes, mecanização e aplicação de produtos fitossanitários os quais aumentaram significativamente a

produtividade. (Fonte FAO)

Entretanto o aumento de produtividade conseguido através destes melhoramentos, tornou por um lado a planta mais produtiva e por outro menos resistente as adversidades, como pragas, doenças e concorrência de plantas daninhas, as quais exigem fertilizantes químicos para maximizar a produção, a figura 5 mostra o consumo mundial de fertilizantes no período de 1960 a 1998.

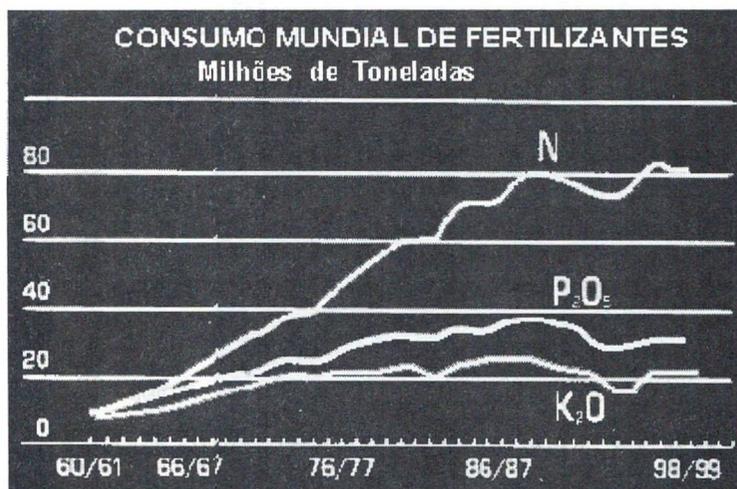


Figura 5 – Consumo mundial de Fertilizantes (em milhões de toneladas de nutrientes) no período de 1960/61 e 1998/99. O maior aumento observado é para o nitrogênio. (Fonte IFA – (In. Farm. Chem. Intern. 1999)

Da mesma forma e pelas mesmas razões cresceu o uso dos defensivos agrícolas. A figura 6 mostra estas variações.

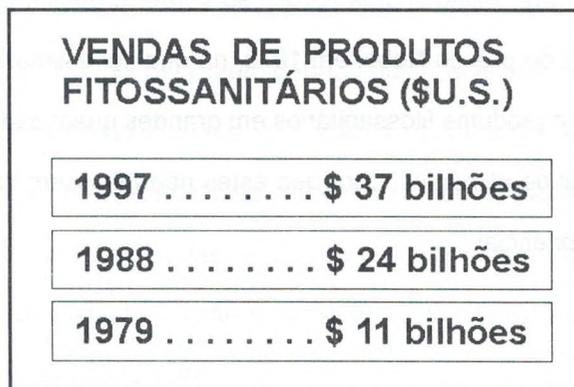


Figura 6 – Vendas de produtos fitossanitários em bilhões de dólares. Fonte EPA, STAFF Estimativas, (OCT, 1999)

Por outro lados devemos recordar, que nem todo solo se presta para atividade agrícolas, segundo a FAO, somente 11% dos solos mundiais podem ser utilizados, sem irrigação, drenagem ou outros sistemas, como solos agrícolas. A figura 7 representa os limites dos solos agricultáveis a nível mundial.

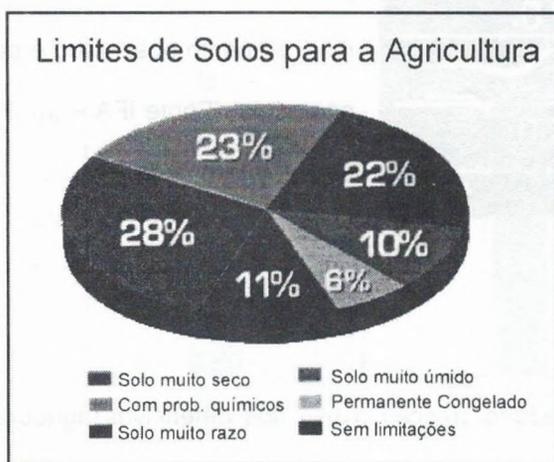
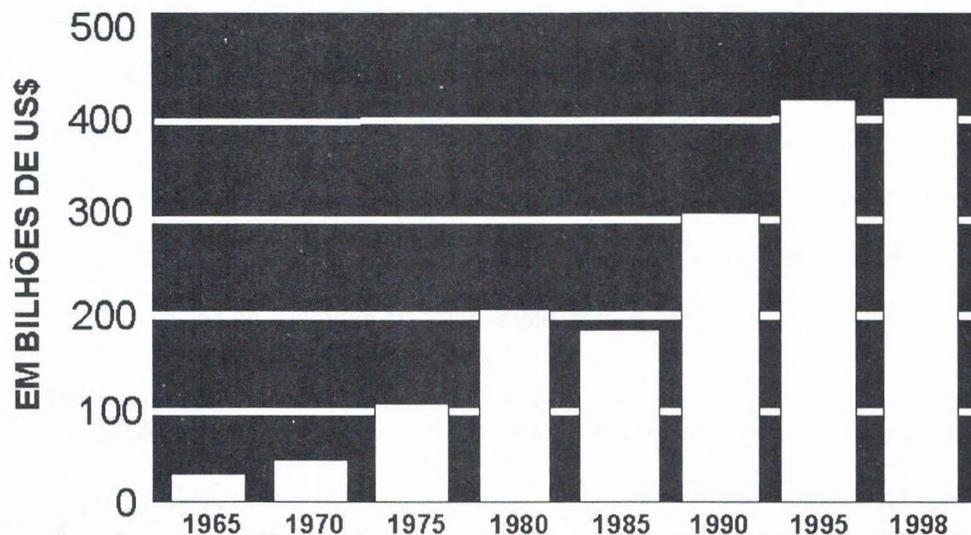


Figura 7 – Limites de solos para a Agricultura (em % dos solos totais) Fonte FAO

No final dos anos 60 foi promovido a nível mundial uma revolução verde, proposta pelo Eng. Agrônomo Dr. Norman Bourlang, ganhador do prêmio Nobel em 1970, na qual foi estimulada a utilização das plantas melhoradas, fertilizadas e produtos fitossanitários em grandes quantidades, com o objetivo de aumentar a produção mundial de alimentos, para que estes não faltassem para aquela população que aumentava de forma exponencial.

MERCADO MUNDIAL DE ALIMENTOS ESTIMATIVA TOTAL DE EXPORTAÇÕES



A figura 8 na forma de gráfico de barras mostra a evolução do cenário internacional de alimentos no período de 1966 a 1999 (em bilhões de dólares).

Fonte : ONU – DIVISÃO DE ESTATÍSTICAS

Com esta visão geral, é possível entender que a utilização dos produtos fitossanitários foi uma consequência da evolução da população e uma necessidade fundamental que ajudou a alavancar a produção de alimentos. A necessidade de seu uso tem grande importância no controle de pragas agrícolas e ela se amplia com o desenvolvimento de modelo agroexportador e agroindustrial eficiente e rentável. É hoje uma ferramenta imprescindível no desenvolvimento da moderna agricultura.

2. AVALIAÇÃO DOS RISCOS DOS PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS

Deve ser lembrado que os produtos fitossanitários ou agrotóxicos como o chama a lei, são substâncias descobertas e desenvolvidas para serem utilizadas no ambiente, como ferramentas na porteçãso de culturas. Assim, como um produto químico estranho ao meio, ele oferece um risco (Risco é a probabilidade de uma substância causar efeitos adversos. O risco envolve três componentes: periculosidade, intensidade de exposição e probabilidade de exposição). Uma representação gráfica destas interações esta expressa na figura 9.

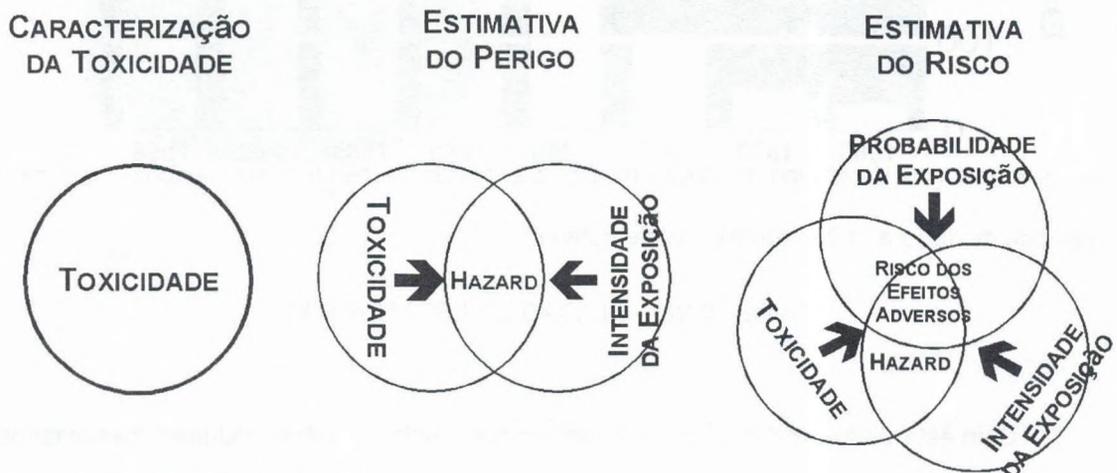


Figura 9 – Representação gráfica das interrelações entre toxicidade, intensidade da exposição e probabilidade da expressão. Fonte : Solomon (1999).

Segundo SOLOMON (1996), a avaliação dos efeitos potenciais sobre o meio ambiente de produtos fitossanitários (agroquímicos) e a revisão dos mais antigos é uma parte importante do processo de desenvolvimento e do controle regulatório (registro) desses produtos. 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.

A avaliação de risco tem um papel crucial no planejamento estratégico e na ajuda à sociedade, para estabelecer as prioridades relativas ao meio ambiente. Neste processo, a avaliação de risco oferece várias vantagens ao processo de gerenciamento de risco segundo SUTER et al, 1993, de:

- Ela fornece a base quantitativa para avaliar e priorizar riscos. Se, como geralmente acontece, todas as ações alternativas têm propriedades perigosas, não é possível fazer uma escolha sem caracterizar os riscos.
- Ela oferece meios sistemáticos para melhorar a compreensão dos riscos. Este processo sistemático pode ser usado em várias jurisdições para fornecer os mesmos resultados com os mesmos dados.
- Alicerçando as estimativas de risco e a amplitude dos efeitos em métodos científicos, a avaliação de risco oferece um meio transparente para tomar decisões ambientais, em vez de negociar soluções baseadas no poder político. Baseado numa estrutura científica e nos mesmos conjuntos de dados, qualquer assessor deveria ser capaz de chegar à mesma resposta, independentemente de suas convicções. A transparência e a consistência de tais métodos propicia a garantia de imparcialidade e permite uma análise totalmente científica dos dados para a tomada de decisão.

O emprego de estruturas para a avaliação de risco e a necessidade de medir ambas a toxicidade e exposição, os tipos de procedimentos de avaliação de risco, para avaliação do benefício do risco e do gerenciamento do risco, fazem parte deste trabalho. A seguir são dados alguns conceitos importantes, para o entendimento de avaliação de risco.

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.

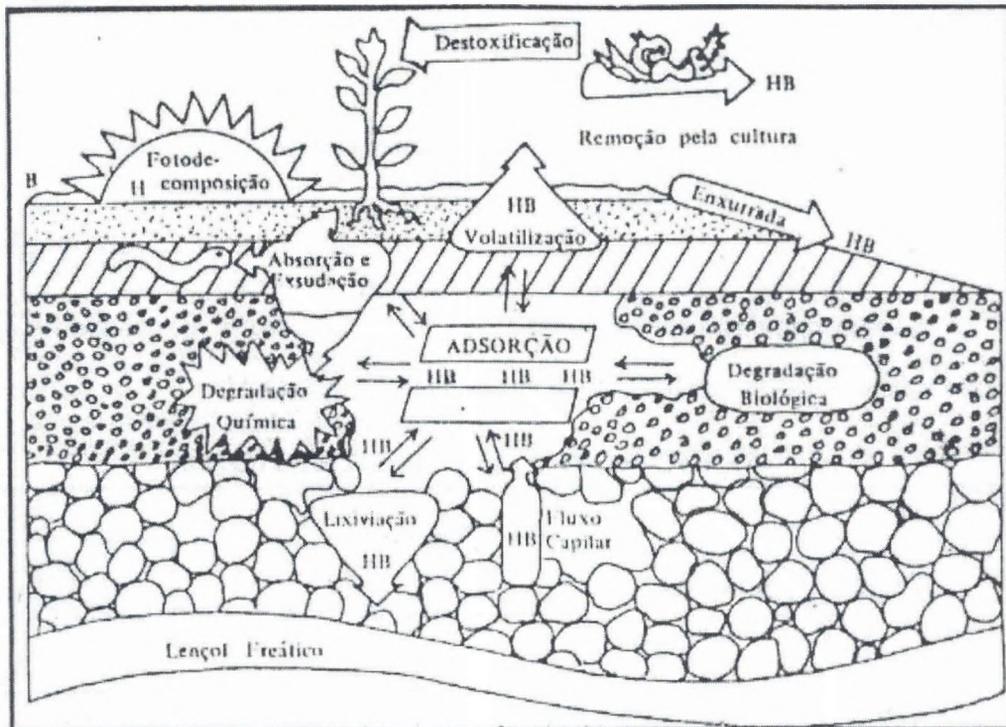
Risco: A probabilidade de uma substância causar efeitos adversos. O risco envolve três componentes: periculosidade, intensidade de exposição e probabilidade de exposição. Segurança é o contrário de risco mas não pode ser medido cientificamente.

DESTINO E MOVIMENTAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS NO AMBIENTE

Vários fatores ambientais afetam a persistência, a mobilidade e estabilidade dos produtos fitossanitários no meio ambiente (Figura 10). A persistência e a mobilidade dependem tanto da matriz ambiental na qual o produto fitossanitário está localizado, quanto das características químicas e físicas do produto.

O solo

O destino dos produtos fitossanitários no solo depende principalmente do grau em que



são adsorvidos as partículas do solo ou dissolvidos na solução do solo (figura 10)

Figura 10 – Processos influenciando o comportamento e destino de herbicidas no ambiente. Os processos de degradação são caracterizados pela separação de moléculas de herbicida (HB) intacta. Fonte Weber et al. (1973)

Dissipação dos produtos fitossanitários:

A dissipação dos produtos fitossanitários e o desaparecimento dos produtos de uma matriz, como o solo ou a água, sendo uma combinação de dois fenômenos – degradação ou

decomposição e movimentação a partir da matriz. No solo, a mobilidade e degradação são influenciadas por vários fatores:

Mobilidade	Degradação
Adsorção do solo	Atividade microbiológica
Volume de utilização	Estabilidade química
Captação por plantas e animais	Biodegradação
Lixiviação	Fotodegradação
Propensão do solo para erosão	

De um modo simplificado as figuras 11 e 12 mostram o destino dos herbicidas após a sua aplicação e a influência do conteúdo d'água na atividade do herbicida.

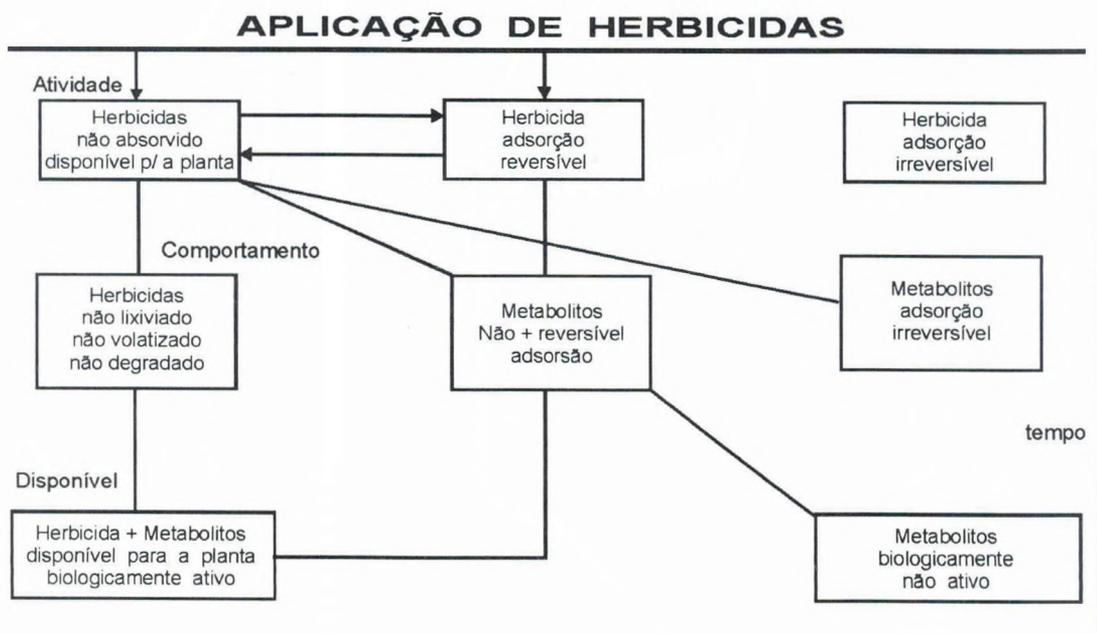


Fig. 11 - Principais fatores que determinam a disponibilidade p/ a planta fonte: SCHIMIDS & PESTEMER (1980)

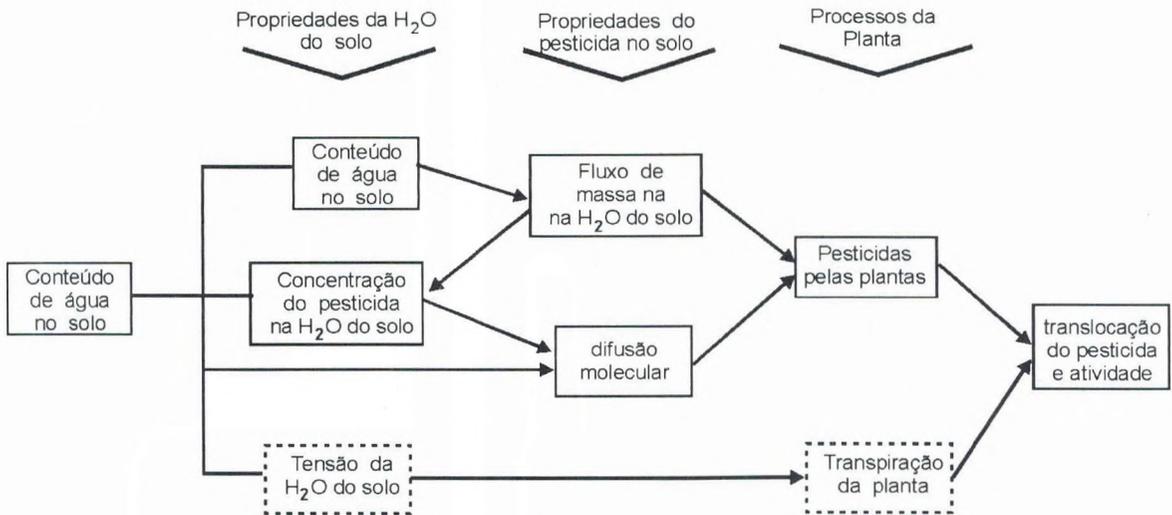


Fig. 12 – Diagrama esquemático mostrando os prováveis mecanismos pelos quais o conteúdo da água influencia a atividade do pesticida aplicado ao solo.

Degradação dos produtos fitossanitários no solo

Muitos produtos fitossanitários dissipam-se rapidamente no solo. Esse processo é denominado mineralização e resulta da conversão do produto fitossanitário em compostos mais simples como H_2O , CO_2 e NH_3 . Embora parte desse processo seja ocasionado por reações químicas como a hidrólise e a fotólise, o catabolismo microbológico e o metabolismo são geralmente os meios principais de mineralização. Os microorganismos do solo utilizam o produto fitossanitário como fonte de carbono e outros nutrientes. Algumas substâncias químicas (por exemplo 2,4-D) são rapidamente decompostas no solo, enquanto outras não são atacadas tão facilmente, são moderadamente persistentes e os resíduos podem durar até o ano seguinte (Atrazina).

ÁGUA

Fontes de contaminação por produtos fitossanitários

Aplicações intencionais (diretas)

Controle de pragas como mosquitos, borrachudos e mosquitos-pólvora. Geralmente são inseticidas a base de organoclorados e organofosforados e produtos em arroz irrigado Herbicidas para o controle de plantas daninhas como o diquat, ésteres de 2,4-D e glifosate. Aplicações não-intencionais (indiretas) A contaminação da água pode ocorrer através de vários mecanismos:

- Precipitação atmosférica
- Erosão do solo
- Efluentes industriais
- Esgotos municipais
- Derramamentos
- Outras fontes.

Fatores que influenciam o destino dos produtos fitossanitários em sistemas aquáticos.

PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DO PRODUTO.

Hidrossolubilidade, volatilidade, estabilidade contra a degradação por fatores abióticos (hidrólise, fotodecomposição) e bióticos (degradação microbiana) - tudo isso é importante.

OUTRAS SUBSTÂNCIAS NA ÁGUA

A composição química como a dureza (como CaCO_3), ou a salinidade influenciam a toxicidade através da formação de complexos químicos.

PH.

A hidrólise de organofosforados e de inseticidas à base de carbamato é fortemente influenciada pelo pH. Apesar de estáveis em pH's baixos (5-7), esses inseticidas são rapidamente hidrolisados em pH's altos (7-10). Por outro lado, herbicidas a base de triazianas são mais estáveis em $\text{pH} > 7$.

TEMPERATURA

O aumento de temperatura geralmente provoca um aumento nos índices de reações químicas, solubilidade, adsorção, volatilização, degradação biológica, etc.

SEDIMENTO

Dependendo de sua natureza química, o produto fitossanitário irá dividir-se na fase aquosa ou ser adsorvido a sedimentos em suspensão e/ou no fundo. Geralmente, os produtos fitossanitários de baixa hidrossolubilidade (alto log P) serão adsorvidos a sedimentos que podem agir como reservatórios para produtos fitossanitários persistentes. Os produtos fitossanitários adsorvidos não se degradam rapidamente.

VIDA AQUÁTICA

A degradação biológica por intermédio de microorganismos, plantas e animais pode também ser importante na decomposição dos produtos fitossanitários na água.

A biodisponibilidade de um produto aos organismos está principalmente relacionada a concentração real do produto fitossanitário na água e no ar contido no solo (porosidade). A adsorção de produtos fitossanitários às partículas do solo diminui a sua disponibilidade para as plantas e os organismos do solo e, similarmente, a adsorção de produtos fitossanitários aos sedimentos diminui a sua disponibilidade para os peixes e outros organismos aquáticos. As propriedades do solo afetam a adsorção e a dessorção dos produtos fitossanitários da seguinte forma: quanto mais dissolvida na água do solo a substância química estiver, mais biologicamente disponível ela estará.

A biologia do organismo pode também afetar a biodisponibilidade do produto. Por exemplo, a biodisponibilidade será reduzida se o organismo não estiver presente na área, se ele não ingerir sementes tratadas, plantas ou granulos da formulação, ou se o produto fitossanitário for repelente.

Um dos fatores mais importantes no processo inicial de biodisponibilidade (captação) de produtos para os organismos aquáticos e a lipossolubilidade cu a partição em lipídios. Essa propriedade físico-química de uma substancia química e normalmente expressa como a proporção entre a sua solubilidade na água e em materiais do tipo lipideo, como é o caso do octanol - o exemplo experimental mais comum. Essa relação é então expressa como a proporção entre as concentrações no octanol e na água, sendo conhecida como o coeficiente de partição octanol/água, K_{ow} que, convertido em logaritmo, é conhecido como $\log P$.

$$K_{ow} = \frac{[C]_o}{[C]_w} \quad \log P = \log_{10} K_{ow}$$

Em equilíbrio, e sendo todos os outros fatores iguais, o K_{ow} é uma boa forma de prever a bioacumulação, sendo que as substancias com um K_{ow} elevado também tenderão a se bioacumular em alto grau, a menos que sejam facilmente metabolizadas ou depuradas do organismo. A utilização do K_{ow} para prever a bioacumulação foi demonstrada por COWAN et al (1995).

O quadro 1 demonstra a relação entre o ecossistema e suas relações com a cadeia alimentar e a bioacumulação e biomagnificação.

Bioacumulação	Movimentação do produto fitossanitário da matriz para dentro do organismo.
Biomagnificação	Combinação do movimento do produto fitossanitário da matriz para dentro do organismo e através da cadeia alimentar
BCF	Fator de bioconcentração (bioacumulação), geralmente determinado experimentalmente .
BAF	Fator de bioacumulação (bioconcentração), geralmente determinado experimentalmente e semelhante ao BCF
Cadeia alimentar	Interação linear de organismos em um ecossistema em termos de consumo de alimentos, ex: planta para herbívoro, para carnívoro, para decompositor.
Teia alimentar	Complexo de interações nutricionais dentro de um ecossistema.
Ecossistema	Conglomerado de todos os organismos em uma determinada área, mais as interações desses organismos com as porções não vivas da área

Quadro 1 – Relações do ecossistema e a cadeia alimentar

ECOSSISTEMAS

Ecossistemas podem ser definidos como unidades funcionais da Biosfera, normalmente auto-sustentáveis e quase sempre sujeitos a perturbações. Qualquer área com uma delimitação

definida através da qual o "input" (entrada) e o "output" (saída) de energia e matéria possam ser medidos, contendo 3 componentes principais (produtores, consumidores e decompositores) e mecanismos de auto-regulação, pode ser caracterizados como ecossistema (Miller, 1975). Um ecossistema terrestre pode ser dividido basicamente em 3 compartimentos com respeito à biomassa viva; o compartimento dos produtores primários, o compartimento dos consumidores (que inclui todos os herbívoros e carnívoros) e o compartimento dos decompositores.

Agroecossistemas

Agroecossistemas são estruturas mais complexas do que qualquer outro ecossistema terrestre. Além do ciclo de material e fluxo de energia, comum aos ecossistemas terrestres, existem muitos processos manipulados pelo homem. A maioria deles modificando "inputs" e "outputs" e também afetando a taxa de relacionamento interno dos sistemas.

Ainda segundo SANTOS (1984) o manejo necessário para a manutenção de um agroecossistema pode ser comparado com o manejo necessário para tentar manter uma área em seus estádios iniciais de sucessão ecológica. O principal interesse, na manutenção de agroecossistemas, tem sido maximizar a produção agrícola utilizando-se da manipulação genética de plantas, associada a uma alta mecanização do trabalho. Portanto, a maximização da produção tem sido conseguida através da diminuição da diversidade dos produtores primários criando sistemas altamente especializados. Esses sistemas atraem consumidores e parasitas igualmente especializados na alocação de recursos que estão concentrados em altas densidades e de forma homogênea. Este estado altamente especializado, só é mantido pela tecnologia que direciona esses sistemas cujo controle de qualidade depende muito diretamente da energia de combustíveis fósseis e seus derivados como fertilizantes e produtos fitossanitários (Haynes et al., 1980).

Os componentes bióticos de um ecossistema (como visto na definição), podem ser divididos em três grandes grupos: - Os produtores - Os consumidores - Os decompositores Assim

os produtores são as plantas (fotossintéticas). Os consumidores (animais) podem ser divididos em vários níveis. Primários (que utilizam os produtores diretamente, ex.: herbívoros e onívoros) Secundários (alimentam-se de consumidores primários, ex.: carnívoros) Terciários (alimentam-se de consumidores secundários, ex.: carnívoros mais evoluídos).

Os passos a seguir que descrevem os princípios da avaliação de risco, foram compilados de um trabalho sobre Avaliação de Risco de Agrotóxicos, organizado por A.ALVES, E. TIKOTAKA, F.A.D. ZAMBRONE, H.MAZOTINI, J.S.BRITO, L.L.FOLONI, M.B.VALADÃO, R. BRAATZ e S.SCHWARTSMAN os quais são resultados de um grupo de trabalho.

Por estar de forma sumarizada e organizada, cabe perfeitamente dentro do escopo do presente trabalho, para atender o processo de avaliação de risco.

3. PRINCÍPIOS DA AVALIAÇÃO DE RISCO

A toxicidade é inerente ao produto, enquanto o risco é a probabilidade da ocorrência de efeitos adversos, como resultado da toxicidade e da exposição.

Do ponto de vista técnico, a parte primordial do processo de decisão sobre como e quando usar agrotóxicos é o da Avaliação de Risco, que consiste no processo de determinar a magnitude, os graus e as probabilidades da ocorrência de efeitos adversos que podem resultar do uso de um agrotóxico.

A avaliação de risco é efetuada obedecendo as etapas seguintes:

- Definição do problema e sua contextualização
- Análise dos riscos associados com o problema, dentro do contexto
- Exame das opções para abordagem dos riscos
- Tomada de decisões com as opções para implementação
- Ações para implementação das decisões

- Acompanhamento e avaliação dos resultados das ações

Este conjunto de ações pode ser representado graficamente como se segue na figura 12.

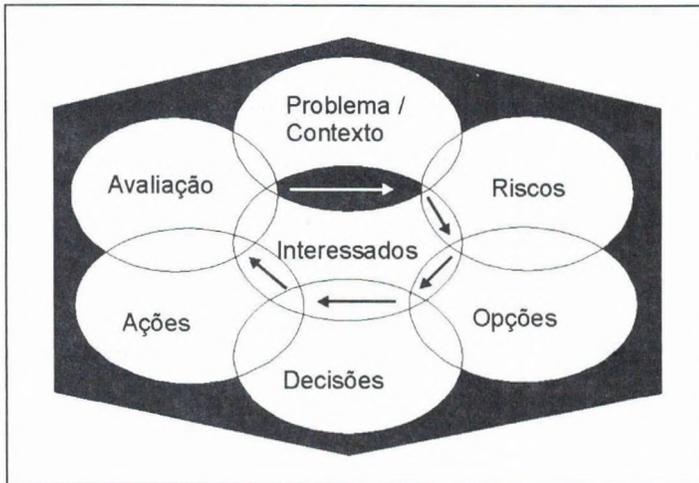


Fig. 12 . As sei etapas do gerenciamento de risco

Na definição do problema deve-se considerar:

- Identificação e caracterização do problema:
 - Perigo
 - Exposição
- Contextualização:
 - Multifontes
 - Multiambientes
 - Multiquímicos
 - Multiriscos
- Identificação das metas do Gerenciamento do Risco
- Identificação dos Gerenciadores do Risco
- Processo de envolvimento dos interessados

A origem científica da avaliação de risco surge no campo da proteção à saúde humana e ao meio ambiente, passando por grande evolução desde sua primeira implantação. Este processo de avaliação de risco surge do interesse em conhecer a exposição a vários agentes suspeitos de causarem reações adversas para a saúde e ao meio ambiente, por seus efeitos agudos como pelo desenvolvimento de câncer, defeitos congênitos, perturbações neurológicas e de outros problemas patológicos crônicos, assim como pelos efeitos residuais no solo, na água, no ar, nas plantas e fauna.

4 - COMPONENTES DA AVALIAÇÃO DE RISCO

4.1. Identificação do perigo

A identificação do perigo, que constitui o primeiro passo na avaliação do risco, visa a obtenção de dados sobre os efeitos adversos de uma substância.

Estas informações são obtidas pela execução de provas, testes e estudos, incluindo:

- Epidemiologia
- Toxicologia em animais de laboratório
- Bioensaios
- Estudos clínicos no homem
- Provas in vitro.

São também importantes os estudos de toxicocinética, determinando as biotransformações que uma determinada substância sofre no organismo humano e as pesquisas

sobre toxicodinâmica para avaliar os efeitos causados em diferentes tecidos, órgãos e sistemas do organismo humano.

Os estudos sobre a identificação do perigo incluem, ainda, as pesquisas necessárias para saber se determinados efeitos adversos, observados em animais de laboratório ou em determinados grupos de animais, têm a possibilidade de ocorrer no homem.

A identificação do perigo, quanto a toxicidade humana e animal considera, as seguintes características de um produto:

- Identidade e pureza
- Propriedades físicas e químicas
- Toxicocinética e biotransformação
- Toxicidade animal e humana, estudada através de ensaios in vitro e in vivo, quanto a:
 - efeitos agudos
 - efeitos crônicos
 - genotoxicidade
 - reprodução e teratologia
 - neurotoxicidade
 - metabólitos
 - outros

- Estabelecimento de dose sem efeito adverso observável:

NOEL/NOAEL

são:

Os pontos críticos a serem considerados como risco na agricultura

- Eficácia
- Fitotoxicidade

- Seletividade
- Efeitos sobre organismos não-alvo
- Resistência
- Tecnologias de aplicação e formulação
- Períodos de carência
- Resíduos
- Outros aspectos de interesse agrônomo

No tocante ao meio ambiente os testes para a identificação do perigo envolvem:

- Ecotoxicidade - envolvendo estudos com pássaros, peixes, crustáceos, algas, plantas aquáticas, minhocas, microorganismos do solo, artrópodos benéficos e abelhas.

- Propriedades físicas e químicas

- Degradação e transporte - fotólise, hidrólise, degradação no solo e água, mobilidade no solo e volatilidade

- Bioacumulação
- Toxicidade para animais superiores
- Outros estudos relevantes para o meio ambiente.

4.2. A Avaliação da Dose Resposta

Tem por objetivo obter os dados técnicos para que se possa caracterizar o perigo representado pela substância em relação ao seu uso na agricultura, bem como a quantidade ou dose de exposição à substância e os efeitos adversos que ocorrem a cada nível.

Paradigmas do Risco à Saúde Humana - considera as fontes de emissão, a exposição, a dose e as respostas do organismo, todos dependentes de mecanismos determinantes da

liberação, transformação, disponibilidade, dano e reparo do organismo. Esquematizando pode-se obter o seguinte quadro:

FONTES	EXPOSIÇÃO	DOSE PARA OS ÓRGÃOS ALVOS	RESPOSTAS À SAÚDE HUMANA
Ambiente de trabalho	Ar	Pele	Câncer
Emissões industriais	Gases	Pulmões	Efeitos genéticos
Uso de Produtos	Vapores	Trato gastrointestinal	Doenças funcionais,
	Água	Fígado	etc
	Alimento	Rins, etc	
AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO		CARACTERIZAÇÃO DO RISCO	
		- Identificação do Risco	
		- Relação dose-resposta	
<i>AVALIAÇÃO DO RISCO</i>			

Os principais pontos a serem considerados são:

- Indicações de uso: cultura, alvo a ser controlado, dose
- Tipo de uso: forma de aplicação, época e frequência da aplicação
- Extrapolação dos resultados obtidos em animais para o homem
- Ajustes para diferenças de reações entre animais e homens
- Determinação da dose abaixo da qual não se observam efeitos adversos.

4.3. Estimativa de Exposição

Visa estimar as reações adversas ou tóxicas de uma substância e as condições de exposição à mesma, tanto para caracterizar a natureza dos efeitos adversos que possam ocorrer durante a fabricação, uso, consumo ou descarte, como para determinar a probabilidade de ocorrência desses efeitos no homem e no meio ambiente.

A análise deve estar baseada no perigo representado pelo produto e a exposição ao mesmo. A análise cuidadosa do peso de cada evidência científica, que suporta as conclusões sobre o risco potencial a saúde humana e ao meio ambiente, poderá permitir um gerenciamento adequado.

Estes estudos incluem, também, a estimativa da natureza e do tamanho da população exposta à substância e a determinação da magnitude ou intensidade da exposição e sua duração.

Pontos importantes a serem considerados:

- Característica do produto
- Extensão da cultura
- Tipo de cultura
- Tipo de equipamento usado
- Modalidade de aplicação
- Ciclo da cultura
- Modalidade da prática agrícola
- Contato e absorção
- Exposições.

Para conhecimento dos níveis de exposição sofrido é importante a integração dos dados disponíveis, através de múltiplos recursos. Assim sendo, verifica-se que:

1. No passado: os estudos tinham por base estudos epidemiológicos e controles de estudos clínicos. Os estudos eram conduzidos para o propósito de vigilância epidemiológica, validando os procedimentos de controle.

2. Atualmente: a utilização de dados de estudos moleculares, celulares e em animais de laboratório para apoio. A utilização destes dados permitem a extrapolação: entre espécies; de sistemas ou órgãos, para o mamífero como um todo; de alta para baixas exposições.

A ciência procura antecipar-se aos acontecimentos, não esperando a ocorrência de efeitos adversos para concluir sobre os riscos que podem decorrer em casos de exposição. Se outrora a observação dos efeitos adversos era qualitativa, o que se procura estabelecer hoje é a quantificação da resposta do organismo à doses definidas de um agente tóxico.

4.4. Caracterização do Risco

Com base nos estudos anteriores, procura-se determinar os pontos e situações críticos e as alterações possíveis nas condições de emprego ou consumo.

Esta fase inclui a integração dos dados e análises efetuadas nas três etapas anteriores, com a finalidade de determinar a possibilidade de grupos populacionais apresentarem quaisquer das formas de toxicidade e ecotoxicidade associadas à exposição a uma substância.

A questão básica a ser respondida nesta etapa é, qual a incidência esperada de um efeito adverso e qual a sua gravidade ?

Para isto, devem ser cuidadosamente analisados os dados obtidos nas etapas anteriores, os critérios científicos quanto às variações entre diferentes espécies e os fatores de incerteza ou de segurança utilizados.

A caracterização do risco representa ponte de ligação importante entre os dados científicos obtidos nos diferentes estudos e as decisões governamentais, quanto à regulamentação e, também, as de ordem política sobre o gerenciamento e comunicação do risco.

A caracterização do risco tem por base:

- A natureza e a probabilidade do risco para a saúde e ao meio ambiente
- Risco individual ou coletivo, na fauna e flora
- Probabilidades diferentes para diferentes indivíduos
- Severidade dos efeitos adversos ou impactos previamente identificados
- Reversibilidade dos efeitos
- Evidências científicas e o seu peso para suportar as conclusões
- Incerteza sobre a magnitude e natureza do risco
- Alcance das informações sobre a natureza e a probabilidade de risco
- Confiança do analista sobre as predições feitas
- Outras fontes que podem causar o mesmo tipo de efeito
- Contribuição da fonte específica para o risco total para o mesmo efeito, na comunidade e no meio ambiente afetados
- Distribuição do risco em relação a outros riscos na comunidade e no meio ambiente
- Possibilidade de outros impactos na saúde humana ou ambiental.

A figura 14 procura agrupar estes conjunto de informações e alcance dos riscos:

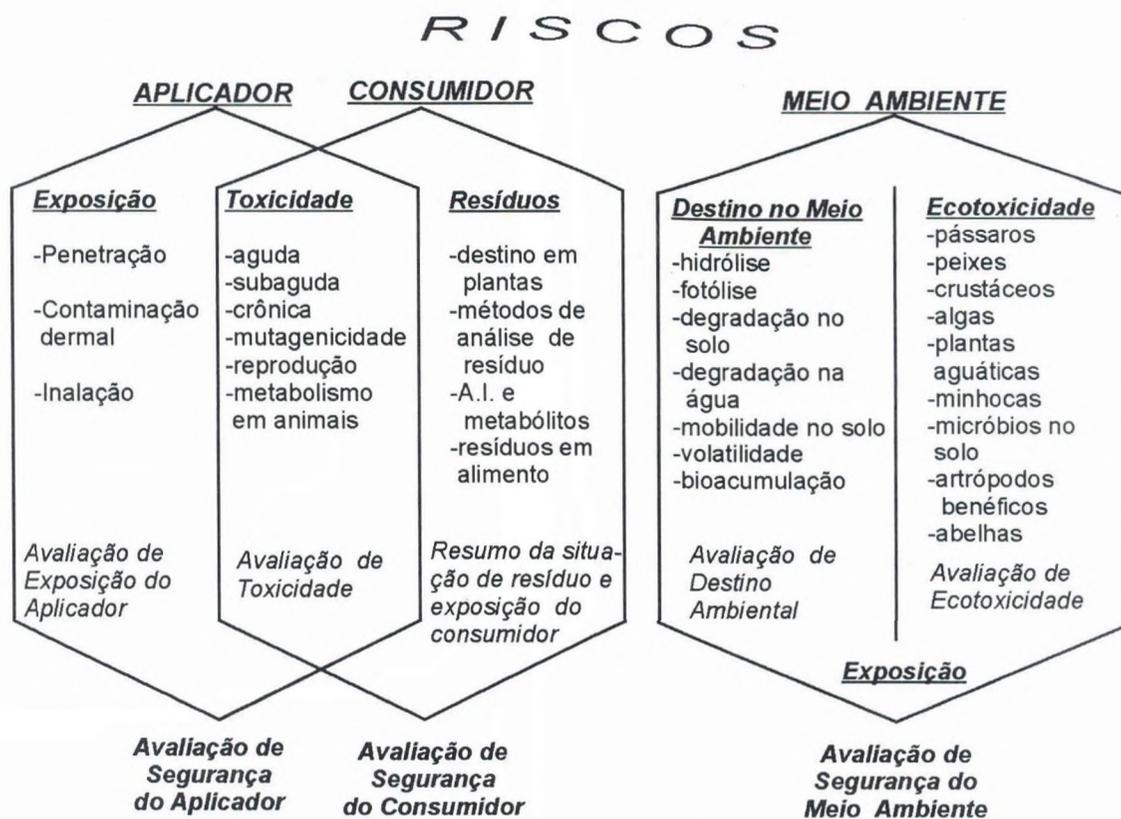


Figura 14 – Avaliação dos riscos e segurança para diferentes grupos

A avaliação dos resultados é efetuada pela:

- Relação dos estudos de exposição com os estudos de efeitos na saúde e/ou meio ambiente
- Determinação das diferenças regionais na prevalência e incidência de doenças ou outros efeitos danosos relacionados com o risco
- Informação sobre taxas de incidência de doenças ou outros danos, especificamente relacionados com causas ambientais

- Identificação de causas ambientais mais importantes na etiologia de doenças.

4.5. Gerenciamento do Risco

Concluindo o processo científico de avaliação do risco, devem ser estudadas as medidas relacionadas ao gerenciamento do risco. Procura-se, deste modo, minimizar o risco tanto quanto possível considerando as condições de produção, de uso e do consumo das diferentes substâncias químicas no país.

O gerenciamento do risco é uma decisão técnica e política e depende dos interesses relacionados com a produção, comercialização, consumo ou emprego de uma determinada substância no país.

O risco pode ser diminuído através da adoção de medidas que limitam a exposição, como:

- Modificação de formulações
- Modificação no modo de aplicação
- Modificação no intervalo de aplicação
- Comunicação das recomendações e do potencial de perigo
- Treinamento, educação e capacitação dos aplicadores
- Criação de zonas tampão para proteção da vida selvagem.

O gerenciamento do risco pode ser dividido em etapas, com que fazem interface os interessados (stakeholders):

- Problema / contexto
- Avaliação
- Ações
- Decisões

- Riscos
- Opções

A figura 15 mostra como pode ser utilizado o gerenciamento de risco para atenuar um perigo potencial um risco aceitável.

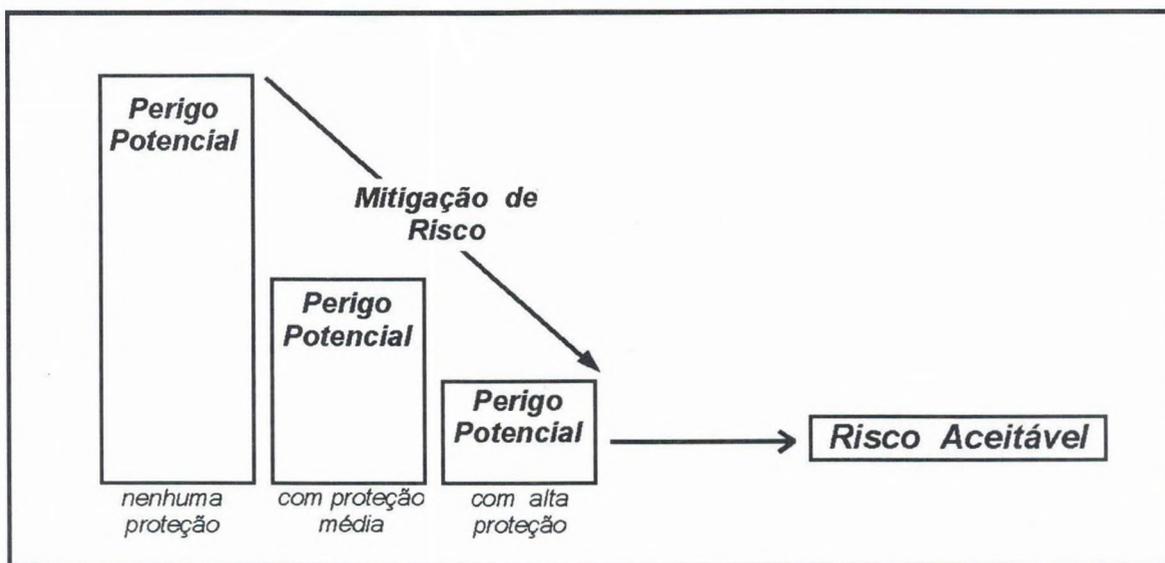


Figura 15 – Gerenciamento de risco – possibilidade de reduzir o perigo potencial

Para a escolha de opções deve-se supor os pontos seguintes

- Criatividade, imaginação e abertura
- Identificação das opções:
 - regulatórias
 - não-regulatórias
- Análise das opções:

- benefícios esperados e eficácia
- custos e praticabilidade
- limitações tecnológicas, legais e políticas
- distribuição dos custos e benefícios
- conseqüências adversas potenciais

A figura 16 mostra a interrelação entre pesquisa, análise do risco e gerenciamento de risco, as fases de seu desenvolvimento e a quem cabe as decisões.

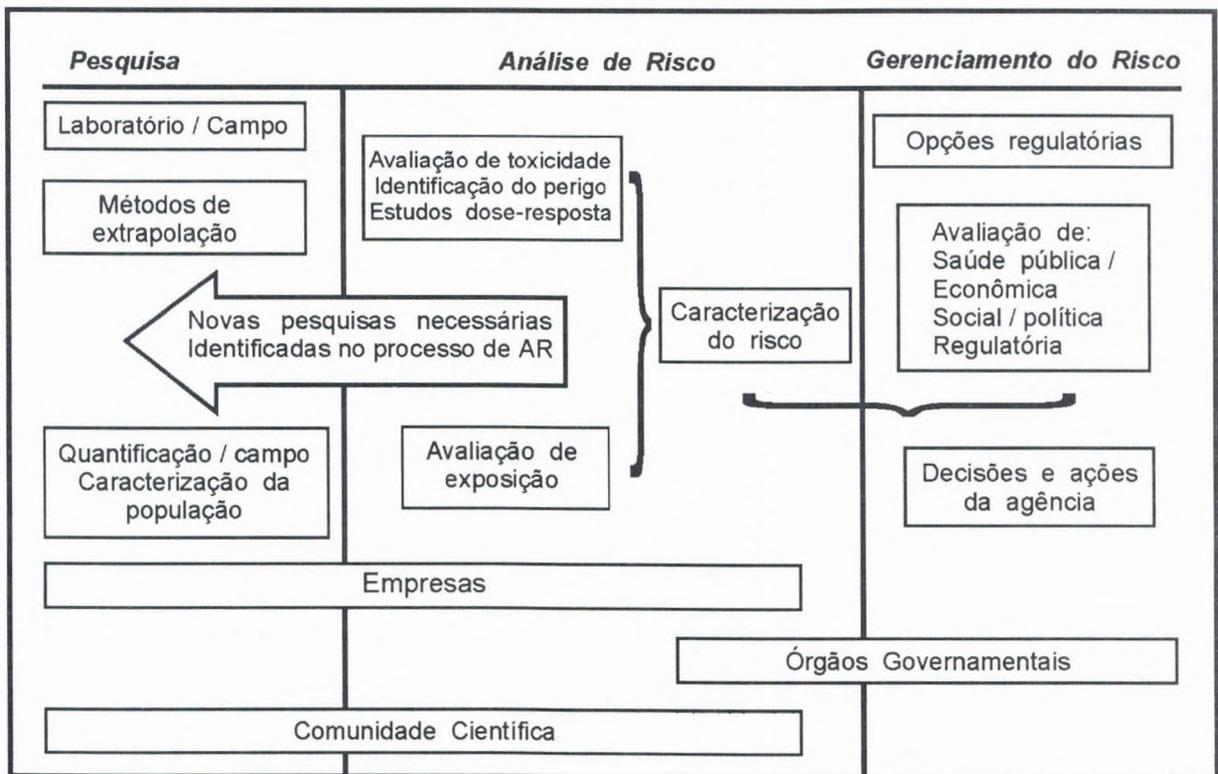


Figura 16 – Interrelação dentro de uma análise de risco e a quem compete sua responsabilidade

(fonte ILSI – 1999)

4.6. Conclusões

As abordagens sobre a avaliação de risco devem estar apoiadas em bases sólidas e científicas com gerenciamento correto.

A avaliação de risco requer a participação harmônica de um grupo multidisciplinar e interinstitucional, visando ampliar e melhorar os conhecimentos sobre a "ciência do risco", cooperando no diálogo para conseguir uma abordagem balanceada sobre a regulamentação do risco.

Cabe salientar que entre as etapas e ações desenvolvidas desde a identificação do perigo, análise do risco e gerenciamento do risco, as atividades desenvolvidas envolvem o governo, a comunidade científica e o setor privado. O setor privado estará envolvido desde a pesquisa até a análise do risco, a comunidade científica acompanha desde o início da pesquisa até o gerenciamento, cabendo ao governo a tomada de decisão e a fiscalização.

Diante do contexto apresentado, um produto deverá ter seu registro autorizado somente quando os benefícios de seu uso for muito maior que os ventuais riscos a saúde e ao meio ambiente.

Se um risco for avaliado como sendo inaceitável, a reação regulamentadora é a de estabelecer algum tipo de moderação. A moderação dos risco dos produtos fitossanitários tem um único objetivo: reduzir a exposição. As ferramentas utilizadas na moderação são tantas quanto o número de produtos fitossanitários mas, de uma maneira geral, há dois tipos de ferramentas: técnicas e regulamentadoras.

As tecnologias utilizadas para reduzir a exposição estão em constante mutação e desenvolvimento. As ferramentas técnicas de redução incluem uma ampla gama de procedimentos, dos quais muitos são específicos da situação. O tratamento posterior dos efluentes é geralmente usado nas instalações industriais. Quanto ao uso de produtos fitossanitários, há

muitas opções disponíveis, indo da modificação do bico de pulverização até práticas culturais e de manejo integrado de pragas. Estas opções são numerosas e muitas vezes específicas a localização e trabalho.

5. AVALIAÇÃO DO RISCO BENEFÍCIO

Os Produtos fitossanitários, devido principalmente a prevenção de perdas de produção, tem reduzido substancialmente o custo do alimento. Estes produtos também tem 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:

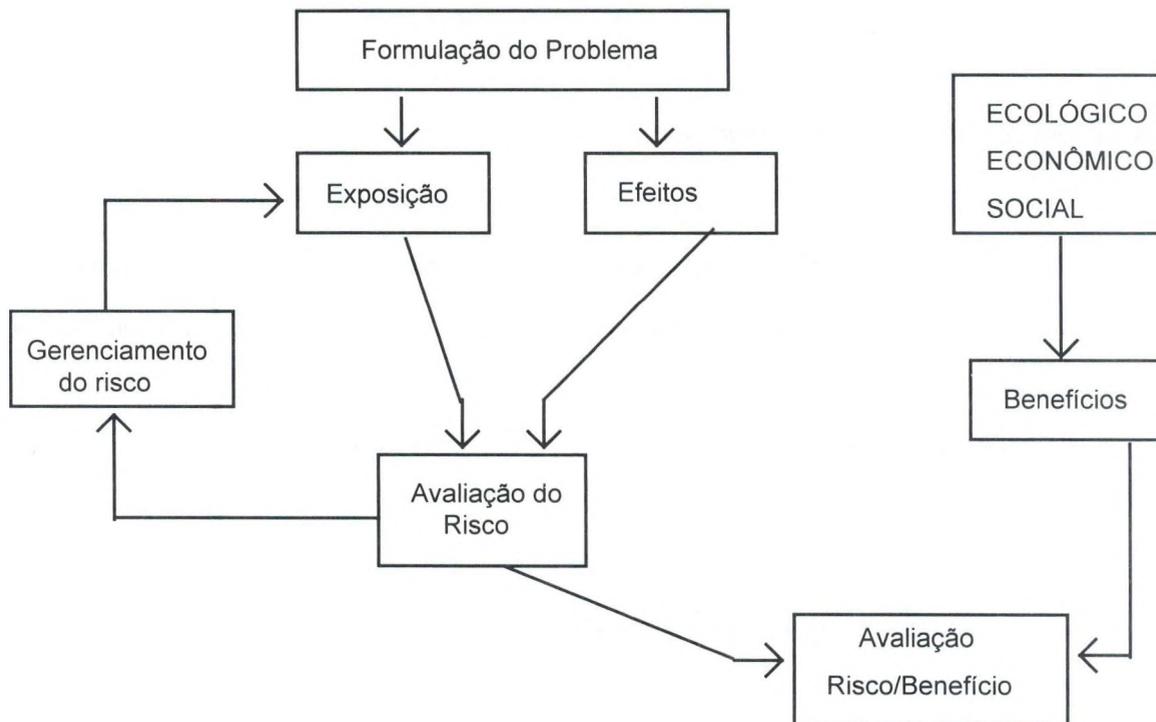


Figura: 17 - A avaliação do risco e as análises de risco/benefício como parte de desenvolvimento dos produtos fitossanitários e do processo de registro. Fonte: FAO.

6. PLANTIO DIRETO E SEU IMPACTO NO MEIO AMBIENTE

No decorrer deste trabalho procurou-se mostrar as relações econômicas, sociais, toxicológicas e ambientais as quais no seu todo permitem a avaliação do risco ecotoxicológico. Dentre os diferentes métodos demonstrados, análises são efetuadas (ou a sua estimativa) principalmente do ponto de vista ecológico. Consideram sobretudo a exposição dos produtos químicos e seus efeitos nos objetivos não alvos. Num sistema racional, pesam os benefícios e com

isso procuram priorizar os riscos. (avaliação do risco/benefício). Dentro destes, colocam como benefícios a maximização do uso da terra, a redução da erosão e preservação do solo, citando explicitamente o sistema de Plantio Direto.

O paradigma para o desenvolvimento sustentado dos agroecossistemas preconiza aumentar a produção agrícola considerando a capacidade de assimilação da natureza e a recuperação dos recursos naturais. De acordo com estes princípios, o sistema plantio direto (SPD) na palha é a prática mais indicada para a conservação do solo e para a recuperação da fauna dos agroecossistemas. Neste contexto, os inimigos naturais encontram condições favoráveis para a sobrevivência e o manejo de pragas pode ser praticado em sua plenitude. (GRASSEN, 1995)

O sistema tradicional de preparo convencional de solo (PC), através de aração e de gradagens, incluindo a queima de palha, determinam a redução da fauna a níveis mínimos, favorecendo a ocorrência de pragas de ciclo biológico curto disseminadas pelo vôo. O SPD, com abundância de palha na superfície do solo, beneficia o retorno da fauna diversificada. Muitas espécies nativas, voltam a estabelecer-se em lavouras sob SPD, algumas causando danos as plantas, outras decompondo resíduos vegetais ou predando insetos. (GRASSEN, 1995)

Em recente trabalho, realizado no Paraguai (RÖMBKE, 1997) e patrocinado pela GTZ, foram avaliados dois locais distintos: FRIESLAND (região central - solo arenoso) e OBLIGADO (região sudeste - solo argiloso) sob três condições de uso: plantio convencional, plantio direto e floresta nativa (ecossistema). A análise da macrofauna, mesofauna, recolheu e classificou aproximadamente 2.000 animais. A conclusão dos outros foi de que a biodiversidade dos grupos de fauna do solo diminuiu na ordem de florestas (122 grupos) plantio direto (65 grupos) e convencional (58 grupos). Há ainda uma diferença quanto a abundância dos grupos, em função do tipo de cultura. (RÖMBKE, 1997)

O Quadro 2 mostra estes resultados

Grupos de organismos	Plantio	Plantio Direto	Florestas
	Convencional AD	A D	A D
FRIESLAND			
Oligochaeta	++ O	+++	+++ □
Mesoarthropoda*	+ □	+ □	++ □
Araneida	+ □	++ O	O
Chilopoda	--	+ O	+++ □
Diplopoda	--	+ O	+++ □
Blattodea	--	+ O	+ O
Coleoptera	+ O	+++ □	+ O
Diptera	O	++ □	++ □
Hemiptera	++ O	+++ □	+ □
Hymenoptera	=	++ O	+++ □
Isoptera	+ O	--	+++ □
OBLIGADO			
Oligochaeta	O	+++ O	++ □
Mesoarthropoda*	O	++ O	+++ O
Araneida	+ O	+ O	+++
Chilopoda	+ O	+++ O	++ □
Diplopoda	+ O	+++ □	
Blattodea	--	--	
Coleoptera	++ O	+++ □	
Diptera	+ O	--	+ O
Hemiptera	+++ O	+ O	+ O

Hymenoptera	+ O	+ O	+ + + □
Isoptera	+ O	+ + + O	O

QUADRO 2 : Abundância relativa e diversidade de grupos de organismos de solo, coletados em dois campos (plantio convencional e plantio direto) e em floresta, em dois locais (FRIESLAND e OBLIGADO) no Paraguai. (Grupos de < 10 indivíduos por local foram omitidos).

(A) Abundância : + baixo, ++ médio, +| alto, - sem sinais

(B) Diversidade : O baixo, □ médio, □ alta.

GRASSEM(1995) cita ainda que em função da diversidade da fauna no SPD, as estratégias de controle e de manejo de pragas são diferentes das adotadas nas lavouras sob PC. O SPD na palha permite o retorno da fauna nativa diversificada sendo necessário evoluir nas decisões de manejo para tirar maior proveito dos fatores de controle natural das espécies praga.

Considerando que o plantio direto leva uma carga maior de herbicidas, pois estes inicialmente fazem a operação de manejo - eliminação das plantas para a formação da cobertura mostra - substituindo o preparo do solo, no sistema convencional. Tal volume de produtos químicos, aparentemente deveriam prejudicar o solo, mas quando se compara os riscos com os benefícios, por qualquer critério ou sistema, observa-se que o plantio direto, por diminuir ou eliminar a erosão (este sim o maior fator poluente agrícola do meio ambiente) propicia ao longo do tempo melhores colheitas - produtividade, maximização do uso da terra, promovem a volta da vida biológica aos solos. Todos estes resultados indicam que este sistema leva ao caminho de sustentabilidade da agricultura.

7 . CONCLUSÕES

Do exposto, pode-se concluir que:

- a) Todos os produtos fitossanitários devem ser considerados como tóxicos, mesmo aqueles de baixa toxicidade. Isto porque o grau de toxicidade é estabelecido a luz dos conhecimentos atuais. Assim, devem ser sempre tomadas adequadas precauções durante o manuseio e aplicação de todos os produtos fitossanitários (dar ênfase as precauções de uso contidas no rótulo e bula dos produtos).

- b) Pelo fato de os produtos químicos serem úteis e muito contribuírem para a saúde, padrão de vida e progressos econômicos, é crucial que os aspectos negativos dos mesmos, como a toxicidade, ecotoxicidade, contaminação do meio ambiente, sejam rigidamente controlados para que estes efeitos adversos não ocorram.

- c) Os produtos químicos devem ser usados sempre de modo adequado, e não podem ser produzidos, utilizados ou descartados de maneira incorreta, descuidada ou indiscriminada, pois poderão apresentar riscos a saúde humana o ao meio ambiente.

- d) Os problemas ; indiretos ocasionados no campo, via de regra são em função da deriva e volatilização os quais podem ser neutralizados ou minimizados, utilizando-se técnicas e métodos de aplicação, limpeza do equipamento, aplicação de acordo com a condição climática adequada e/ou o uso de formulação adequada.

- e) Ainda hoje a agricultura convencional, utilizando os defensivos agrícolas e outros insumos modernos e a maior fonte de alimentos para o homem.

- f) Atualmente devido os modelos econômicos e agrícolas utilizados, o uso de insumos modernos em larga escala, são imprescindíveis. Cabe uma conscientização dos técnicos e usuários, sobre seu uso correto e cuidados, para se não minimizar os erros, que possam provocar desastres pessoais, toxicológicos e ambientais.

- g) A relação custo/benefício, somada a série de vantagens do sistema de plantio direto, embora (manejo), que no sistema convencional, permite uma relação vantajosa de vantagens: controla a erosão, melhora as características do solo, a produtividade, a maximização do uso da terra (rotação de culturas) além de promover uma maior biodiversidade de espécies no solo.

- h) Com certeza, é o sistema de cultivo de larga escala, que traz menor impacto, ou seja menor risco ecotoxicológico, promovendo a sustentabilidade do sistema.

8 BIBLIOGRAFIA

- ALVES, A.; KOTAKA, E.T.; ZAMBRONE, F.A.D.; MAZOTINI, H.; BRITTO, J.C., FOLONI, L.L., VALADÃO, M.B.; BRAATZ, R.; SCHVART'SMAN, S. Avaliação de Risco de Agrotóxicos, Diretrizes e Conceitos Básicos. ILSI. Brasil, International Life Science Institute do Brasil, 1999. 43 p.
- ASSANTE, Duah; K. Risk Assesment in Environmental Management. Ed. John Wiley e Sons. USA. 1998. 515 p.
- BARNTHOUSE, L. W., G. W. Suter, S. M. Bartell, J. J. Beauchamp, R. H. Gardner, E. Linder, E.; R. V. O'Neill e A. E. Rosen. 1986. Usserts Manual for Ecological Risk Assessment. Publication No. 2679, ORNL-6251. Environmental Sciences Division, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN.
- COWAN, C.E., D. J. Versteeg, R. J. Larson e P. Kloepper-Sams. 1995. Integrated approach for environmental assessment of new and existing substances. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 21 :3-31.
- DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N; KOPKE, V. Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo/DT. Ges.für Techn. Zusammenarbeit (GT7) GmbH, Eschborn. Sonderpublikation der GTZ. ng 245. 1990. 171 p.
- EPA. 1992. Framework for Ecological Risk Assessment. EPA/630/R-92/001. U.S. Environmental Protection Agency, Risk Assessment Forum, Washington, DC.
- 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.

- FELTON, J. C., P. A. Oomen e J. H. Stephenson. 1986. Toxicity and hazard of pesticides to honeybees: Harmonization of test methods. *Bee World*, 67:114-124.
- FOLONI, L.L. Siembra directa y su impacto sobre el medio ambiente. In curso sobre siembra directa. Min. Agricultura e Ganaderia, Sub. Est. Agr. Dir. Inv. Agrícola Procisur. Centro Regional de Investigación Agrícola (CRIA). Itapua. Paraguay. Coord. L.Q. Viedma. 1997. P. 147 e 174.
- GANZELMEIER, H.; RAUTMANN, D.; SPANGENBERG, R; STRELOKE, M.; WENZELBURGER, H.J.; WALTER, H.F.; Studies on the spray drift of plant protection products. Heft. 305. Blakwell Wissenschafts-verlag. GmbH Berlin?Wien. Berlin, 1995. 112 p.
- GASSEN, D.N. Novos conhecimentos sobre manejo de pragas em lavouras sob sistemas de Plantio direto. In: Diálogo XLIV. Avances em Siembra directa. idem.
- GUSTAFSON, D. I. 1988. Groundwater Ubiquity Score: A simple method for assessing pesticide leachability. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 8:339-357.
- HARWELL, M. A., W. Cooper e R. Flaak. 1992. Prioritizing ecological and human welfare risks from environmental stresses. *Environmental Management*, 16:451 -464.
- MULLINS, J. A., R. F. Carsel, J. E. Scarbroygh, and A. M. Ivery. 1993. PRZM-2 A Model for Predicting Pesticide Fate in the Crop Root and Unsaturated Soil Zones: Program and User Manual for Release 2.0. EPA/600/R-93/046, Environmental Research Laboratory. Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Georgia.
- NABHOLZ, J. V. 1994. Environmental hazard and risk assessment under the United States Toxic Substances Control Act. *Science of the Total Environment*, 109/110:649-665.
- NRC. 1993. Issues in Risk Assessment. National Research Council. National Academy Press, Washington, DC.

- PERAZZA, M.C.; BIRRAQUE, M.J.; LINK, V.R.; QUEIROZ, M.H.L. Estudo Analítico de Metodologias de avaliação de impacto ambiental. Ministério da Agricultura EMBRAPA/CNPDA. In: Curso de Metodologia de Avaliação de Impacto Ambiental S/D. 12p.
- RAND, G.M.; 1989. An Environmental Risk Assessment of Pesticide. In: The Risk Assessment of Environmental hazards. Ed. D.J. Pautenbach. John Wiley & Sons. N. York.
- REIS, E.M. Manejo de doenças em plantio direto. In: Dialogo XLIV - Avances en Siembra Directa. Ed. Juan P. Puignav, Hector Casuarano. Cord. José Schwartzman. Cord. Montevideo. IICA. Procisur; 204 p.
- ROMBKE, J., FORSTER, B.W., DERPSCH, R, HOSCHLE-ZELEDON, I, FOLONI, L. L.; Soil Quality Assessment in remote areas: an example from two sites in Paraguay, 1997. no prelo.
- 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.
- SETAC 1995. Ecotoxicological risk assessment of the chlorinated organic chemicals. Carey, J., P. Cook, J. Giesy, P. Hodson, D. Muir, W. Owens, R. Parrish e K. Solomon. (Eds). SETAC Foundation for Education, Pensacola, FL. Em edição.
- SETAC. 1994. Report of the Aquatic Risk Assessment and Mitigation Dialogue Group. Eds: Graney, R. L., A. Maciorowski, K. R. Solomon, H. Nelson, D. Laskowski e J L. Baker. SETAC Foundation for Education, Pensacola, FL. 1994.
- SETAC. 1995. Procedures for assessing the environmental fate and ecotoxicology of pesticides. Ed. M. R. Lynch. SETAC Brussels, March 1995.

- SNEDEL, B. C., J. A. Boraczek, R. K. Peddicord, P. A. Clifford e T. M. Dillon. 1994. Trophic transfer and biomagnification potential of contaminants in aquatic ecosystems. *Rev. Env. Contam. Toxic.* 136:21-89.
- SOLOMON, K. R., D. B. Baker, P. Richards, K. R. Dixon, S. J. Klaine, T. W. Ea Point, R. J. Kendall, J. M. Giddings, J. P. Giesy, L. W. Hall, Jr., C. P. Weisskopf, e M. Williams. 1966. Ecological risk assessment of atrazine in North American surface waters. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 15:31-76.
- SOLOMON, K.R. Advanced Toxicological Ha7ar and risk Assessment for pesticides in the Environment. Notes. University of Guelph. 1996. 65 p.
- SULECKI, J.C. Global Agriculture At A Glance. (Ed.), Farm Chemicals International, Nov. 1999, vol 13, num. 4
- U. S. D. A. SCS. 1992. Grounwater loading effects of agricultural r"anagement systems (GLEAMS) model, Version 2.10. U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Section, Washington, DC
- URBAN, D. J. e N. J. Cook. 1986. Standard Evaluation Procedure for Ecological Risk Assessment. EPA/540/09-86/167, Hazard Evaluation Division, Office of Pesticide Programs, U. S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

USO DE HERBICIDAS NO CONTEXTO DO MERCOSUL

KURT GOTTFRIED KISSMANN - Eng. Agrº Prof. H.C. – BASF S/A – S. Paulo

As plantas cultivadas, como todos os seres vivos, sofrem pela interferência de outros organismos, sejam pragas, agentes de doenças ou plantas diversas, que nessa situação são consideradas daninhas.

As plantas daninhas são no geral mais constantes, pois o banco de sementes do solo, em áreas agrícolas, é sempre carregado. Uma das características das plantas daninhas é exatamente a grande capacidade de proliferação. As mesmas condições ambientais requeridas para a germinação ou desenvolvimento de espécies cultivadas também são adequadas para as espécies de ocorrência voluntária.

Para o controle de pragas ou doenças existem uma série de alternativas que não são adequadas contra plantas daninhas, como variedades mais resistentes, inimigos naturais (de pragas), etc...

Plantas daninhas são selecionadas pela natureza, por sua agressividade e capacidade de persistência. Plantas cultivadas dependem da proteção do homem ou, se abandonadas, tendem a desaparecer, sobrepujadas pelas espécies mais rústicas.

O controle das plantas indesejadas tem passado por diversas fases, em função da evolução tecnológica da agricultura.

Inicialmente havia apenas o controle preventivo ou mecânico. Hoje o controle preventivo ainda é válido, mas o mecânico se restringe a certas situações, como em minifúndios, pastagens, culturas perenes ou em áreas não agrícolas, incluindo-se o de plantas aquáticas.

Herbicidas foram se popularizando em função da possibilidade de controles sele-tivos, pelas características dos produtos ou pelas formas de aplicação.

Em áreas agrícolas os marcos iniciais mais importantes certamente foram o uso de herbicidas fenoxiácidos na cultura de cereais, o propanil em arroz irrigado, as dinitroanilinas em algumas culturas anuais, incluindo soja, as triazinas na cultura de milho. Nos últimos anos tem havido uma evolução impressionante na qualidade dos novos herbicidas, bem como nas práticas agrícolas em geral.

A primeira preocupação, com relação a herbicidas, foi a seletividade, para as culturas, sendo que o aparecimento de produtos seletivos foi fundamental.

A segunda preocupação foi o selecionamento de espécies infestantes não con-troladas pelos produtos no mercado, demandando ações suplementares e abrindo espaço para novos produtos.

A prática comum de agricultura, até há poucos anos, foi de uma intensiva preparação do solo, com destruição da flora presente e condicionamento ao melhor funcionamento de herbicidas de pré-emergência. Essa prática levou a um problema catastrófico de erosão do solo.

Uma prática nova, de excepcional importância, é a do plantio direto, que implica na troca de muitos tipos de herbicidas.

Uma nova tecnologia, de plantas de culturas tornadas resistentes a herbicidas de amplo espectro, está provocando uma revolução de enormes conseqüências. Os países do Mercosul – Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai tem suas econo-mias fortemente ancoradas nas atividades de agro-pecuária, dois empreendimentos que dependem de um controle eficiente e seguro de plantas daninhas.

PLANTAS DANINHAS

O conceito de plantas daninhas é sempre relativo. Nenhuma planta é daninha por natureza. Existem situações nas quais algumas espécies podem ser indesejadas, por interferir na vida ou atividade de outros seres, inclusive do homem.

O mundo vegetal está em constante transformação. Espécies são criadas e espécies são extintas de forma natural. Em cada ambiente ocorre um selecionamento, favorecendo as plantas mais adaptadas.

O homem tem selecionado e melhorado muitas espécies de seu interesse e já começou a criar tipos completamente novos por conjugação transgênica.

As espécies selecionadas pela natureza tendem a se impor com mais facilidade do que as selecionadas pelo homem, que dependem dos agricultores para a sua defesa.

A flora espontânea de uma área qualquer sofre mudanças de ano para ano, por condições ambientais e pela forma de condução da atividade do homem. O próprio uso de herbicidas contribui para mudanças na flora, por selecionamento de espécies ou biótipos de tolerância diferenciada.

A tentativa de listar as espécies mais importantes de plantas daninhas esbarra em enormes dificuldades quando se trata de uma área geográfica enorme como a do território do Mercosul.

As listas que apresentamos refletem o pensamento de pessoas ligadas ao ramo, nos quatro países. Concordamos em que nunca se terá listas de total consenso, quanto às espécies e quanto à importância relativa de cada espécie.

Culturas anuais – terras altas

Principais culturas: Algodão, Amendoim, Arroz, Cana de açúcar, Feijão, Girassol,
Milho, Soja, Trigo.

Principais infestantes	Argentina	Brasil	Paraguai	Uruguai
<i>Acanthospermum australe</i>		XXX		
<i>Acanthospermum hispidum</i>		XXX		
<i>Ageratum conyzoides</i>		XX		
<i>Alternanthera tenella</i>		X		
<i>Amaranthus</i> spp.	XXX	XXX	XXX	X
<i>Ambrosia elatior</i>		X		
<i>Anagallis arvensis</i>		X		XX
<i>Anoda cristata</i>	XX	X		X
<i>Anthemis cotula</i>				XXX
<i>Bidens pilosa</i>	X	XXX	XXX	XX
<i>Bidens subalternans</i>	X	XXX	XX	XX
<i>Blainvillea latifolia</i>		X		
<i>Brassica campestris</i>	XX	X	X	XXX
<i>Capsella bursa-pastoris</i>		X		
<i>Cardiospermum halicacabum</i>		XX		
<i>Cerastium glomeratum</i>		X		
<i>Chenopodium album</i>	XXX	X	X	X
<i>Chenopodium ambrosoides</i>		X		
<i>Commelina benghalensis</i>		XXX	XX	
<i>Convolvulus arvensis</i>	XX			XXX
<i>Conyza bonariensis</i>		X		XX
<i>Conyza canadensis</i>		XX		
<i>Coronopus didymus</i>		X		XX
<i>Datura ferox</i>	XXX			
<i>Datura stramonium</i>		X		
<i>Desmodium tortuosum</i>		XXX	XX	
<i>Echium plantagineum</i>		X		XXX

<i>Emilia sonchifolia</i>		X		
<i>Eupatorium pauciflorum</i>		X		
<i>Euphorbia heterophylla</i>	XX	XXX	XXX	X
<i>Galinsoga</i> spp.		XX		
<i>Hyptis lophanta</i>		XX		
<i>Hyptis</i> spp.		XX		
<i>Ipomoea</i> spp.	XX	XX	XXX	
<i>Ipomoea triloba</i> (<i>grandifolia</i>)		XXX	XXX	
<i>Leonorus sibiricus</i>		X	X	
<i>Leonotis nepetaefolia</i>		X		
<i>Malvastrum americanaum</i>		X		
<i>Malvastrum coromandelianum</i>		XX		
<i>Melampodium perfoliatum</i>		X		
<i>Merremia</i> spp.		X		
<i>Mollugo verticillata</i>		X		
<i>Nicandra physaloides</i>		XX		
<i>Parthenium hysterophorus</i>		X		
<i>Phyllanthus</i> spp.		X		
<i>Physalis angulata</i>		XX		
<i>Polygonum aviculare</i>				XXX
<i>Polygonum convolvulus</i>		X	XXX	XXX
<i>Porophyllum ruderale</i>		X	X	
<i>Portulaca oleracea</i>	XX	X	XX	XX
<i>Raphanus raphanistrum</i>		X	XX	XXX
<i>Raphanus sativus</i>	XX	XXX	XX	
<i>Rapistrum rugosum</i>				XXX
<i>Richardia brasiliensis</i>		XXX	X	
<i>Rumex</i> spp.			X	XXX
<i>Senecio brasiliensis</i>		XX		
<i>Senna obtusifolia</i>		XX	X	
<i>Senna occidentalis</i>		XX		
<i>Sida cordifolia</i>		XX		

<i>Sida glaziovii</i>		XX		
<i>Sida rhombifolia</i>		XXX	XX	XX
<i>Silene gallica</i>		XX		XX
<i>Solanum americanum</i>		X		
<i>Solanum sisymbriifolium</i>	X	XX	X	XX
<i>Spergula arvensis</i>		X		
<i>Spermacoce latifolia</i>		XXX		
<i>Stachys arvensis</i>		X		XX
<i>Stellaria media</i>		X	XX	XX
<i>Tagetes minuta</i>	XXX	X	X	X
<i>Tridax procumbens</i>		XXX		
<i>Xanthium spinosum</i>				XX
<i>Xanthium strumarium</i>	XX	X		XXX
<i>Avena fatua</i>			XXX	XX
<i>Brachiaria decumbens</i>		XX	X	
<i>Brachiaria plantaginea</i>	XX	XXX	XXX	
<i>Cenchrus echinatus</i>		XXX	XX	
<i>Chloris polydactyla</i>		X	XX	
<i>Cynodon dactylon</i>	X	XX	XX	XXX
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>		X		
<i>Digitaria insularis</i>		XX	XX	
<i>Digitaria spp.</i>	XXX	XXX	XXX	XXX
<i>Echinochloa colonum</i>	XX	X	XXX	
<i>Echinochloa spp.</i>	XXX	X	XX	XXX
<i>Eleusine indica</i>	XX	XX	XX	
<i>Imperata brasiliensis</i>		X		
<i>Lolium multiflorum</i>		X		XX
<i>Panicum maximum</i>		XXX	XXX	
<i>Pennisetum americanum</i>		X		
<i>Pennisetum pedicellatum</i>		XX		
<i>Pennisetum setosum</i>		XX		

<i>Rhynchelitrum repens</i>		XX		
<i>Setaria</i> spp.		X		XX
<i>Sorghum arundinaceum</i>		XX		
<i>Sorghum halepense</i>	XXX	X	X	XXX
<i>Cyprus esculentus</i>		XX	X	
<i>Cyperus rotundus</i>		XX	X	

Horticultura

(Batata + hortaliças)

Principais infestantes	Argentina	Brasil	Paraguai	Uruguai
<i>Brachiaria plantaginea</i>		XXX	XX	
<i>Brachiaria</i> spp.	X	XXX	X	
<i>Cenchrus echinatus</i>		XX	XX	
<i>Cynodon dactylon</i>	XX	XX	X	XXX
<i>Digitaria</i> spp.	X	XX	X	
<i>Eleusine indica</i>	X	XX	X	
<i>Panicum maximum</i>		X		
<i>Rhynchelytrum repens</i>	X	X		
<i>Sorghum halepense</i>	X			XXX
<i>Cyperus esculentus</i>	X	XX	X	XXX
<i>Cyperus rotundus</i>	XX	XXX	XXX	XXX
<i>Ageratum conyzoides</i>		X		
<i>Alternanthera philoxeroides</i>	X	X		XX
<i>Amaranthus</i> spp.	XX	XX	X	X
<i>Ammi</i> spp.				XX

Anoda cristata	X			
Apium leptophyllum	X		X	
Bidens pilosa	XX	XXX	XXX	
Bidens subalternans	X	XXX	XX	
Brassica campestris	X	X		X
Capsella bursa-pastoris		X		
Commelina spp.		XX	XX	
Convolvulus arvensis	X			
Coronopus didymus	X	X		
Euphorbia heterophylla		XX	XX	
Fumaria spp.	X			
Galinsoga spp.		XXX	XX	
Ipomoea spp.	X	X	XX	
Lamium amplexicaule	X	X		
Matricaria chamomila	X		XX	
Nicandra physaloides		XX		
Polygonum convolvulus	X	X	X	
Portulaca oleracea	X	X	XX	
Raphanus raphanistrum	X	X	X	
Raphanus sativus	X	XX	X	X
Rumex spp.	X	X	XX	
Sida spp.	X	XXX	XXX	
Solanum americanum	X	XXX	X	
Spergula arvensis	X	X		
Spermacoce latifolia		X		
Stellaria media	XX	XX	XX	
Taraxacum officinale	X	X	X	
Urtica spp.	X	X	X	

Pomares

Principais infestantes	Argentina	Brasil	Paraguai	Uruguai
<i>Bidens</i> spp.	X	XXX	X	X
<i>Commelina</i> spp.		XXX	XXX	
<i>Convolvulus arvensis</i>	X			XX
<i>Cichorium intybus</i>	X			
<i>Plantago</i> spp.		X		
<i>Portulaca oleracea</i>	XX	X	X	
<i>Rumex</i> spp.		X	X	X
<i>Salsola kali</i>	X			
<i>Sida</i> spp.		XXX	XXX	X
<i>Brachiaria plantaginea</i>		XXX	XXX	XX
<i>Cenchrus echinatus</i>		XX	XX	
<i>Cynodon dactylon</i>		X	XX	XXX
<i>Digitaria</i> spp.		X	XX	XX
<i>Paspalum</i> spp.		XX	X	
<i>Phragmites australis</i>	X			
<i>Rhynchelytrum repens</i>		X		
<i>Sorghum halepense</i>			X	X
<i>Cyperus</i> spp.	X	X	X	X
<i>Cyperus esculentus</i>		X	X	X
<i>Cyperus rotundus</i>		XX	XX	XX

Pastagens cultivadas

Principais infestantes	Argentina	Brasil	Paraguai	Uruguai
<i>Amaranthus quitensis</i>	XX			XX
<i>Anagallis arvensis</i>				XX
<i>Anthemis cotula</i>	XX			
<i>Brassica</i> spp.	XX			XXX
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	XX			
<i>Carduus</i> spp.	XX		X	XXX
<i>Centaurea solstitialis</i>	X			
<i>Chenopodium album</i>	XX			
<i>Cirsium</i> spp.	XXX			XXX
<i>Convolvulus arvensis</i>				
<i>Coronopus didymus</i>	XX			XX
<i>Datura ferox</i>	X			
<i>Desmodium tortuosum</i>		XX		
<i>Echium plantagineum</i>		X		XXX
<i>Ipomoea</i> spp.	XX		XX	
<i>Matricaria chamomila</i>	XX		X	
<i>Plantago</i> spp.				XXX
<i>Polygonum aviculare</i>				XXX
<i>Polygonum convolvulus</i>		X		XXX
<i>Portulaca oleracea</i>				XX
<i>Raphanus raphanistrum</i>		X		XXX
<i>Raphanus sativus</i>		X		XX
<i>Rapistrum rugosum</i>	XXX			XXX
<i>Rumex</i> spp.	XX	X	X	XXX
<i>Senecio brasiliensis</i>	X	X	X	
<i>Sida</i> spp		XX	X	
<i>Silene gallica</i>				XXX
<i>Silybum marianum</i>	XX			
<i>Sonchus oleraceus</i>			X	XX
<i>Spergula arvensis</i>			X	X

<i>Stachys arvensis</i>				XXX
<i>Stellaria media</i>	XX	X	XX	XXX
<i>Synedrellopsis grisebachii</i>		X		
<i>Tagetes minuta</i>	XXX			
<i>Taraxacum officinale</i>				XX
<i>Verbesina encelioides</i>	XX			
<i>Veronica</i> spp.				X
<i>Cenchrus echinatus</i>		XX		
<i>Cynodon dactylon</i>		X	X	XXX
<i>Digitaria insularis</i>	X	X	X	

Pastagens nativas

Principais infestantes	Argentina	Brasil	Paraguai	Uruguai
<i>Acacia</i> spp.	XX	XX	XX	X
<i>Ammi</i> spp				X
<i>Baccharis coridifolia</i>	X	X		XXX
<i>Baccharis dracunculifolia</i>	XX	XX		XX
<i>Baccharis punctulata</i>				XX
<i>Baccharis spicata</i>				XX
<i>Baccharis trimera</i>	X	XX		XX
<i>Carduus</i> spp.	X	X	X	
<i>Centaurea</i> spp.	X	X		
<i>Centaurea calcitrapa</i>				XXX
<i>Cynara cardunculus</i>	X	X		X
<i>Cirsium</i> spp.	X	X		XX
<i>Echium plantagineum</i>	X	X		X
<i>Eryngium</i> spp	XXX	XXX	XX	XXX
<i>Eryngium horridum</i>	XX	XXX		XXX
<i>Eryngium nudicaule</i>	X	X		XX
<i>Eryngium paniculatum</i>	XX	XX		XX

<i>Eupatorium buniifolium</i>	XX	XXX		XXX
<i>Lantana camara</i>		X		
<i>Mascagnia spp.</i>		X		
<i>Mimosa spp.</i>	XX	XXX		
<i>Palicourea spp.</i>		XX		
<i>Polygala klotzschii</i>		X		
<i>Prunus spp.</i>		X		
<i>Senecio brasiliensis</i>	X	XX	XX	XXX
<i>Senecio spp.</i>	XX	XX	X	XXX
<i>Senna obtusifolia</i>		X	X	
<i>Senna occidentalis</i>		X	XX	
<i>Sida rhombifolia</i>	X	XX	XX	
<i>Silybum marianum</i>	X	X		X
<i>Solanum fastigiatum</i>	X	X	XX	
<i>Solanum glaucophyllum</i>	X	X		

Principais infestantes	Argentina	Brasil	Paraguai	Uruguai
<i>Solanum grandiflorum</i>		XX		
<i>Solanum lycocarpum</i>		XX		
<i>Solanum paniculatum</i>		X		
<i>Solanum sisymbriifolium</i>	X	XX	X	
<i>Solanum variabile</i>		X		
<i>Solanum spp.</i>	X	XX	X	X
<i>Solidago chilensis</i>	X	X		
<i>Synedrellopsis grisebachii</i>		XX		
<i>Trixis praestans</i>			XX	
<i>Trixis verbasciformis</i>			XX	
<i>Ulex europaeus</i>		X		
<i>Vernonia ferruginea</i>		XXX		

<i>Vernonia polyanthes</i>		XXX		
<i>Vernonia westiniana</i>		XXX		
<i>Vernonia spp</i>	X	X		X
<i>Xanthium spinosum</i>	XX	XX	X	XX
<i>Xanthium strumarium</i>	XX	XX	X	XX
<i>Andropogon bicornis</i>	X	X		
<i>Andropogon leucostachyus</i>	X	X		
<i>Aristida spp.</i>	X	XX		
<i>Conyza bonariensis</i>	X	X	X	
<i>Conyza canadensis</i>	X	X		
<i>Cynodon dactylon</i>				X
<i>Digitaria insularis</i>	XX	XX	XX	
<i>Imperata brasiliensis</i>		XX		

Reflorestamento

Principais infestantes	Argentina	Brasil	Paraguai	Uruguai
<i>Andropogon bicornis</i>		XX		
<i>Andropogon leucostachyus</i>		XX		
<i>Axonopus spp.</i>		X	XXX	
<i>Brachiaria plantaginea</i>		XXX	XX	
<i>Brachiaria spp.</i>		XX	X	
<i>Cenchrus echinatus</i>		X	X	
<i>Chloris spp.</i>		X	X	
<i>Cynodon dactylon</i>		X	XX	XXX
<i>Digitaria insularis</i>		XX	X	
<i>Digitaria spp.</i>	X	X	X	
<i>Eleusine indica</i>		XX	XX	
<i>Hyparrhenia rufa</i>		XX		
<i>Imperata brasiliensis</i>		XX		

Lolium multiflorum				XXX
Melinis minutiflora		XXX		
Panicum maximum		XXX	X	
Paspalum spp.	X	XXX		
Pennisetum purpureum		XX		
Rhynchelytrum repens		X		
Sorghum halepense	X		X	
Stipa spp.				XXX
Amaranthus spp.	X	X		
Baccharis spp.		X		
Bidens spp	X	X	X	
Carduus spp.		X		
Cirsium arvense		X		
Eupatorium buniifolium	X	XX		
Eupatorium spp.		XX		
Euphorbia heterophylla	X	X		
Ipomoea spp.	X	X	X	
Manihot flavettifolia	X			
Maranta divaricata	X			
Senecio spp.		X	X	
Solanum spp.	X	XX	X	
Urera baccifera	X	X		
Vernonia spp.		XXX		

Arroz irrigado

Principais infestantes	Argentina	Brasil	Paraguai	Uruguai
<i>Brachiaria plantaginea</i>	X	XX	XX	
<i>Brachiaria platyphylla</i>	XXX	X		XX
<i>Cenchrus echinatus</i>		X	X	
<i>Digitaria</i> spp.	XX	X	X	XX
<i>Echinochloa colonum</i>	XXX	XXX	XXX	XXX
<i>Echinochloa crusgalli</i>	XXX	XXX	XXX	XXX
<i>Echinochloa cruspavonis</i>	XX	XXX	X	XX
<i>Echinochooa helodes</i>	X			XXX
<i>Eriochloa punctata</i>		X		
<i>Ischaemum rugosum</i>		X	X	
<i>Leersia hexandra</i>	XX	XXX	X	XX
<i>Leptochloa filiformis</i>	X	X	X	
<i>Leptochloa virgata</i>		X		
<i>Luziola peruviana</i>	XXX	XXX	XX	XX
<i>Oryza sativa</i> (arroz vermelho)	X	XXX	XXX	
<i>Panicum dichotomiflorum</i>	X	X	XX	X
<i>Panicum repens</i>		X		
<i>Paspalum distichum</i>	X	X	XX	XXX
<i>Paspalum hydrophilum</i>	X			XXX
<i>Paspalum modestum</i>		X		X
<i>Rottboelia exaltata</i>		X		
<i>Cyperus</i> spp.	XX	X		X
<i>Cyperus difformis</i>	XX	XX	X	XX
<i>Cyperus esculentus</i>	XXX	XX	XX	XX
<i>Cyperus ferax</i>	XXX	XXX	XXX	XXX
<i>Cyperus iria</i>	X	XXX	X	XX
<i>Cyperus rotundus</i>	X	X	X	X
<i>Fimbristylis</i> spp.	X	XX	XXX	X
<i>Aeschynomene</i> spp.	XXX	XXX	XXX	XXX

<i>Alternanthera philoxeroides</i>	XXX	XX	XX	XXX
<i>Caperonia palustris</i>		X		
<i>Eclipta alba</i>	X	X	X	X
<i>Ipomoea</i> spp.	X	X	X	XX
<i>Ludwigia</i> spp.	X	X	X	X
<i>Ludwigia peploides</i>				X
<i>Polygonum punctatum</i>	X	X		XX
<i>Polygonum</i> spp.	X	X		XX

Plantas aquáticas

Canais, rios, lagos,

Principais infestantes	Argentina	Brasil	Paraguai	Uruguai
<i>Alternanthera philoxeroides</i>		X		
<i>Cabomba</i> spp.		X		
<i>Egeria densa</i>		X		
<i>Eichhornia azurea</i>		XXX		
<i>Eichhornia crassipes</i>		XXX		
<i>Elodea</i> spp.		X		
<i>Heteranthera reniformis</i>		X		
<i>Miriophyllum aquaticum</i>		XX		
<i>Panicum grumosum</i>		X		
<i>Panicum repens</i>		X		
<i>Pistia stratiotes</i>		XX		
<i>Polygonum</i> spp.		X		
<i>Pontederia cordata</i>		X		
<i>Sagittaria montevidensis</i>		XX		
<i>Salvinia</i> spp		X		
<i>Typha</i> spp.		XX		

ÁREAS PLANTADAS / ÁREAS COM USO DE HERBICIDAS (1999/2000)

(dados em hectares)

Cultura de ALGODÃO

Países	Área plantada	Plantio direto		Herbicidas %
ARGENTINA	650.000	40.000		85%
BRASIL	747.450			95%
PARAGUAI	200.000			90%
URUGUAI				
MERCOSUL	1.597.4540			

Cultura de AMENDOIM

Países	Área plantada	Plantio direto		Herbicidas %
ARGENTINA	320.000	15.000		100%
BRASIL	96.880			90%
PARAGUAI	30.000			60%
URUGUAI				
MERCOSUL	446.880			

Cultura de ARROZ IRRIGADO

Países	Área plantada	Plantio direto		Herbicidas %
ARGENTINA	262.000	15.000		100%
BRASIL	1.000.000	380.000		100%
PARAGUAI	20.000	3.000		30%
URUGUAI	180.000	17.640		92%
MERCOSUL	1.462.000	415.640		

Cultura de CAFÉ

Países	Área plantada	Plantio direto		Herbicidas %
ARGENTINA				
BRASIL	2.208.500			50%
PARAGUAI	6.000			30%
URUGUAI				
MERCOSUL	2.214.500			

Cultura de CANA

Países	Área plantada	Plantio direto		Herbicidas %
ARGENTINA	285.000			80%
BRASIL	4.860.200			90%
PARAGUAI	50.000			70%
URUGUAI				
MERCOSUL	5.195.200			

Cultura de CITRUS

Países	Área plantada	Plantio direto		Herbicidas %
ARGENTINA	140.000			
BRASIL	1.022.200			70%
PARAGUAI	25.000			30%
URUGUAI	16.000			100%
MERCOSUL	1.203.200			

Cultura de COLZA

Países	Área plantada	Plantio direto		Herbicidas %
ARGENTINA	10.000			70%
BRASIL				
PARAGUAI	5.000	1.000		10%
URUGUAI				
MERCOSUL	15.000			

Cultura de FEIJÃO

Países	Área plantada	Plantio direto		Herbicidas %
ARGENTINA	285.000			90%
BRASIL	4.178.000	1.500.000		55%
PARAGUAI	6.000			5%
URUGUAI				
MERCOSUL	4.469.000			

Cultura de GIRASSOL

Países	Área plantada	Plantio direto		Herbicidas %
ARGENTINA	4.000.000	400.000		98%
BRASIL				
PARAGUAI	60.000	30.000		30%
URUGUAI	20.200	2.600		75%
MERCOSUL	4.080.000	432.600		

Cultura de MILHO

Países	Área plantada	Plantio direto		Herbicidas %
ARGENTINA	3.730.000	560.000		98%
BRASIL	12.750.000	2.200.000		28%
PARAGUAI	350.000	100.000		30%
URUGUAI	39.700	3.220		65%
MERCOSUL	16.869.700	2.863.220		

Cultura de SOJA

Países	Área plantada	Plantio direto		Herbicidas %
ARGENTINA	7.550.000	250.000		100%
BRASIL	13.011.300			90%
PARAGUAI	1.200.000	600.000		75%
URUGUAI	10.000	5.000		80%
MERCOSUL	21.771.300			

Cultura de TRIGO

Países	Área plantada	Plantio direto		Herbicidas %
ARGENTINA	5.000.000	250.000		100%
BRASIL	1.422.800	400.000		80%
PARAGUAI	150.000	100.000		30%
URUGUAI	184.000	41.000		80%
MERCOSUL	6.756.800			

MERCADO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS / HERBICIDAS

Safra: 1999 / 2000

Valores em US\$

Países	Total produtos	Herbicidas	% de herbicidas
Argentina	620.000.000	435.000.000	70%
Brasil	2.344.650.000	1.423.528.600	61%
Paraguai	56.375.000	45.100.000	80%
Uruguai	37.900.000	22.300.000	58%
Mercosul	3.058.925.000	1.925.928.600	63%

HERBICIDAS = VALOR DE MERCADO, POR CULTURAS

Mescla de dados das safras 1998/1999 – 1999/2000

Valores em US\$

Culturas	Argentina	Brasil	Paraguai	Uruguai	Somas
Algodão	15.000.000	34.550.000	20.000	-	49.570.000
Amendoim	15.000.000	228.600	-	-	15.228.000
Arroz	11.000.000	92.240.000	180.000	8.300.000	111.720.000
Batata		2.400.000			2.400.000
Café	-	37.210.000	-	-	37.210.000
Cana	4.600.000	175.210.000	70.000	1.600.000	181.480.000
Citrus	3.200.000	23.860.000	15.000	400.000	27.475.000
Feijão		43.720.000			43.720.000
Fruticultura	5.600.000	8.120.000			13.720.000
Girassol	84.000.000		-	200.000	84.200.000
Hortaliças	6.700.000	15.580.000	10.000		22.290.000
Milho	65.400.000	166.020.000	10.000	600.000	232.030.000
Pastagens		22.430.000			22.430.000
Reflorest.		6.260.000			6.260.000
Soja	190.000.000	763.330.000	40.000.000	350.000	993.680.000
Trigo	33.000.000	20.700.000	220.000	1.200.000	55.120.000
Outras	1.500.000	-	4.575.000	9.650.000	15.725.000
Somas	435.000.000	1.423.528.600	45.100.000	22.300.000	1.925.928.600

Obs. Os valores indicados são apenas aproximados, pois alguns dados são da safra de 98/99 e outros derivaram de estimativas iniciais para 99/00. Condições climáticas desfavoráveis

determinaram redução de áreas plantadas e em consequência redução do consumo efetivo de herbicidas. Também faltam dados de algumas culturas, que em parte estão na coluna de “outros”.

EVOLUÇÃO DO MERCADO DE HERBICIDAS

Valores em US\$

Ano	Argentina	Brasil	Paraguai	Uruguai	Mercosul
95/96	447.000.000	834.976.000		13.700.000	1.295.676.000
96/97	545.000.000	1.004.408.000		19.900.000	1.569.308.000
97/98	594.700.000	1.214.819.000	44.000.000	22.000.000	1.875.519.000
98/99	505.400.000	1.369.272.000	46.000.000	26.600.000	1.947.272.000
99/00	435.000.000	1.173.600.000	45.100.000	22.300.000	1.676.000.000

Obs. As bases de cálculo são os preços praticados pelos registrantes dos produtos, aos canais de distribuição. Os valores da safra 99/00 diferem daqueles mencionados na tabela de mercados, que foram baseados em estimativas prévias, as quais sofreram forte distorção, especialmente por condições climáticas que determinaram redução de áreas. A entrada de plantas transgênicas, especialmente soja, também está provocando forte alteração no quadro de consumo de herbicidas.

Nº. de empresas registrantes de produtos fitossanitários

Nº. de produtos fitossanitários registrados

Nº. de herbicidas registrados

Dados de 1999.

País	Nº de empresas	Nº de produtos	Nº de herbicidas
Argentina	197	1.756	563
Brasil	40	690	225
Paraguai	15	490	294
Uruguai	78	783	243

PRODUÇÃO DE HERBICIDAS NO MERCOSUL

PRODUTOS SINTETIZADOS

Argentina	Atrazina	Atanor
	2,4-D	Atanor
	2,4-DB	Atanor
	Glifosato	Atanor, Monsanto
	Quizalofop	Ipesa
	Simazina	Ipesa
	Trifluralina	Atanor
Brasil	Alaclor	Nortox
	Atrazina	Nortox
	Diuron	Griffin, Nortox, Milenia, Fersol
	2,4-D	Milenia
	Glifosato	Monsanto, Milenia, Nortox
	Imazamox	Cyanamid
	Imazaquim	Cyanamid, Milenia
	Imazetapyr	Cyanamid, Milenia
	Lactofen	Agrevo

	Paraquat	Zeneca
	Propanil	Iharabras, Milenia, Fersol
	Sethoxydim	BASF
	Sulfosate	Zeneca
	Tebuthiuron	Dow
	Trifluralina	Nortox, Milenia

Obs. Existem empresas que efetuam apenas algumas etapas da síntese, bem como existem diversas empresas que apenas formulam produtos.

RESISTÊNCIA DE INFESTANTES A HERBICIDAS

Espécies que tem apresentado biótipos resistentes a herbicidas, confirmados, na área do mercosul.

Pais	Espécie	Cultura	Resistente a
ARGENTINA	<i>Amaranthus</i> sp.	Soja	Inibidores de ALS
BRASIL	<i>Amaranthus</i> sp.	Cana	Inibidores fotossíntese
BRASIL	<i>Bidens pilosa</i>	Soja	Inibidores de ALS
BRASIL	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Soja	Inibidores de ALS
BRASIL	<i>Brachiaria plantaginea</i>	Soja	Inibidores de ACCase
BRASIL	<i>Sagittaria montevidensis</i>	Arroz	Inibidores de ALS
BRASIL	<i>Echinochloa</i> sp.	Arroz	Ácido quinlino-carboxílico
PARAGUAI	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Soja	Inibidores de ALS

PLANTAS TRANSGÊNICAS RESISTENTES A HERBICIDAS

Uma nova fase se iniciou na prática de uso de herbicidas, com a introdução de plantas geneticamente modificadas, tornadas resistentes a determinados princípios ativos. Na área do Mercosul, até o momento, se destaca a soja, tornada resistente ao glifosato. Argentina e Uruguai confirmam o plantio dessa leguminosa. No Brasil e no Paraguai a soja transgênica ainda não é liberada para o plantio comercial.

O quadro abaixo indica aproximadamente a percentagem da área plantada com soja transgênica.

Pais	Cultura	Herbicida	1997/1998	1998/1999	1999/2000
Argentina	Soja	Glifosato	20%	75%	80%
Uruguai	Soja	Glifosato	-	40%	80%

Diversas outras culturas transgênicas, resistentes a diversos herbicidas, estão sendo desenvolvidos, nos países do Mercosul.

Entre os aspectos a considerar, também se encontram alternativas para o controle de biótipos que tem mostrado resistência a herbicidas de uso convencional.

HERBIGAÇÃO

WULF SCHMIDT - Dow AgroSciences, Ind. Ltda – R. Alexandre Dumas, 1671 - S.Paulo/SP - CEP04117 903. Email: wschmidt1@dow.com Coord. Grupo Quimigação da ABNT-CE:04.015.08

RESUMO

O Brasil tem cerca de 4 MM de ha irrigados, cerca de 2,5 MM de tabuleiros, 1,0 MM de pivôs centrais e 0,5 MM de outros sistemas, crescendo a uma taxa aproximada de 5% ao ano em área, principalmente com pivôs e localizada. Apesar disto, quimigação de modo geral e herbigação particularmente, não são práticas comuns, devido sobretudo a falta de informações para condições brasileiras. O presente trabalho tem como principal objetivo mostrar o status atual desta prática, o que é, suas vantagens e limitações, e as oportunidades existentes para a pesquisa e uso pelos agricultores irrigantes. A ausência de uma regulamentação própria e específica desta prática, em relação ao seu uso, manejo agrícola e registro também é comentada. Percebemos que há muito trabalho a ser feito, mas, cujos resultados certamente vão contribuir para a redução dos custos operacionais do agricultor irrigante, fazendo a agricultura brasileira ser mais competitiva num mundo globalizado.

Palavras Chaves: Quimigação; Herbigação; Herbicidas

SUMMARY

Brazil has around 4 MM irrigated ha, about 2.5 MM for paddy rice, 1.0 MM centre pivots, and 0.5 MM other systems, increasing in a rate of around 5% a year in area, mainly for sprinklers and trickle systems. Beside that, chemigation at all and herbigation particularly is not a very common

practice mainly due to lack of information for Brazilian conditions. The present paper has the main objective to show the current status of herbigation, what it is, its advantages and limitations, and the existing opportunities for research and use by our farmers. The absence of a clear normatization of this practice, regarding safety devices, crops management and regulatory are also commented. We perceive that a lot of work is to be done, but the results certainly will contribute for operating cost reduction by irrigated farmer, which will make brazilian agriculture be more competitive in a globalized world.

Key words: Chemigation; herbigation; Herbicides

INTRODUÇÃO

Quimigação é a prática de se aplicar produtos agroquímicos pela água de irrigação (JOHNSON et alii, 1986). A herbigação está portanto inserida neste contexto e é a aplicação de herbicidas pela água de irrigação. É uma prática agrícola bastante difundida em outros países mas pouco difundida ainda no Brasil, que embora tenha cerca de 4 milhões de ha irrigados (2,5 MM inundação; 1,0 MM pivô central; 0,5 MM outros sistemas), pouquíssimos são os trabalhos nesta área desenvolvidos em nossas condições, sendo-me possível localizar apenas um, realizado por SILVA, J.B. e COSTA, E.F. (EMBRAPA / CNPMS).

O primeiro trabalho conhecido nesta área, data de 1955, feito por BRUNS et alii (Uso de solventes aromáticos no controle de plantas aquáticas submersas em canais de irrigação). De lá para cá, sobretudo nas décadas de 70 e 80 nos EUA, vários trabalhos têm sido realizados testando-se várias moléculas herbicidas tanto em pré como em pós emergência. Estes ensaios visaram não apenas a questão da eficácia e seletividade, mas também dados de impacto ambiental (escorrimento e lixiviação p.ex.), risco a saúde humana, características físico-químicas das moléculas e formulações, distribuição do produto na área, etc.

Estes trabalhos nos mostram que várias moléculas podem ser utilizadas em herbicidação, muitas vezes com eficácia superior, e com custo de aplicação inferior, que os métodos "convencionais" de aplicação. Também nos mostra a literatura que o tipo de irrigação utilizada não limita a prática, pois temos dados disponíveis para irrigação por inundação (sulco e tabuleiro), aspersão (pivô central, convencional) e localizada (gotejamento, subsuperfície e microaspersores). As limitações do método estão em sua grande maioria relacionados a falta de informação técnica (gerando muitos preconceitos infundados) e a características físico-químicas intrínsecas às moléculas.

VANTAGENS

REDUÇÃO DA NECESSIDADE DE EQUIPAMENTOS: trator, pulverizador, e em alguns casos equipamentos para incorporação.

REDUÇÃO NO RISCO DE EXPOSIÇÃO DO OPERADOR: ele não precisa ficar no campo junto a área que está sendo aplicada, ficando normalmente junto ao ponto de injeção distante da área. A herbicidação proporciona também um menor número de (re)cargas para cobrir a área (quadro 1).

QUADRO 1: Nr. De (Re)cargas necessárias para tratar uma área de 70 ha.

	Convencional	Quimigado	
Volume de Calda	200 L/ha	180 L/Hora	1,2 L/Hora
Tanque (L)	2.000	2.000	20
(Re)cargas	7	2.5	2

REDUÇÃO DO CUSTO DE APLICAÇÃO: pela otimização do uso do equipamento, menor consumo de energia e gasto com mão de obra (1 homem pode supervisionar a aplicação de 2-4 pivôs simultaneamente). Vide Tabelas 1e 2.

Tabela 1: Custos comparativos da quimigação versus convencional, em função de um programa de aplicações.

Aplicações ^(a)	QUIMIGAÇÃO			Convencional Custo Total ^(d) (U\$/ha)	Economia da Quimigação (U\$/ha)
	Custo Fixo ^(b) (U\$/ha)	Custo Variável ^(c) (U\$/ha)	Custo Total (U\$/ha)		
1F	8,56	4,50	13,06	6,20	-6,86
1F.1H	4,28	9,30	13,28	20,20	6,92
2F.1H	2,85	13,50	16,35	26,40	10,05
2F.1H.1I.	2,14	14,78	16,92	32,00	15,08
2F.1H.1I.1Fg	1,71	16,06	17,77	37,60	19,83
2F.1H.2I.1Fg	1,43	17,34	18,77	43,20	24,43
2F.1H.4I	1,22	18,62	19,84	48,80	28,96
3F.1H.4I	1,07	23,12	24,19	55,00	30,81
3F.2H.4.Fg	0,95	27,62	28,57	69,00	40,43
3F.2H.5I	0,86	28,90	29,76	74,60	44,84

- (a) Número de aplicações / ano e tipo de produto: F= fertilizante; H=herbicida; I=inseticida; Fg=fungicida.
 (b) Assumiu-se custo fixo do sistema de quimigação de U\$4.000,00, mais U\$2,00/ha custo de manutenção.
 (c) Baseado no custo operacional de um pivô de 61 ha.
 (d) Assumiu-se custo trator = custo avião.
 Fonte: JOHNSON,A.W. et al., 1986.

Tabela 2: Custo comparativo de quimigação versus convencional de herbicidas - uma aplicação.

Herbicida	Convencional* (US\$/ha)	Quimigado** (US\$/ha)	Lâmina de água(mm)
PPI	13,84***	5,56	12,7
Pré	5,56	2,72	6,35
Pós	5,56	1,73	3,8

*Assumiu-se custo trator = custo avião. ** Custo operacional estimado para um pivô de 60ha.

*** Inclui custo de incorporação

Fonte: DOWLER,C.C. ,1985.

MENOR RISCO DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL: Seguindo-se as recomendações dos fabricantes (produtos e equipamentos), e utilizando-se os equipamentos de segurança necessários e imprescindíveis, a quimigação é, sem dúvida, uma das formas de aplicação mais seguras existentes.

REDUÇÃO NO DANO MECÂNICO À CULTURA: Poucos tem noção de qual seja a perda, cada vez que um agricultor entra com um máquina numa lavoura. Esta perda se dá não apenas pelo amassamento da cultura propriamente dita mas também pela disseminação de sementes de plantas daninhas, pragas e doenças no talhão pelas plantas danificadas. Veja no quadro 1 abaixo alguns números:

APLICAÇÃO UNIFORME: não há possibilidade de sobreposição de faixa, nem tampouco de não aplicação em determinada faixa ou terraço.

ATIVACÃO E INCORPORAÇÃO: a própria água de irrigação já provê o meio de incorporação, bem como a umidade necessária para a ativação dos produtos que a necessitem, o que é fundamental

no caso de herbicidas de solo como a Trifluralina, e as Acetanilidas (Laço, Dual, Fist,etc.) por exemplo.

Pode ser o único meio de se utilizar herbicidas que necessitam de incorporação como a trifluralina e EPTC, ou mesmo para arrastar herbicidas preemergentes até o solo em áreas de Plantio direto.

Quadro1: Perdas de produtividade causada por entrada de máquina na lavoura:

CULTURA	% PERDAS
SOJA	3
MILHO	3-5
FEIJÃO	5-8 (até 12 na florada)
TRIGO	5-8
TOMATE	10-15
BATATA	10-15

Fonte: EMBRAPA; IAPAR; IAC, etc.

REDUÇÃO NA COMPACTAÇÃO DE SOLO: Este é sem dúvida um sério problema nos solos brasileiros, mas sobretudo em áreas irrigadas, onde a agricultura se faz de forma intensiva, com

consequente aumento no tráfego de máquinas, além da compactação causada pela própria irrigação. A quimigação permite com eficiência, a redução no tráfego de maquinário, diminuindo seu efeito compactador, e desta forma os custos com a descompactação destas áreas. Você já pensou quanto custa subsolar o terreno??

APLICAÇÃO COMO RECOMENDADO: Pelo fato de: poder ser aplicada à noite, com chuva leve, logo após uma chuva, com ventos de 16 km/h para canhão na ponta e 19 km/h com balancim (COSTA,E.F.; VIANA,P.A. & VIEIRA, R.F.- 1994), situações estas onde uma aplicação aérea ou tratorizada seria inviável, a quimigação permite que você faça a aplicação no momento exato do estágio da cultura e da planta daninha, do estágio ou do momento de maior susceptibilidade da praga, enfim, em uma condição que você certamente obterá uma maior eficácia dos produtos que estão sendo aplicados.

POSSÍVEL REDUÇÃO DAS DOSES APLICADAS: Ao contrário do que pensa uma grande maioria, a quimigação, pelo que já foi dito no item anterior, permite em determinadas situações, uma redução nas doses usadas dos produtos, mas isto precisa ser melhor estudado.

COQUIMIGAÇÃO: ou a aplicação de vários produtos simultaneamente, podendo ser em mistura de tanque ou em injeção simultânea de produtos até sabidamente incompatíveis.

LIMITAÇÕES

CONHECIMENTO: O responsável pela aplicação necessita ter uma qualificação melhor.

INVESTIMENTO ADICIONAL: sobretudo em equipamentos de segurança

PRODUTO: Não é qualquer produto que pode ser utilizado;

TEMPO DE APLICAÇÃO: Maior / área se comparado com trator ou avião.

IRRIGAÇÃO DESNECESSÁRIA: se no momento da herbicidação o solo não necessitar de água, fato este comum para pré emergentes p.ex.

FATORES QUE AFETAM A EFICÁCIA DA HERBIGAÇÃO

PROPRIEDADES DOS HERBICIDAS: de modo geral os produtos fitossanitários precisam atender a 3 condições básicas para poderem ser quimigados: 1- Baixa solubilidade em água com alta estabilidade; 2- Alta solubilidade em solventes orgânicos; e, 3- não ser corrosivo ao equipamento. Os herbicidas também não fogem a estas características.

Solubilidade: Determina a profundidade que o herbicida será carregado pela água, sua disponibilidade na solução do solo, a sua capacidade de lixiviação. O movimento dos herbicidas na solução do solo frequentemente é a chave para sua atividade herbicida e sua seletividade à cultura. (1,24,25,39,40,47,49,50,51,)

Volatilidade: ou a tendência de um produto passar ao estado gasoso, é dependente da pressão de vapor dos herbicidas, quanto maior mais facilmente o herbicida se volatilizará. Quando o herbicida é aplicado pela irrigação este fator pode significar em perdas substanciais do produto, reduzindo seu efeito herbicida, além do que, os vapores produzidos pode causar injúria à cultura tratada. (38,39, 40,47,51,58)

Adsorção: esta relacionado com o pKa e o K_{oc} das moléculas, e influi na atividade e persistência dos herbicidas no solo. Esta característica afeta a disponibilidade dos herbicidas na solução do solo, além de sua capacidade de lixiviação e degradação no meio ambiente. (1, 19, 24, 25,47,49,50).

Movimento no solo: está relacionado com a adsorção, volatilidade, e solubilidade dos produtos a com a lâmina d'água no amomento da aplicação. Esta deve ser suficiente para levar o produto até a zona das raízes/ sementes mas não demais para provocar a lixiviação. Para algumas espécies perenes esta profundidade pode ser maior. (29, 39, 40, 49, 58)

CONDIÇÕES AMBIENTAIS:

Clima: principalmente a velocidade do vento no momento da aplicação, que afeta a distribuição dos produtos na área e também a perda por volatilização. (9, 39, 40,).

Características de solo: como para qualquer aplicação de herbicida, as características físico-químicas do solo devem ser consideradas. A umidade do solo no momento da aplicação também deve ser considerada, pois em solos úmidos a penetração da água de irrigação é menor enquanto que em solos secos ela é maior e mais rápida podendo carrear o herbicida a níveis mais profundos que o desejado. (24, 25,58)

VOLUME DE ÁGUA: A determinação da lâmina d'água aplicada é fundamental para o sucesso da herbicidação. A maioria dos herbicidas de solo podem ser aplicados com lâminas de 5-25mm para equipamentos de aspersão, enquanto que para irrigação por gravidade (sulco e tabuleiro) a lâmina mínima estaria entre 38-50mm.

Quando se usa aspersores, a velocidade de aplicação não pode ser maior que a capacidade de absorção do solo, sob pena de se ter acúmulo nas partes baixas do terreno e conseqüente distribuição desuniforme do produto.(1,20,24,25,28,29,39,40,49)

EQUIPAMENTOS: A uniformidade de distribuição do herbicida é diretamente relacionada com a uniformidade de distribuição de água. O ideal seria se os sistemas de irrigação utilizados tivessem um CUD (Coeficiente de Uniformidade de Distribuição) mínimo de 80 e preferencialmente maior que 90%. A instalação, manutenção e uso correto dos equipamentos de irrigação, segurança e bombas dosadoras injetoras garante a aplicação segura de produtos.

PRÉ EMERGENTES

Pelo fato de se estar junto com o herbicida adicionando uma lâmina d'água para ativação e também para incorporação, além da uniformidade de aplicação, fica bastante fácil e imediata a percepção das vantagens da herbicidação na aplicação de pré emergentes. Restam apenas perguntas relacionadas a uniformidade de distribuição do produto ao longo da linha de irrigação e as questões relacionadas a lixiviação e volatilização.

Vários produtos desta categoria de uso já foram testados e mencionados em literatura, entre eles citamos: Acetochlor, Alaclor; atrazine; Benefin; Bensulide; Butylate; CDEC; Cloramben; Cianazina; DCPA; Dimetazone; Difenamid; EPTC; Etalfluralin; Fluometuron; Imazaquin; Metolaclor; Metribuzin; Orizalin; Pendimentalin; Propanil; Trifluralin; Vernolate; etc. O nível de eficácia e seletividade entre eles é variável não podendo pois serem recomendados, mesmo por que alguns destes produtos não são comercializados e/ou registrados no Brasil. (3,8,10,11,12,13,14,15,16,17,29,31,36,38,42,43,49,50,51,52,58)

PÓS EMERGENTES

Na aplicação de herbicidas pós emergente ou de fungicidas de contato, o primeiro pensamento que nos ocorre é que o produto será lavado pela água de irrigação e não terá efeito. Isto é verdade para alguns produtos que quando analisados observa-se que não atendem aos 3 pré requisitos, mencionados acima para serem quimigáveis. Quando os produtos atendem estas condições as probabilidades de sucesso são melhores.

DOWLER (17) trabalhando com Acifluorfen, sethoxydin, bentazon, fluazifop-buthyl, metolachlor, chloramben, naptalan e dinozeb menciona em suas conclusões: "Há indicações que aumentar a lâmina de água pode reduzir a atividade de certos herbicidas . A adição de um óleo não emulsionável como o óleo de amendoim, como veículo para injeção do herbicida, nega o efeito da

lâmina de água e produz consistentes resultados herbicidas. Estes dados indicam que herbicidas pós emergentes não são necessariamente lavados da superfície das folhas como esperado inicialmente e que os herbicidas podem ser absorvidos muito rapidamente pelos tecidos da planta durante e logo após a aplicação".

GUY et alii (28) trabalhando com Fluazifop-P, Haloxyfop e quizalofop aplicado por aspersão, também concluíram que a eficácia dos produtos testados quando comparados a aplicação convencional foi a mesma. Adicionalmente, a absorção radicular dos produtos foi maior quando herbigada do que em convencional. A adição de concentrações crescentes de óleo não emulsionável na solução aumenta a deposição e retenção dos produtos nas folhas.

SUMNER et alii (53) trabalharam com desfolhadores em algodão comparando aplicações convencionais com herbigação, com e sem a adição de óleo. Também aqui a adição de um óleo não emulsionável melhorou o desempenho do desfolhante quando herbigado, removendo de 80-95% das folhas, de modo que, conclui o autor, "a herbigação é um método de aplicação aceitável para a aplicação de desfolhantes em algodão".

Como estes há outros vários trabalhos de literatura testando vários produtos de aplicação pós emergente entre eles citamos: Acifluorfen; Atrazina, Bromoxynil; Cloramben; Fluazifop; Quizalofop; Fomesafen; Haloxyfop; Lactofen; Naptalam+ Dinoseb; Tridifane; Bentazon; Glifosato; Imazaquin*; MSMA; Paraquat; Setoxidin; etc. Como os pré emergentes, algumas destas moléculas não são comercializadas no Brasil e/ou não tem registro. (2,17,21,27,28,32,39,50,54,57)

(*) Imazaquin é registrado também como pós emergente nos EUA.

FORMULAÇÕES E ÓLEOS

De modo geral as formulações em óleo se adaptam melhor à quimigação, seguindo aproximadamente a seguinte ordem: CE > EC > SC > PM > WG.

O uso de óleo não emulsionável para diluir o produto e injetá-lo no sistema de irrigação, tem sido bastante estudado e vários trabalhos, com herbicidas, fungicidas e inseticidas, mostram efeito positivo desta adição (7,9,17,27,34,35,52,54,55,56,578).

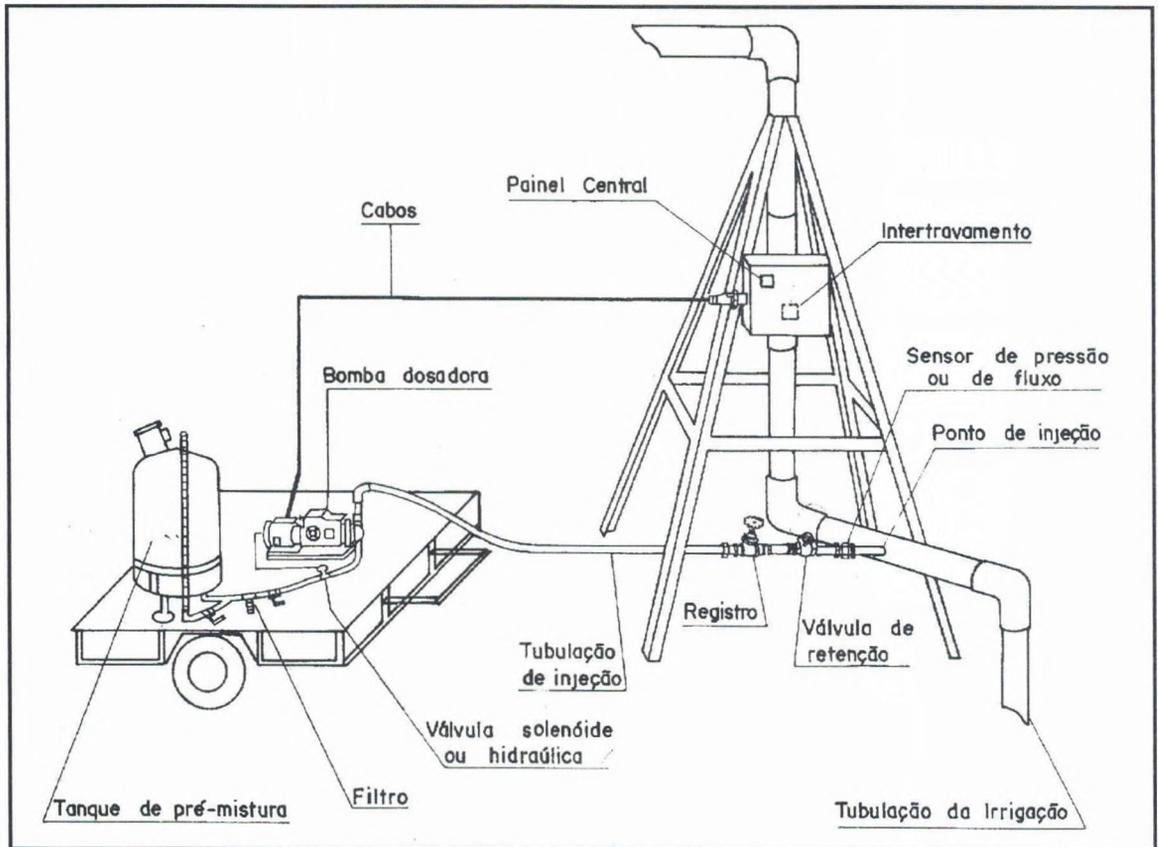
RISCOS

Desuniformidade de aplicação: ocorre de dois modos, quando não há uniformidade de distribuição de água; e quando a velocidade de aplicação é maior que a capacidade de absorção do solo, neste caso vai empoeçar água nas partes baixa => fitotoxicação, e escorrer das partes altas => escapes. O adequado manejo de solo é importante para qualquer prática agrícola.

Contaminação de mananciais hídricos: ocorre quando há refluxo se a captação de água for do subsolo, se a injeção de produto se der por sucção ou pressão negativa (NÃO recomendada), ou ainda, se a adutora principal não dispor dos equipamentos de segurança necessários (Válvula de retenção, Intertravamento elétrico etc.) Veja na figura 1 abaixo, esquema contendo os mínimos itens de segurança necessários para um pivô, que são basicamente os mesmo para outros métodos de irrigação.

Exposição do operador: Uma grande vantagem da quimigação conforme já mencionado anteriormente. A herbigação permite um menor número de (re)cargas, o operador não fica no trator "arrastando" o pulverizador e sendo alvo de deriva, e a pouca deriva (a quimigação é comprovadamente pela Drift task Force americana a forma de aplicação que menor deriva causa) que pode haver, ainda é diluída.

FIGURA 1: Sistema completo de segurança instalado na linha de injeção do produto, em um pivô central.



Fonte: Costa, Viana e Vieira (Ed.), EMBRAPA/CNPMS, 1994, p.122.

ÁREAS QUE NECESSITAM DE ESTUDO

Eficácia e seletividade: nenhum herbicida tem recomendação de uso para esta forma de aplicação no Brasil, e apenas 1 dado pode ser localizado sobre eficácia em nossas condições.

Lâmina d'água: estudos sobre qual a melhor lâmina para aplicação nas nossas diferentes condições edafoclimáticas. Sua relação com teor de argila, matéria orgânica e umidade no momento da aplicação.

Qualidade da água: muito se fala em pH da água mas pouco em dureza e salinidade da água que são fatores muito mais limitantes para a boa eficácia dos produtos fitossanitários do que o próprio pH.

Tamanho e dispersão de gotas: estudo com aspersores e métodos nas diversas formas de irrigação.

Momento de aplicação dos herbicidas: basicamente 3 devem ser considerados:

- 1- Em relação ao estágio de crescimento das plantas daninhas e cultura. Este aspecto varia entre herbicidas, como é conhecido, mas pode variar entre as aplicações convencionais e herbicidação.
- 2- Em relação ao manejo de irrigação. Neste caso precisamos saber se fazemos apenas uma aplicação no início ou no fim do ciclo, ou varias intermediárias.
- 3- E o tempo após preparo de solo para aqueles herbicidas que atuam na inibição do processo germinativo das semente ou nas plantas em germinação ou germinadas. Este tempo para herbicidação pode ser diferente uma vez que, com a presença de umidade você acelera o processo germinativo.

A Dose dos herbicidas: pela maior efetividade em algumas situações e a possibilidade de sucessivas aplicações em doses reduzidas, podem levar a um manejo de invasoras melhor a um custo menor.

As propriedades físico-químicas dos herbicidas: por incrível que pareça coeficientes como solubilidade em água e orgânicos, pKa, Koc, Kow, não são conhecido e/ou não divulgados para muitos herbicidas.

Formulações: mais adequadas a esta prática seriam bem-vindas, e.g. formulações EC sem emulsificantes. Embora que, pela legislação brasileira de registro que exige registro por formulação, mesmo que se desenvolvessem, dificilmente seriam registradas pelo alto custo do mesmo.

Fatores climáticos: o efeito de vento, umidade relativa e temperatura na performance dos herbicidas em condições de herbicidações .

Acidentes: o que fazer para evitá-los, e o que fazer para saná-los? No caso de um refluxo p.ex. o que fazer? Existem informações para águas subterrâneas nos EUA, mas nada para águas de superfície que é a condição mais comum para o Brasil.

Uso de óleos e adjuvantes e fertilizantes líquidos: a questão do óleo não emulsionável (soja ou amendoim) já foi apresentada, bem como existem dados mostrando que a aplicação simultânea de fertilizantes líquidos potencializa o efeito herbicida (7,9,34,35,52,53,54,55,56).

Misturas de tanque: como na aplicação convencional aqui também há necessidade de estudos, incluindo inseticidas, fungicidas, nematicidas, fertilizantes, etc.

LEGISLAÇÃO E REGISTRO NO BRASIL

O processo de registro de produtos fitossanitários no Brasil segue a lei no 7.802 / 1989 - "Lei dos Agrotóxicos", regulamentada pelo decreto no 98.816/90 e a portaria 991/93.

Por esta legislação, deve constar em rótulo e bula a recomendação ou restrição do modo de aplicação dos produtos registrados. Porém uma normatização técnica específica para a aplicação de produtos via irrigação, em muito contribuiria para disciplinar a prática. Neste sentido, está em andamento na ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) o projeto de norma CE 04.015.08.007: "Normas para uso seguro e correto de equipamentos de irrigação para a aplicação de produtos agroquímicos e afins."

CONCLUSÕES

Pelo que foi apresentado, por sua característica de CONVENIÊNCIA, por ser mais segura ao operador, por ter um custo operacional significativamente inferior ao das tecnologias convencionais, fica claro o grande potencial de desenvolvimento que esta tecnologia tem no Brasil. O que nos falta?

Falta apenas a condução de pesquisas nesta área validando os diversos conceitos já estabelecidos no exterior para as nossas condições, e a regulamentação desta prática agrícola de modo a oferecer a segurança, ao homem e ao meio, necessária e imprescindível.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Carlos Vieira de Almeida - Univ. Est. Londrina, pela revisão do texto e sugestões.

BIBLIOGRAFIA CITADA / CONSULTADA

1. ABDEL-RAHMAN, G. et alii: Runoff and leaching of atrazine and alachlor on a sandy soil as affected by application in sprinkler irrigation. *J. Environ. Sci. Health*, 1999, V.34(3), p.381-396.
2. BALYAN, R.S.: Effect of sulfosulfuron, chlorsulfuron and glufosinate-treated water on mungbean, soybean, pearl millet, maize and sorghum. *Tests of agrochemicals and cultivars*. Jun 1998.(19) p.36-37.

3. BANKS,P.A. & DOWLER,C.C.: Application efficiency and distribution of several herbicides by center pivot sprinkler irrigation. Athens,GA, Univ.Georgia Agr.Exp.Station, 1986 Research Bul. 343, 12p.
4. BARREDA,D.G.;DEL BUSTO,A.; & CEBOLLA,V.: Herbigation through drip irrigation systems in citrus orchards in Spain. Proc.2nd Intern. Weed Control Congress, Copenhagen, 1996, p.1109-1113.
5. BRUNS,V.F.;HODGSON,J.M.;ARLE,H.F. & TIMMONS, F.L.: The use of aromatic solvents for control of submersed aquatic weeds in irrigation channels. Washington,DC, USDA, 1955. 33p. (USDA Circular,971)
6. BUHLER,D.D. & BURNSIDE,O.C.: Effect of application factors on post-emergence phytotoxicity of fluzifop-butyl, haloxyfop-methyl, and sethoxydim. Weed Science,1984,32(5),p.574-583.
7. BUSCHMAN,L.L.;et alii: Chemigation in corn; effect of nonemulsified oils and sprinkler package on the efficacy of corn borers (Lepidoptera: Pyralidae) insecticides. Journ. Econ. Entomol.,1985,78(6),p.1331-1336.
8. CAVINESS,D.M.; TALBERT,R.E. & KLINGMAN,G.L.: Chemigation and spray application of herbicides on container grown ornamentals. Weed Technology,1989,2(4), p.418-422.
9. COSTA,E.F.da ; VIEIRA,R.F.; & VIANA,P.A.(Ed.) Quimigação - aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação.EMBRAPA/CNPMS, Brasília, EMBRAPA-SPI, 1994, 315p.
10. DOWELANCO SURFLAN* label.
11. DOWELANCO TREFLAN* Chemigation weed control for corn and alfalfa. Folder
12. DOWELANCO TREFLAN* chemigation. Through the pivot.
13. DOWELANCO TREFLAN* Field Facts Technical bulletin. 67p., 1992.
14. DOWELANCO TREFLAN* Label. Technical Label. 24p.
15. DOWELANCO TREFLAN* Supplemental labeling

16. DOWLER,C.C.: Herbigation and irrigation technology - present and future. 3rd Nat.Symp. on Chemigation,Tifton/GA ,1985, p.58-67.
17. DOWLER,C.C.: Advantages of herbigation. International water & irrigation review,1995 vol 15(3), p.26-28.
18. DOWLER,C.C. et alii: Herbigation Workshop. Herbigation Workshop Proceedings. Sponsored by USDA-ARS. Held in Rural Dev.Center, Tifton, GE, July 9-10, 1991.
19. DOWLER,C.C. et alii: The effect of sprinkler irrigation on herbicides efficacy, distribution, and penetration in some coastal Plain soils. Univ. of Georgia Coll.of Agric. 1982, Research Bulletin, 281.27p.
20. DOWLER,C.C.: Herbigation research on Agronomic crops grown in southeastern coastal plain soils. 1st Nat. Symp. on chemigation, Tifton/GA, 1981, p.38-45.
21. DOWLER,C.C.: New technology in herbigation. 2nd Nat. symp. on Chemigation, Tifton/GA, 1982,p.28-34.
22. DOWLER,C.C.: Present Herbicide application technology with sprinkler irrigation. Proc.Soil Crop Sci.Soc of Florida,1984b, V.43 p.6-9.
23. Eberlein, C. V.; King, B. A.; Guttieri, M. J.: Weed management with site-specific herbigation. Proc.of the 4th Intern.Confer.on Precision Agriculture, St. Paul, Minnesota, USA, 19-22 July 1998, p.869-77.
24. FOURIE,J.C.: Herbigation in a vineyard: Efficacy and persistence of five pre-emergence herbicides in a sandy soil. S.Afr.J.Enol.Vitic.,Vol.14(1), 1993, p.3-10
25. FOURIE,J.C.: Herbigation in a vineyard: Efficacy and persistence of five pre-emergence herbicides in a sandy loam soil. S.Afr.J.Enol.Vitic.,Vol.13(2), 1992, p.64-70.
26. GLAZE,N.C. & PHATAK,S.C.: Efficacy of herbicides applied conventionally and through irrigation systems. 1st Nat. Symp. on Chemigation,Tifton/GA, 1981, p.46-51.

27. GUY, C.B.; et alii: Application of fluazifop-P, haloxyfop, and quizalofop by sprinkler irrigation. *Weed Science*, 1989, 37(4), p.585-590.
28. GUY, C.B.; TALBERT, R.E.; & FERGUSON, J.A.: The performance of selective postemergence grass herbicides applied with different sprinkler irrigation water volumes. 3rd Nat. Symp. on Chemigation, Tifton/GA, 1985, p.68-73.
29. HEIKES, E.: Application of herbicides through center pivot sprinkler systems. 2nd Nat. Symp. on Chemigation, Tifton/GA, 1982, p.18-22.
30. HERSHENHORN, J. et alii: Orobanche aegyptiaca control in tomato fields with sulfonylurea herbicides. *Weed Research*, 1998, Vol 38, p. 343-349.
31. HIRAE, H.H. et alii: Herbigation in an irrigated macadamia nut orchard. Research ext. series- Col. Trop. Agric. and Human Res., Univ. of Hawaii, Coop. Ext. Serv. Dec, 1991. (134)p. 38-42.
32. JOHNSON, A.W. et alii: Chemigation for crop production management. *Plant disease*, 1986 Nov., V.70(11), p.998-1004.
33. JUNQUEIRA No., A.: Aplicação de Herbicida, Inseticida e Fungicida via Pivô Central na cultura do Feijão. *Inf. Agropecuário*, 1994, V.17(178) p.35-38.
34. KOO, Y.M.; SUMNER, H.R. & CHANDLER, L.D: Formation of imiscible oil droplets during chemigation I. In line dispersion. *Transaction of ASAE* 35(4) ,1992 , p.1121-1125.
35. KOO, Y.M.; SUMNER, H.R. & CHANDLER, L.D: Formation of imiscible oil droplets during chemigation II. Nozzle dispersion and emulsification. *Transaction of ASAE* 35(4) ,1992 , p.1127-1133.
36. LYLE, W.M.; et alii: Development of high-speed low-volume chemigation systems. *Proc. Beltwide Cotton Conference*, 1993, 3, p.1607-1609.
37. MILLER, V.: Herbigation , new idea in weed control. *Progressive farmer*, june 1976. 2p.

38. NISSEN,S.J.;BRUNK,G.R. and FOSTER,G.: Volatility losses of dimethenamid, metolachlor, and EPTC during chemigation. Proc.Western Soc.Weed Sci.,1998. v. 51 p. 12. Abstr.
39. OGG Jr., A.G.: Applying herbicides in irrigation water - a review. Crop Protection, 1986, V.5(1), p.53-65.
40. OGG Jr., A.G.; DOWLER,C.C.; MARTIN,A.R.; LANGE,A.H. & HEIKES,P.E.: Application of herbicides through irrigation systems USDA,1983, 8p (USDA, Item AD -FO2280)
41. OGG,A.G. & DOWLER, C.C.: Applying herbicides through irrigation systems. Methods of applying herbicides.Champaign,IL:WSSA,1998.p.145-164.
42. OGG,JR., A.G.:Conventional versus sprinkler Application of Metolachlor, Alachlor, and Chloramben on beans, potatoes, and sweetcorn. 1st Nat.Symp.on Chemigation,Tifton,GA,1981,p.32-37.
43. PHATAK,S.C.: Effect of metham sodium applied through overhead irrigation systems on weed control and yield of vegetables. 2nd Nat.Symp on Chemigation,Tifton/GA, 1982,p.23-27.
44. PHATAK,S.C.;VAVRINA,C.S. & CALLAWAY,M.B.: Yellow nutsedge control with sequential application of metolachlor and rust fungus through center pivot irrigation system. 3rd Nat.Symp. on Chemigation,Tifton/GA,1985, p.74-77.
45. PONNUSWAMY,K.;SANTHI,P. and ALI,A M.: Physiological parameters and tuber yield of cassava as influenced by drip herbigation. Journal of Ecobiology,1998, vol. 10 (1):p.19-25.
46. PONNUSWAMY,K.;SANTHI,P. and ALI,A M.: Response of cassava to drip herbigation. Journal of Ecobiology,1998, vol. 10 (2): p.83-89.
47. RODRIGUES, B.N.: Guia de herbicidas . 4a Edição, Londrina/PR, 1998, 648p.
48. SCHMIDT,W.: Quimigação: características, vantagens e desvantagens. Seminário de Quimigação , Anais, Barreiras/BA, Junho 1997, p.46-54.

49. SILVA, J.B. & COSTA, E.F.: Aplicação de herbicidas na cultura do milho via irrigação por aspersão. Rel. Técn. Annual EMBRAPA/CNPMS, 1985-1987. Sete Lagoas/MG, 1991, p.89-90.
50. SILVA, J.B., KARAM, D. & COSTA, E.F.: Herbigeação In: Quimigeação - aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. EMBRAPA/CNPMS, Brasília, EMBRAPA-SPI, 1994, p. 281-307.
51. STAUFFER CHEMICALS: Herbigeation. Tech. bulletin, 9p
52. SUMNER, H.R.; BOUSE, L.F. & YOUNG, J.R.: Oil-formulated pesticide droplet size distribution in chemigation. ASAE paper nr. 91-1056. 12p
53. SUMNER, H.R.; et alii: Defoliation of cotton leaves by chemigation methods. Proc. Beltwide Cotton Conference, 1993, 3, p.1610-1613.
54. SUMNER, H.R.; BOUSE, L.F.; YOUNG, J.R.: Size distribution of oil-formulated pesticide droplets in chemigation. Transaction of ASAE 35(5), 1992, p.1527-1530.
55. WALLER, P.M. & HILLS, D.J.: Chemigation pipeline transport model for nonsoluble pesticide - I Theory. Transaction of ASAE 38(6), 1995, p.1699-1709
56. WALLER, P.M.; HILLS, D.J. & GILES, D.K.: Chemigation pipeline transport model for nonsoluble pesticide - II. Numerical and field validation. Trans. of ASAE 38(6), 1995, p.1711-1718
57. WAUCHOPE, R. and STREET, J.E.: Fate of a water soluble herbicide spray on foliage. Part I. Spray efficiency: measurement of initial deposition and absorption. Pestic. Sci., 1987, 19, p.243-252.
58. WIESE, A.F.: Research and experience with herbigeation in west Texas. 1st Nat. Symp. on Chemigation, Tifton, GA, 1981, p.26-31.
59. WYMAN, J.A. et alii; Comparison of aircraft, ground-rig and center-pivot irrigation systems for application of pesticides to potatoes. Am. Potatoe Journal, 1986, 63, p.267-314.

CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS AQUÁTICAS

EDIVALDO DOMINGUES VELINI – Prof. Dr. FCA / UNESP – Botucatu - SP

1. Introdução

No Brasil, lagos e rios são importantes para o fornecimento de água para dar suporte a sistemas de produção agrícola e industrial, para consumo humano, recreação, navegação, irrigação, pesca e geração de energia elétrica. Décadas de desmatamento indiscriminado e uso inadequado da terra estimularam o carregamento de nutrientes para o leito de rios e reservatórios. O carregamento de parte dos fertilizantes utilizados em culturas agrícolas, além da grande carga de esgotos residenciais e industriais têm levado cursos e reservatórios de água, naturais ou artificiais, a uma condição de desequilíbrio, caracterizada pela grande disponibilidade de nutrientes, que acelera o crescimento de vegetação aquática indesejável.

Embora uma quantidade mínima de vegetação aquática nativa seja necessária como fonte de O_2 , alimento e abrigo para a vida aquática, grandes massas destes vegetais podem dificultar a navegação, pesca, recreação e entupir a tomada de água de turbinas de usinas hidroelétricas.

Uma vegetação densa sobre a superfície pode tornar praticamente nula a concentração de O_2 dissolvido em função da não penetração de luz em quantidades suficientes para suportar o crescimento de organismos fotossintetizantes na coluna de água. Mesmo comunidades de plantas imersas, que produzem grandes quantidades de O_2 durante o dia, em função da pequena capacidade de armazenamento da água, podem exaurir, durante a noite, o estoque de O_2

dissolvido. Nas duas situações, espécies mais exigentes em O₂ dissolvido, como peixes, podem ser eliminadas do local.

Deve ser destacado que algumas das espécies de plantas que têm causado problemas no Estado de São Paulo (Ex.: *Egeria densa* e *Egeria najas*), são nativas do Brasil, mas originárias de outras bacias hidrográficas, sendo classificadas, portanto, como exóticas.

Citamos a seguir, alguns exemplos de problemas que estão associados à alta proliferação de plantas aquáticas, no Brasil.

- Nos reservatórios e canais da Light (Estado do Rio de Janeiro), a ocorrência de plantas aquáticas marginais ou flutuantes tem obrigado a utilização constante de programas mecânicos de controle destas espécies. Esta empresa tem contratado a remoção anual de 120.000 m³ de plantas aquáticas a um custo aproximado de R\$ 7,00 / m³. O trabalho é feito por empreiteiras, com equipamentos adaptados e sem que se tenha feito uma análise adequada da eficiência e dos problemas ambientais decorrentes desta prática. A não execução destas práticas de controle aumenta a acumulação de material vegetal nas grades que protegem as tomadas de água de unidades de bombeamento das usinas elevatórias. Previamente à geração, com um desnível de 305m, a água é bombeada em estações elevatórias para transpor o cume da Serra do Mar.
- Na região de Ribeirão Preto, a queda recente de duas pontes está associada à ocorrência de chuvas fortes a altas infestações de *Brachiaria mutica* e *Brachiaria arrecta* nas margens de rios. Estas plantas podem apresentar caules muito longos que, durante as cheias, se prendem aos pilares das pontes, reduzindo a vazão de água e a estabilidade das mesmas.
- A redução da qualidade de água e o aumento da incidência de vetores de doenças têm sido verificados em um grande número de reservatórios de diferentes tamanhos, infestados com plantas aquáticas marginais, imersas ou flutuantes.

- Talvez o maior de todos os problemas refira-se a infestação do reservatório da usina hidroelétrica de Jupia, com as espécies *Egeria densa*, *Egeria najas* e *Ceratophyllum demersum*. Nos meses de maior precipitação pluviométrica (janeiro a março) as cheias deslocam grandes massas de plantas que caminham à deriva e podem alcançar as grades de proteção das unidades geradoras da Usina hidroelétrica de Jupia. Caso a limpeza não seja feita em tempo, a obstrução das grades pode gerar cavitação das turbinas e a ruptura ou sucção de painéis da grade de proteção. Todo trabalho de manutenção e limpeza das grades deve ser feito com as turbinas paradas, implicando na não geração de energia elétrica. De 1989 até o agora, já foram substituídos mais de 1.000 painéis de grade com custo unitário médio da ordem de R\$3.000,00, sem considerar os custos do trabalho de substituição. Em muitas situações, várias turbinas de Jupia são simultaneamente paralizadas; cada turbina de Jupia produz energia equivalente a toda uma hidroelétrica do complexo gerador do Tietê (Ex: Barra-bonita e Três Irmãos). Este mesmo grupo de espécies também já causa grandes problemas à geração de energia em Paulo Afonso (rio São Francisco) e está presente em vários outros grandes reservatórios brasileiros.

2. Principais espécies de plantas aquáticas

São escassas, no Brasil, publicações com a descrição de espécies de plantas aquáticas e com informações sobre o comportamento ecofisiológico das mesmas. Devem ser destacadas as publicações de LORENZI (1991) e KISSMANN (1991).

As plantas daninhas de ambientes aquáticos podem ser classificadas em diferentes grupos em função de sua localidade e mobilidade no corpo hídrico (hábito de crescimento). As plantas

marginais são espécies de terra seca ou terrestres, que ocorrem nas bordas ou margens de canais, lagos, represas ou rios, aproveitando-se das condições de umidade. As sementes das espécies que ocorrem nessas localidades podem disseminar-se facilmente e com isto atingir grandes distâncias pelo curso d'água. São exemplos: *Cyperus* spp e *Brachiaria purpurascens*.

Algumas espécies, denominadas de flutuantes, ocorrem livremente na superfície das águas de lagos, apresentando suas raízes submersas e as folhas fora da água. As plantas flutuantes são facilmente arrastadas pelos ventos, sendo também levadas pelas correntezas dos rios, riachos e canais. Causam problemas à navegação, aumentam as perdas de água por evapotranspiração, reduzem a oxigenação da água e podem inviabilizar o uso de lagos e represas. São exemplos: aguapé (*Eichhornia crassipes*); alface d'água (*Pistia stratiotes*); musgo d'água (*Azolla caroliniana*) e salvinias (*Salvinia auriculata*, *S. molesta* e *S. rotundifolia*).

Quando as plantas vivem inteiramente abaixo do nível da água, são denominadas de imersas ou submersas. Algumas espécies tem suas raízes dentro da água e são chamadas livres ou não-ancoradas; são completamente dependentes da água para o seu suplemento nutricional. Outras espécies deste grupo são enraizadas no fundo d'água e são as ancoradas ou presas. São exemplos: *Egeria densa* e *E. najas*, denominadas elodeas; *Ceratophyllum demersum* e *hydrilla verticillata*. Esta última é uma espécie de controle extremamente difícil que não ocorre no Brasil.

Outras espécies de grande importância no Brasil são as taboas (*Typha* spp), o aguapé-de-cordão (*Eichornia azurea*), mururê ou pontederia (*Pontederia Cordata*).

3. Principais métodos de controle de plantas aquáticas

Controle mecânico

Como qualquer outra técnica de controle de plantas aquáticas, o controle mecânico tem vantagens e limitações. No Brasil, vem sendo utilizado, com sucesso, em várias situações.

As operações relacionadas ao controle mecânico podem ser divididas em quatro etapas: a retirada das plantas dos rios, canais ou lagos; o transporte das plantas ainda no corpo hídrico; a transferência deste material para o ambiente terrestre; e o transporte e descarte do material coletado. Em alguns sistemas de controle mecânico utilizados no exterior, mas ainda não disponíveis no Brasil, plantas emersas são coletadas, picadas e lançadas novamente na água, eliminando-se algumas das etapas mencionadas.

A seqüência de etapas não precisa ser exatamente a citada. Em alguns sistemas de controle mecânico de plantas aquáticas em uso no Brasil, as plantas caminham naturalmente até grades de proteção de turbinas ou tomadas de água de bombas sendo retiradas mecanicamente por equipamentos de limpeza destas estruturas. Sistemas deste tipo encontram-se em operação na CESP e Light e, provavelmente, em um grande número de usinas hidroelétricas em todo o País, tendo sido desenvolvidos com o objetivo de minimizar os efeitos das plantas aquáticas sobre a capacidade de geração e bombeamento e não exatamente para controlar as plantas aquáticas. Os maiores níveis de eficiência, em termos de controle, são alcançados quando grandes quantidades de plantas são deslocadas até as grades, após chuvas ou práticas mecânicas auxiliares para deslocá-las; contudo, algumas destas situações são críticas em termos de geração e bombeamento, havendo necessidade de interromper as operações.

Em um outro sistema em uso na Light, as plantas presentes nas margens, ou em pontos de menor profundidade em canais de condução de água, são deslocadas mecanicamente e lançadas no curso de água. Próximo às tomadas de água, uma barreira flutuante retém as plantas que são retiradas e transferidas mecanicamente para as margens. As plantas podem também ser retiradas

diretamente da água e lançadas ao longo das margens dos canais e reservatórios. Uma vez fora da água as plantas são mecanicamente carregadas em caminhões e transportadas até áreas de descarte.

O controle mecânico utilizando embarcações equipadas com sistemas de recolhimento de plantas é freqüentemente observado no exterior, mas pouco utilizado no Brasil, embora existam, aqui, algumas máquinas com estas características. Esta opção de controle certamente apresenta grande potencial de uso em programas de manejo integrado de plantas daninhas, podendo ser utilizada em pontos com início de infestação de plantas daninhas marginais, imersas ou emersas. Estes equipamentos poderiam ainda ser utilizados para a limpeza emergencial de portos e hidrovias e nas proximidades de pontos de tomada de água de bombas e turbinas, como um sistema auxiliar, reduzindo o acúmulo de plantas nas grades de proteção. Quando o transporte das plantas coletadas é feito nas próprias embarcações, há a necessidade de que estas apresentem grande capacidade; se utilizado em embarcações pequenas, o rendimento operacional é extremamente baixo em função da necessidade de um grande número de deslocamentos até a margem para esvaziamento do compartimento de depósito.

O controle mecânico tem como vantagens, em relação ao controle químico e alguns tipos de controle biológico, a não contaminação da água com compostos químicos de ação herbicida ou toxinas. Pode ser utilizado de modo pontual, limitando-se o controle aos locais de ocorrência das plantas. As plantas são, geralmente, retiradas do meio aquático, reduzindo os problemas resultantes da decomposição das mesmas (consumo de oxigênio além de odor e aparência desagradável da água). Pode ser utilizado no controle de plantas marginais, flutuantes e imersas.

Como desvantagens destacam-se a inespecificidade e a possibilidade de segmentação das plantas com propagação vegetativa, disseminando-as. Como a eficiência não é total, os programas de controle mecânico têm permitido a rápida recomposição das populações de plantas aquáticas. A

necessidade de utilização contínua ou freqüente tem tornado o controle mecânico bastante oneroso, superando amplamente, a médio e longo prazo, os custos do controle químico e do controle biológico. Embora não gere contaminação da água, a remoção das plantas pode causar grandes danos diretos à fauna e à flora não daninha, além de colocar uma grande quantidade de sólidos em suspensão alterando um grande número de características do corpo hídrico relacionadas à transparência da água. Quando as plantas são transportadas até a margem, há a preocupação adicional de descartá-las sem que problemas ambientais sejam gerados; as tentativas de criar algum uso para o material a ser descartado têm sido infrutíferas em função das grandes quantidades envolvidas e do elevado teor de água destas plantas.

De modo geral, os sistemas de controle mecânico de plantas aquáticas disponíveis no Brasil encontram-se bem desenvolvidos em termos operacionais. Alguns equipamentos, adaptados ou desenvolvidos especificamente para este fim, são altamente eficientes. O maior problema do uso do controle mecânico corresponde à ausência de informações sobre o impacto ambiental destes sistemas. Também não existem critérios para a tomada de decisões quanto à seleção das áreas em que o controle será utilizado; o que tem determinado a porcentagem da área a receber controle e o volume de plantas a ser removido é o montante de recursos disponíveis na empresa, para este fim.

Como qualquer outro método de controle de plantas aquáticas, o controle mecânico apresenta vantagens e desvantagens exigindo uma grande quantidade de informações para que possa ser utilizado com máxima eficiência e mínimos custos e impactos negativos sobre o ambiente. Apesar de suas limitações, o controle mecânico certamente continuará desempenhando um papel de grande importância em programas de manejo integrado de plantas aquáticas.

Controle Biológico

Os controle com controle biológicos de plantas aquáticas são comuns na literatura internacional, mas raros no Brasil. Em termos mundiais os trabalhos se intensificaram na década de 70 procurando-se avaliar o potencial de insetos, peixes e outros animais, além de patógenos, como agentes de controle biológico de plantas aquáticas.

São duas as estratégias usadas no controle biológico. A primeira é a estratégia clássica que corresponde à introdução de agentes de biocontrole, liberados em pequenas quantidades, que se perpetuam no ambiente e entram em equilíbrio com a população da planta alvo, de modo que cada aumento da infestação da planta problema gera um aumento na população do agente de controle. A segunda é a estratégia inundativa e consiste na liberação de agentes de biocontrole em quantidades suficientes para proporcionar o controle das plantas em um prazo relativamente curto; neste caso os níveis populacionais do agente de controle decrescem rapidamente e há a necessidade de novas aplicações ou liberações todas as vezes que o controle for necessário.

FIGUEIREDO et al. (1995) fez um extenso trabalho de revisão sobre o uso de fitopatógenos no controle de plantas em ambiente aquáticos. Citamos alguns exemplos descritos pelos autores: uso de *Cercospora rodmanii* no controle de *Eichhornia crassipes*; uso de *Alternaria eichhorniae* como um patógeno altamente agressivo e específico para aguapé (*E. crassipes*) e uso de *Macrophomina phaseolina* no controle de *Hydrilla verticillata*.

Considerando insetos, os coleópteros *Neochetina bruchi* e *Neochetina eichorniae* têm apresentado bons resultados nos Estados Unidos, Argentina, Índia, Austrália agindo de forma complementar, por apresentarem pequenas mas distintas diferenças na biologia, ecologia e hábitos alimentares. Bons níveis de controle de aguapé têm sido alcançados.

Peixes herbívoros apresentam um grande potencial de controle de plantas aquáticas, podendo consumir quantidades consideráveis da massa vegetal dessas plantas. A carpa (exótica) e o pacú (nativa do Brasil) são espécies que podem ser utilizadas. A tilápia, um peixe introduzido em nosso

País, alimenta-se de algas, quando jovem, e de plantas maiores, na fase adulta, podendo, também, ser útil em programas de controle biológico.

Em condições de Brasil, o Prof. Dr. Robinson A. Pitelli vem desenvolvendo um extenso trabalho de identificação, multiplicação e estudo da biologia de inimigos naturais de diversas espécies de plantas aquáticas. Devem ser destacados os trabalhos com controle biológico de plantas aquáticas imersas com o uso de patógenos.

Embora ainda seja pouco estudado, os especialistas da área são unânimes em indicar um grande potencial de uso do controle biológico em programas de manejo integrado de plantas aquáticas.

Controle Químico

Os EUA são o país em que o uso de herbicidas para controle de plantas aquáticas é mais frequente. Os compostos com registro para uso em aplicações comerciais: 2,4-D, diquat, compostos à base de cobre, endothall, fluridone e glyphosate. Dois outros compostos, triclopyr e imazapyr encontram-se em processo de estudos e avaliação pelos órgãos oficiais envolvidos no registro.

No Brasil, somente o 2,4-D possui registro para uso em ambiente aquático. Estão em estudo o fluridone, o glyphosate, o imazapyr e o diquat. O registro de um herbicida para uso em ambiente aquático pode consumir um grande volume de recursos em função do grande número de avaliações que devem ser desenvolvidas até que se estabeleçam as condições em que cada composto pode ser utilizado com segurança.

Os estudos com herbicidas aquáticos devem determinar a velocidade de dissipação dos mesmos dos corpos hídricos, a segurança para humanos e para a vida silvestre, e os efeitos da decomposição das plantas controladas sobre a qualidade de água e também sobre a vida silvestre.

As inúmeras restrições envolvidas limitam sobremaneira o número de compostos disponíveis para este tipo de uso.

Não se deve traçar paralelos entre a eficiência ou segurança de um composto em ambientes agrícolas e em corpos hídricos. Os processos de degradação podem ser completamente distintos. Alguns herbicidas podem ser bastante persistentes em solos, mas rapidamente degradados em ambientes aquáticos; são exemplos: diquat, fluridone e Imazapyr.

Manejo Integrado

Existem várias oportunidades para o manejo integrado de plantas aquáticas. A grande diversidade de espécies que podem causar algum tipo de problema justificam a busca pela integração de métodos. Até o momento nenhum herbicida ou método de controle demonstrou capacidade de controlar satisfatoriamente todo o conjunto de espécies de maior importância. A integração de métodos também é fundamental para o desenvolvimento de programas de controle com máxima segurança em termos toxicológicos e ambientais.

No caso específico de plantas imersas, destacando-se *Egeria densa*, *Egeria najas* e *Ceratophyllum demersum*, provavelmente o tipo de plantas aquáticas com controle mais difícil, a principal justificativa para o uso de programas de manejo integrado refere-se à grande variabilidade do fluxo de água e da taxa de renovação da água em pontos de ocorrência de *Egeria densa*, *Egeria najas* e *Ceratophyllum demersum*. Alguns estudos já realizados no Brasil indicam que a aplicação de herbicidas pode ser inviável em pontos de alto fluxo ou de fluxo com alto nível de desorganização. Para o controle biológico as restrições são menores, sendo possível o uso mesmo em locais com rápida renovação da água (da ordem de horas). Contudo, em alguns locais infestados a renovação completa de toda a água pode ocorrer em apenas alguns minutos

4. Literatura Citada

FIGUEIREDO, G.; LIMA, M.G.A.; YAMAMOTO, P.T. Fitopatógenos como agentes potenciais de contenção da interferência ocasionada por plantas daninhas em ambientes aquáticos. Seminário, Jaboticabal: FCAVJ / UNESP, 1995. 24p.

KISSMANN, K. G. Plantas infestantes e nocivas. Tomo I. São Paulo: BASF, 1991. 608p.

LORENZI, H. Plantas daninhas do Brasil. 2 ed. Nova Odessa: Plantarum Ltda., 1991. 440p.

CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS EM CANACRUA

Prof. Dr. EDIVALDO DOMINGUES VELINI; EDUARDO NEGRISOLI - FCA / UNESP – Botucatu-SP

1. Introdução

Nos últimos anos, tem-se observado, no Brasil, uma rápida expansão da área total cultivada em que é utilizada algum tipo de cobertura morta. O plantio direto, para culturas anuais, apresenta um nível de adoção alto e crescente. Em reflorestamentos, o cultivo mínimo, com manutenção da serapilheira sobre o solo, já é a tecnologia predominante em praticamente todas as regiões e empresas produtoras.

Em cana-de-açúcar, a colheita sem queimada deixa sobre o solo uma espessa camada de palha que pode superar 20 t/ha. A palhada associada às modificações técnicas necessárias para implementar a colheita mecânica da cultura, criam um novo sistema de produção de cana-de-açúcar popularmente denominado de canacrúa. No estado de São Paulo, com maior participação na produção brasileira de açúcar e álcool, dois decretos leis, editados em 1997, estabelecem que em áreas com possibilidade de mecanização da colheita (com menos de 12% de declividade) a queimada da cana estará proibida a partir de 2.005. Nas demais áreas, as queimadas antes da colheita estarão completamente proibidas a partir de 2.012.

As três condições mencionadas (plantio direto, cultivo mínimo em reflorestamento e canacrúa) são completamente distintas em termos de quantidade e composição da cobertura morta, além da periodicidade da produção dos resíduos que a compõem. Contudo, estes três sistemas de produção têm em comum o menor impacto ambiental; a redução do uso de máquinas; a menor movimentação do solo; o controle das plantas daninhas e a modificação da composição da comunidade infestante pela palha; o predomínio do uso de herbicidas aplicados em pós-

emergência, como resultado da dificuldade de utilização de herbicidas de pré-emergência; a necessidade de adaptação de diversas tecnologias.

Quanto a plantas daninhas, poucos trabalhos têm sido feitos, no Brasil, procurando avaliar os efeitos da cobertura morta sobre a sua ocorrência e controle. Quando se considera cana-de-açúcar, especificamente, os trabalhos são praticamente inexistentes. A seguir discutiremos as poucas informações existentes sobre o controle de plantas daninhas em canacrua.

2. Efeito da palha da cana-de-açúcar sobre a germinação de plantas daninhas

Quando se avalia o efeito de coberturas do solo sobre a germinação de plantas daninhas, além da constatação dos efeitos, há a necessidade de procurar determinar a origem dos mesmos. Infelizmente, não foram encontrados trabalhos feitos no Brasil, em que discriminou-se a contribuição de alterações físicas e químicas do ambiente para a ocorrência dos efeitos de coberturas mortas sobre as plantas daninhas. Na maioria das situações, as alterações na comunidade infestante têm sido creditadas aos efeitos de supostos compostos alelopáticos, que até o momento não foram isolados ou identificados. Adicionalmente, muitos dos trabalhos realizados visando estudar ou comprovar a presença de efeitos alelopáticos têm importantes limitações metodológicas que dificultam ou impossibilitam a extração de conclusões a partir dos mesmos.

Os efeitos físicos da cobertura morta sobre a comunidade infestante não podem ser negligenciados, pois a totalidade das espécies de plantas daninhas apresentam dormência ou algum tipo de controle da germinação. A importância da quantidade e qualidade da luz sobre a germinação de plantas daninhas é destacada por TAYLORSON & BORTHWICK (1969), FENER (1980) e ZIMDAHL (1993). Exemplificando, dentre dezoito espécies estudadas pelo segundo autor, apenas duas, *Aschirantes aspera* e *Conyza bonariensis*, mostraram-se insensíveis aos efeitos da

luz em termos de germinação. Outras sete espécies, incluindo *Ageratum conyzoides* e *Galinsoga parviflora*, apresentaram decréscimos nas taxas de germinação sempre que a quantidade de luz incidente sobre as sementes foi reduzida. Outras sete espécies, incluindo *Bidens pilosa* e *Richardia brasiliensis*, apresentaram capacidade de germinar na presença ou ausência de luz, mas as sementes entraram em dormência sempre que expostas à radiação filtrada por folhas; a absorção seletiva da clorofila modifica o balanço entre o vermelho (650 nm) e o vermelho distante (730 nm), condicionando dormência nestas espécies. Várias das espécies estudadas por FENER (1980) apresentam grande importância em diversas regiões do Brasil. Embora os mecanismos gerais de controle da germinação pela luz sejam relativamente bem conhecidos, não se sabe, com precisão, quais deles são operantes em cada espécie vegetal.

Os efeitos do regime térmico sobre a germinação de plantas cultivadas têm sido estudados por vários autores. Quanto às plantas daninhas, segundo EGLEY & DUKE (1985), a amplitude térmica, um dos componentes do regime térmico, interfere de modo decisivo na germinação de muitas espécies. A exigência de maior ou menor amplitude térmica constitui-se no modo mais eficiente de controlar a profundidade de germinação no solo. Através deste mecanismo, algumas espécies de plantas daninhas conseguem suprimir a germinação quando as reservas são insuficientes para alcançar a superfície. Nas Figuras 1 e 2, são apresentadas informações referentes à variação da temperatura do solo a 1 e a 5 cm de profundidade em áreas sem cobertura ou com 7,5 ou 15 t/ha de palha de cana. Observa-se que as duas quantidades de palha reduziram drasticamente a variação da temperatura a 1 e a 5 cm de profundidade. Este efeito certamente contribui de modo decisivo para a redução da germinação de plantas daninhas em áreas de canacrua. Não se conhece exatamente quais espécies têm sua germinação controlada pela amplitude térmica, mas várias gramíneas forrageiras, como *Brachiarias* e *Panicuns* que também podem ocorrer como daninhas, apresentam germinação ótima em temperaturas alternadas.

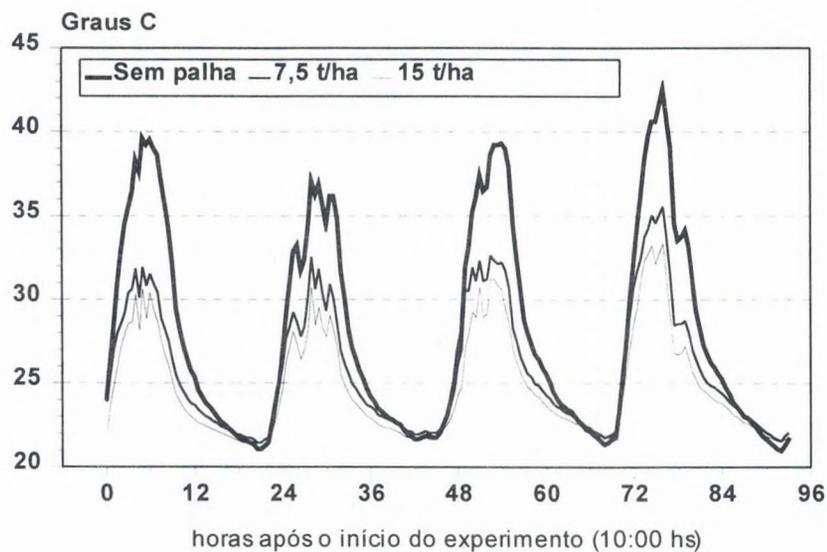


Figura 1 – Variação da temperatura do solo a 1cm de profundidade em função da cobertura com palha de cana-de-açúcar. Botucatu – SP, 2.000.

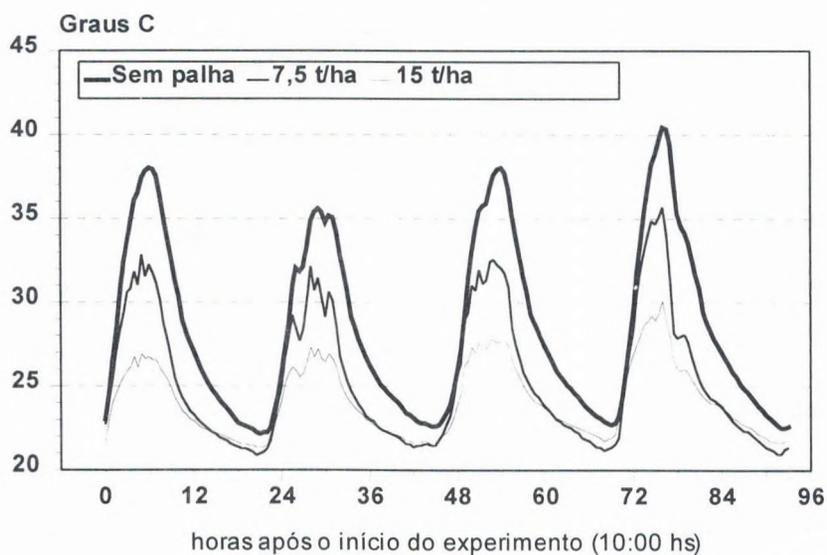


Figura 2 – Variação da temperatura do solo a 5cm de profundidade em função da cobertura com palha de cana-de-açúcar. Botucatu – SP, 2.000.

Gerando um contraste com o que ocorre com as plantas daninhas, praticamente todos os mecanismos de dormência, ou controle da germinação, foram eliminados pelo processo de melhoramento genético das plantas cultivadas. É claro que luz, temperatura média, amplitude térmica e umidade, continuam limitando a germinação de plantas cultivadas, mas, normalmente, esta limitação não passa pela superação ou indução de dormência. Quando isto acontece, como no gênero *Brachiaria*, trata-se, em geral, de espécies ainda pouco melhoradas geneticamente.

Também é de grande relevância a avaliação do potencial alelopático da palha da cana-de-açúcar das variedades mais importantes no Brasil. Existem duas situações em que estes efeitos poderão apresentar importantes implicações econômicas. A primeira refere-se ao próprio potencial de controle de plantas daninhas, que poderia ser incrementado em programas de melhoramento específicos. Em termos mundiais, já existem vários programas de melhoramento procurando obter novas variedades que produzam compostos com capacidade de intoxicar e controlar plantas daninhas. Arroz, cevada e alguns adubos verdes são exemplos de espécies que estão sendo melhoradas para este fim.

A segunda situação refere-se à possibilidade de que os possíveis compostos liberados pela palha de cana gerem a intoxicação da própria cultura. A quantidade de palha deixada sobre o solo quando a cana-de-açúcar é colhida crua é muito maior do que quando ocorre o processo de queima. Supondo a presença de compostos alelopáticos na palha, as quantidades em que são liberados no solo poderão ser aumentadas em decorrência do novo sistema de colheita. Em geral, quando os efeitos alelopáticos são suficientemente potentes para que possam ter utilidade prática, controlando plantas daninhas, deixam de apresentar seletividade, ocorrendo, com intensidade variável, em muitos tipos de plantas, incluindo-se a espécie que o gera.

Devem ser destacados os efeitos de fatores de estresse na produção de compostos e na intensidade de efeitos alelopáticos. O trabalho de Del MORAL (1972) foi um dos primeiros a tratar

do assunto; o autor avaliou os efeitos de diversos tipos de estresse sobre a concentração de ácidos clorogênicos e isoclorogênicos em girassol e verificou que, quando as plantas foram submetidas a deficiência hídrica, deficiência de Nitrogênio, ou as duas combinadas a concentrações destes ácidos foram elevadas em até 15 e 16 vezes, para os dois tipos de compostos, respectivamente. Embora não tenha sido feito em cana-de-açúcar, o maior mérito deste e outros estudos similares é o de demonstrar que o efeito alelopático é uma característica fenotípica e não exclusivamente genotípica, como admitem, implícita e erroneamente, muitos pesquisadores. Ou seja, o efeito alelopático não é característico de uma determinada espécie vegetal, mas sim de um determinado genótipo estudado, em uma determinada condição ambiental.

Quanto à avaliação dos efeitos da cobertura com palha de cana sobre a germinação de plantas daninhas, LORENZI (1983) avaliou os efeitos da remoção 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de uma camada de palha de cana, com 12 t/ha, sobre a germinação das plantas daninhas que infestavam a área (*Portulaca oleracea*, *Amaranthus deflexus*, *Panicum maximum*, *Eleusine indica* e *Digitaria horizontalis*). A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a SP 71-6163. O autor observou que o nível de controle aumentou proporcionalmente à quantidade de palha deixada sobre o solo. Mantendo-se ou eliminando-se toda a palha, foram verificadas 2 e 1237 plantas por parcela, respectivamente. Os níveis de controle foram insuficientes quando removeu-se mais de 50% da palha deixada sobre o solo.

VELINI et al (1998) e MARTINS et al (1999) estudaram os efeitos da cobertura do solo com 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 15 t/ha sobre a germinação das principais espécies de plantas daninhas da cana-de-açúcar no Brasil. As principais conclusões dos autores são apresentadas a seguir. As espécies *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria plantaginea*, *Digitaria horizontalis* e *Sida rhombifolia* apresentaram comportamentos bastantes similares frente à cobertura com a palha de cana-de-açúcar. Dentre estas quatro espécies, a *Sida rhombifolia* foi a menos sensível aos efeitos da cobertura do solo, havendo germinação desta espécie mesmo no tratamento com 15 t de palha /

ha. As espécies *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria plantaginea* apresentaram germinação nula somente na maior quantidade de palha. A espécie *Digitaria horizontalis* mostrou-se a mais sensível aos efeitos da palha, apresentando germinação nula para os tratamentos com 10 e 15 t/ha e grandes reduções na germinação nos tratamentos com quantidades de palha entre 4 e 8 t/ha. Para *Panicum maximum*, houve estímulo à germinação, na primeira fase do experimento, quando o solo foi coberto com 2 t de palha/ha. Com 4 t / ha, o número de plantas foi similar ao verificado na testemunha (0 t/ha). Nos demais tratamentos, a germinação do capim-colonião foi reduzida de modo intenso e significativo. Quanto à *Euphorbia heterophylla*, o efeito dos tratamentos foi não significativo indicando que a emergência da espécie não foi afetada por até 15 t / ha de palha de cana-de-açúcar. Para *Bidens pilosa*, houve aumentos da germinação nos tratamentos com 2 a 8 t de palha/ha e no tratamento com 10 t/ha os resultados foram similares aos verificados na testemunha; somente a maior quantidade de palha reduziu significativamente a germinação do picão-preto. Quanto à *Ipomoea grandifolia*, os tratamentos com quantidades de palha entre 2 e 10 t/ha, promoveram estímulos à sua germinação; somente no tratamento com 15 t/ha houve uma pequena redução na emergência da espécie.

De modo coerente com as informações apresentadas, drásticas reduções na incidência de plantas daninhas, destacando-se as gramíneas, são observadas em áreas de canacrua. Em contraste, altas infestações com *E. heterophylla* e *Ipomoea* spp. têm sido verificadas nestas áreas. Merecem destaque as infestações tardias de *Ipomoeas*, que podem prejudicar ou impossibilitar a colheita mecanizada da cultura.

Como já mencionamos anteriormente, a modificação no sistema de colheita da cana-de-açúcar criou um novo sistema de produção da cultura, exigindo a adoção de um novo conjunto de técnicas culturais. Provavelmente a mais importante refere-se ao espaçamento entre linhas da cultura. As colhedeiras disponíveis no mercado nacional trabalham com espaçamentos entre linhas de ~1,5m, um espaçamento bastante amplo para áreas com solos de baixa fertilidade. Mesmo em

solos mais férteis, a cultura demora um período bastante longo para ocupar completamente a área e inibir a germinação e crescimento das plantas daninhas. Em muitas situações a cultura simplesmente não “fecha” oferecendo condições para o crescimento do mato durante todo o seu ciclo.

Uma falsa impressão de que em áreas de canacrua o controle de plantas daninhas poderá ser suprimido tem sido criada em função da grande redução inicial (após a colheita, com máxima quantidade de palha sobre o solo) na emergência das principais espécies de plantas daninhas da cultura, destacando-se as gramíneas. Contudo, a maioria dos técnicos que tiveram oportunidade de trabalhar com controle de plantas daninhas em áreas de cana-de-açúcar com queima da palha (em pré-colheita) e canacrua, consideram que o controle é mais complexo na segunda condição.

Esta redução na contrapartida da cultura em termos de controle das plantas daninhas, associada ao maior espaçamento entre as linhas, é a principal limitação ao uso de programas de controle com uso exclusivo de herbicidas de pós-emergência sem efeito residual, utilizados em área total ou em aplicações localizadas (catações). Em áreas com alta infestação de plantas daninhas, destacando-se as espécies aptas a germinar em áreas com cobertura do solo, menor crescimento da cultura, e camada de palha pouco espessa (variedades com menos palha ou solos menos férteis) pode-se concluir pela necessidade da continuidade do uso de herbicidas com efeito residual. Contudo, a continuidade do uso destes herbicidas em canacrua requer o desenvolvimento de técnicas de aplicação, ainda não disponíveis, que permitam posicionar os herbicidas abaixo da palha.

3. Situação atual do controle de plantas daninhas em áreas de canacrua

Atualmente, o controle vem sendo feito através da aplicação de herbicidas em catação. São utilizados equipamentos bastante simples, em que dois ou mais operadores abrem, ou não, o

registro da barra de pulverização em função da presença ou ausência de plantas daninhas. Em geral, cada operador controla duas seções da barra, sendo uma para cada conjunto de linha e entrelinha. São vários os herbicidas que podem ser utilizados isoladamente, ou em mistura, neste tipo de aplicação. Merecem destaque os ingredientes ativos ametrina, diuron, 2,4-D, MSMA e hexazinona. Como principais limitações à técnica têm-se: a necessidade de trabalho durante o dia quando a presença das plantas daninhas é facilmente detectada; a baixa capacidade operacional exigindo o uso de um grande número de equipamentos.; os custos elevados em função do uso de grande quantidade de mão de obra e da baixa capacidade operacional; mesmo que, na operação de catação, sejam utilizados herbicidas com efeito residual no solo, a irregularidade da distribuição reduz a utilidade prática do controle em pré-emergência (ou pós-emergência inicial) proporcionado.

A automação da operação de catação é bastante complexa, pois como as aplicações são feitas em pós emergência do mato e também da cultura, o maior desafio é o desenvolvimento de sensores que não só detectem a presença do mato, mas o diferenciem da cultura. Até o momento esta tecnologia não está disponível.

A aplicação de herbicidas em área total também poderia ser feita, mas a ocorrência irregular do mato cria vantagens econômicas para a localização da aplicação. Adicionalmente, os herbicidas de uso mais comum podem gerar queimaduras nas folhas da cultura que forem atingidas pela pulverização; a aplicação localizada reduz a proporção de plantas intoxicadas. As plantas daninhas normalmente ocorrem em pontos de menor acúmulo de palha. Como já mencionamos anteriormente, para várias espécies a germinação só é suprimida com camadas de palha acima de 10 ou 15 t/ha; a irregularidade da cobertura de palha permite que a germinação ocorra em determinados pontos da área. Desse modo, para que o controle de espécies sensíveis à cobertura com palha seja maximizado, é necessário que o resíduo esteja presente nas quantidades necessárias e regularmente distribuído sobre o solo. Deve-se lembrar que a germinação de plantas daninhas ocorre em função das características de ambientes de dimensões bastante reduzidas

(cm² ou mm²) e é nesta escala que a irregularidade ou regularidade da camada de palha deve ser avaliada.

Em algumas situações, as grandes quantidades de palha produzidas, associadas ao predomínio de espécies de plantas daninhas sensíveis à ação da palha e ao intenso crescimento da cultura, “fechando” rapidamente a área, têm permitido suprimir o controle de plantas daninhas. Um cuidado importante neste tipo de situação é a avaliação da ocorrência do mato tardiamente, se possível em pré-colheita da cultura.

No sistema de produção predominante atualmente, a implantação da cultura ocorre de modo convencional. Esta é uma oportunidade para o uso de herbicidas de pré-emergência. Alguns produtores têm optado por herbicidas e doses de elevada persistência e eficiência, neste primeiro ano. O objetivo é reduzir o número de plantas da comunidade infestante no próximos anos da cultura.

É consenso entre os técnicos que trabalham com controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar que os herbicidas tradicionais de pré-emergência não conseguem atravessar a camada de palha deixada pela cultura e atingir o solo onde poderiam ser absorvidos pelas plantas daninhas gerando o processo de intoxicação. Para melhor avaliar esta premissa, foi feito um estudo com aplicação do corante FDC-1 (simulando um herbicida) procurando determinar a porcentagem de interceptação do mesmo por camadas de palha de 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10 e 15 t/ha. Foram utilizados bicos XR 110.02 operando a 25psi e espaçados de 0,5m; a velocidade de aplicação foi de 3,6 km/h, condicionando um consumo de calda de 195 l/ha. As porcentagens do corante que conseguiram transpor as camadas de palha são apresentadas na Figura 3.

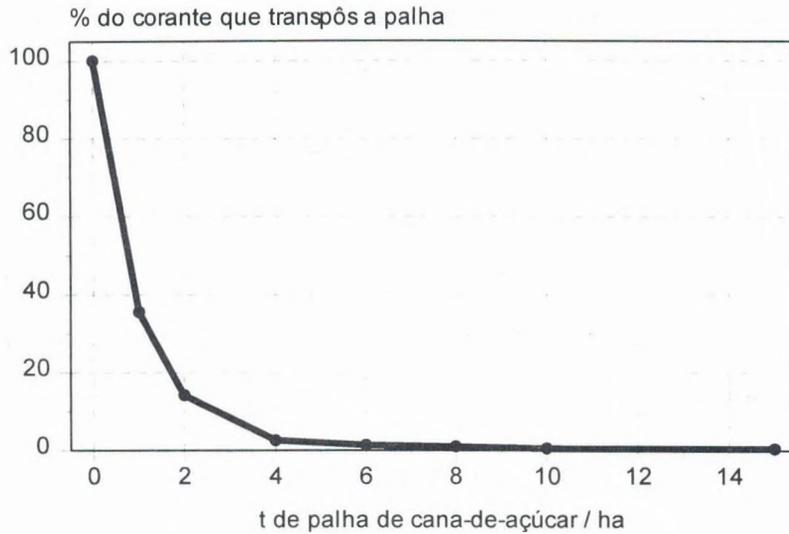


Figura 3 – Porcentagens da calda de pulverização que transpuseram camadas com diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar.

Os resultados indicam que com uma camada de palha de apenas 1 t/ha, apenas 35,5% da calda de pulverização atinge o solo. Com 10 e 15 t/ha as porcentagens de interceptação da calda pela palha são de 99,4 e 99,5%, respectivamente. Nas condições normalmente encontradas em áreas de canacrua, praticamente todo o herbicida aplicado sobre a palha é por ela interceptado.

Em resumo, o controle de plantas daninhas em canacrua pode ser dispensável, em alguns casos, mas quando necessário, adquire grande complexidade. A dificuldade encontrada justifica-se por três aspectos:

- Dificuldade de realização e custos da operação de catação.
- Não disponibilidade de tecnologias para automação da operação de catação.
- Há uma grande necessidade de herbicidas com ação sistêmica em pós-emergência e seletivos à cultura. Se existem algumas opções para o controle de

latifoliadas que atendem a estes requisitos (2,4-D e picloran e possivelmente vários outros herbicidas ainda não registrados para a cana-de-açúcar), para gramíneas os herbicidas disponíveis podem apresentar toxidez à cultura, elevado custo ou eficiência limitada.

- O aumento do espaçamento entre as linhas, fazendo com que o fechamento da cultura seja tardio ou não ocorra. Nestas situações justifica-se o uso de herbicidas de ação residual para controlar as infestações tardias de plantas daninhas, destacando-se as Ipomoeas, que podem prejudicar a operação de colheita.
- Embora as gramíneas sejam bastante sensíveis aos efeitos da palha, isto não ocorre para espécies como *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia* que podem ter sua germinação estimulada em áreas cobertas com palha. Mesmo para as espécies com alta sensibilidade à cobertura com palha, uma efetiva supressão da germinação só ocorre para camadas de palha superiores a 10 t/ha, ao passo que mesmo camadas de palha de apenas 2-4 t/ha são capazes de interceptar praticamente todo herbicida aplicado sobre a palha, evitando o seu contato com o solo onde poderia exercer sua ação. Camadas mínimas de palha, muito inferiores a 10 t/ha, são suficientes para reduzir a eficiência de herbicidas de pré-emergência mas podem ser insuficientes para suprimir a emergência até mesmo das espécies mais sensíveis aos efeitos da cobertura.
- Ausência de informações sobre a dinâmica na palha, dos vários herbicidas recomendados para a cultura.

4. Efeitos da palha sobre a dinâmica de herbicidas no solo

O que tem sido observado em todos os sistemas de produção com algum tipo de cobertura de solo é a insistência em trabalhar exclusivamente com herbicidas de pós-emergência. No caso de herbicidas de pré-emergência, normalmente são empregadas as mesmas técnicas de aplicação, as mesmas doses e as mesmas formulações utilizadas nos sistemas de produção sem palha. Em muitas situações em que o controle de plantas daninhas dever ser mantido por longos períodos, os exemplos mais típicos são cana-de-açúcar e reflorestamentos, há urgência na procura de soluções que permitam o uso de herbicidas de ação residual mesmo em áreas com camadas espessas de palha e existem várias alternativas para que este objetivo possa ser alcançados. Tais opções serão discutidas no próximo item.

A palha é apenas uma das barreiras para o uso de herbicidas com ação exclusiva ou preferencial no solo. O acréscimo do teor superficial de matéria orgânica no solo, menos evidente em canacrua do que em plantio direto em função de uma movimentação mínima no momento da colheita mecanizada associada ao preparo e sulcamento quando da reinstalação da cultura, tende a exercer forte sorção dos herbicidas limitando a sua eficiência.

Uma segunda limitação importante refere-se a problemas ambientais. É amplamente conhecido e divulgado que a cobertura com palha diminui a perda de água na superfície do solo e este aspecto associado à abertura de microcanais de drenagem pode facilitar a lixiviação de fertilizantes, herbicidas ou outros agrotóxicos aplicados em canacrua. Há a necessidade de um constante monitoramento dos níveis destes compostos no lençol freático de áreas não só de canacrua, mas também de plantio-direto. Infelizmente, este tipo de avaliação é praticamente inexistente no Brasil e se existe, as informações não vêm sendo divulgadas.

A palha ainda pode atuar retendo herbicidas, liberando-os lentamente ao solo. Este efeito seria bastante interessante, mas ainda não foi adequadamente avaliado para qualquer dos herbicidas disponíveis comercialmente para uso em cana-de-açúcar.

A camada de palha limita, também, a quantidade de luz que incide sobre o solo, podendo reduzir a intensidade da degradação de herbicidas. Estudos recentes conduzidos no Laboratório de Matologia da FCA / UNESP têm indicado que praticamente toda a luz de comprimentos de onda entre 190 e 700 nm (luz ultravioleta e visível) é retida quando incide sobre uma única folha seca de cana de açúcar. Para exemplificar a importância que este aspecto poderia ter, utilizamos o exemplo do oxyfluorfen, um herbicida utilizado em cana-de-açúcar em situações sem cobertura de palha. A degradação deste herbicida ocorre quase que exclusivamente pela ação de luz ultravioleta. Segundo CLIVE (1994) a meia vida do herbicida oxyfluorfen no solo pode ser de 5-55 dias, na presença de luz, e de 292 dias, no escuro. Desse modo, considerando que quantidades mínimas de palha podem praticamente extinguir a luz ultravioleta que atinge o solo, tanto a desintoxicação do solo quanto a persistência do controle de plantas daninhas poderiam ser drasticamente modificados pela presença da palhada de cana-de-açúcar em áreas de canacrua.

5. Opções para o desenvolvimento de novos programas de controle de plantas daninhas em canacrua.

Existem várias opções que podem ser adotadas ou desenvolvidas. Mas um primeiro cuidado que deve ser adotado é o de avaliar a ocorrência de plantas daninhas ao longo de todo o ciclo da cultura e não somente nos momentos iniciais logo após a colheita, quando é máxima a quantidade de palha sobre o solo.

Utilizando-se a operação de catação, esta dever ser feita após a germinação da maioria das plantas daninhas. Para determinar o momento correto, basta avaliar continuamente a infestação de áreas pré-fixadas. Deve-se tomar cuidado com as doses pontuais dos herbicidas utilizados. Em muitas situações, mesmo que a dose média em toda a área seja baixa, é importante garantir que nos pontos com aplicação as capacidades de suporte da cultura e do meio ambiente não sejam ultrapassadas. É necessário o desenvolvimento de herbicidas de pós-emergência que conciliem seletividade à cultura, ação sistêmica e bom nível de controle de gramíneas, principalmente.

É fundamental que as empresas e os órgãos de pesquisa estabeleçam rotinas de trabalho procurando estudar a dinâmica de herbicidas na palha-de-cana. No futuro, estas pesquisas certamente conduzirão à seleção de ingredientes ativos ou formulações com menor afinidade com a palha, facilitando a sua remoção e carregamento para o solo com um mínimo de chuvas. Se o herbicida em questão for facilmente removido da palha e tiver a capacidade de ser absorvido pela raiz e controlar plantas em início de desenvolvimento, ele certamente terá um grande potencial de uso em canacrua. Provavelmente vários dos herbicidas utilizados em cana-de-açúcar, após possíveis modificações nas formulações, poderão ser utilizados neste tipo de situação.

Uma outra possibilidade é o uso de herbicidas de longo efeito residual em aplicações sucessivas. O objetivo é manter a concentração do herbicida no solo sempre acima de um valor mínimo necessário para que exista controle efetivo das plantas daninhas. Considerando que as reaplicações poderão ser feitas algum tempo antes do herbicida perder a capacidade de controle das plantas daninhas, as quantidades recém aplicadas não precisarão estar prontamente disponíveis, aumentando o intervalo de tempo (ou mm de chuva) que será necessário para completar o processo de lavagem do herbicida da palha. O sucesso desta técnica certamente dependerá do desenvolvimento de técnicas simples, provavelmente imunoensaios, para determinar com rapidez e precisão as concentrações do herbicida no solo antes que seja reaplicado.

O uso de grânulos também constitui-se em uma estratégia para cruzar a camada de palha. Aplicações terrestres de grânulos em área total são complexas, em função da baixa qualidade dos equipamentos disponíveis. Mas a aplicação aérea é simples e pouco onerosa; o uso de grânulos minimiza uma das maiores limitações às aplicações por aeronaves que é a deriva. Novas técnicas de produção permitem formular praticamente qualquer ingrediente ativo como grânulo; em geral, os custos destas formulações não são proibitivos. Os grânulos não precisam necessariamente ser aplicados após a colheita da cultura; respeitando-se limitações econômicas, toxicológicas e ambientais, as aplicações poderiam ser feitas até mesmo durante a fase de crescimento da cultura repondo-se as quantidades consumidas pelos processos de degradação.

Uma outra possibilidade tem despertado grande interesse e certamente terá alguma importância no futuro. Consiste em combinar a aplicação do herbicida com a colheita da cultura. Entre o ponto de coleta das plantas da cana, no início da colhedeira, até o ponto de lançamento da palha há uma grande distância na maioria das colhedeiros em uso no Brasil. Quando estas máquinas operam, o solo que está logo abaixo delas normalmente está sem cobertura de palha; se for possível montar uma barra de pulverização logo abaixo da colhedeira, é possível aplicar o herbicida antes que a palhada seja lançada sobre a superfície. Esta possibilidade foi inicialmente levantada por pesquisadores da UNESP em discussões envolvendo o "Grupo de Pesquisa em Canacrua" criado pela DuPont do Brasil S.A. e que contava com a participação de pesquisadores ligados a institutos de pesquisa, a Universidades e à Usina Santa Elisa. Atualmente, alguns protótipos vêm sendo desenvolvidos, mas nenhum tem tido grande aceitação, pois para que a operação de pulverização não crie problemas para a operação de colheita, é necessário reduzir drasticamente o volume de aplicação de modo a aumentar a autonomia e reduzir as dimensões do tanque do pulverizador e dotar o pulverizador de sistemas de controle de vazão para fazer frente às variações de velocidade da colhedeira.

Qualquer que seja a técnica empregada, se for possível posicionar o herbicida abaixo da palha, há uma grande possibilidade de aumento de sua eficácia em função do maior nível de umidade do solo e da redução das perdas por fotólise, principalmente. Como já exemplificamos, a meia vida do herbicida oxyfluorfen pode ser elevada de 5-55 para 292 dias quando não há incidência de luz sobre o solo. Talvez estes fatores combinados permitam reduzir as doses aplicadas dos herbicidas, promovendo benefícios, ambientais e econômicos, comparáveis aos das aplicações localizadas, atualmente em uso.

6. Literatura Citada

DEL MORAL, R. On the variability of chorogenic acid concentration. *Oecologia*, 9: 289-300, 1972.

EGLEY, G.H. & DUKE, S. Physiology of weed seed dormancy and germination. In: DUKE, S.O. *Weed Physiology. I. Reproduction and Ecophysiology*. Florida, CRC Press, Inc., 1985. pp. 27-64.

FENER, M. Germination tests of thirty-two East African weed species. *Weed Research*, 20:135-138, 1980.

LORENZI, H. Efeito da palha da cana no controle das plantas daninhas. XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 19, Londrina, 1993. Resumos. P.28-29.

MARTINS, D.; VELINI, E.D.; MARTINS C.C. & SOUZA, L.S. Emergência em campo de dicotiledôneas infestantes em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, 17(1):151-161, 1999.

TAYLORSON, R.B. & BORTHWICK, H.A. Light filtration by foliar canopies: significance for light-controlled weed seed germination. *Weed Science*, 17(1):48-51, 1969.

VELINI, E.D. & MARTINS, D. Efeito da palha da cana-de-açúcar sobre a germinação das principais espécies de plantas daninhas desta cultura. Relatório Técnico, Botucatu: FCA / UNESP, 1998.26p.

ZIMDAHL, R.L. *Fundamentals of Weed Science*. 1º Ed. Academic Press, New York, 1993. 450p.

PLANTAS DANINHAS RESISTENTES A HERBICIDAS

RISCO E ESTRATÉGIAS PARA PREVENÇÃO

RIBAS A. VIDAL, ALDO MEROTTO JR., NILSON G. FLECK – Professores da Faculdade de Agronomia da UFRGS, Caixa Postal 776, Porto Alegre, RS, CEP 90.001-970 e.mail: ribasvidal@altavista.net

1- INTRODUÇÃO

Resistência aos herbicidas é definida como a característica herdável de uma planta de sobreviver e se reproduzir após a exposição à determinada dose de um composto químico normalmente letal à espécie. Atualmente, existem no mundo 233 espécies com biótipos resistentes aos herbicidas. No Brasil já foram encontrados até o momento sete espécies com resistência (Tabela 1). Isso indica que a resistência aos herbicidas é problema real em nosso país; e que deve-se empregar medidas para prevenir o desenvolvimento de resistência em outras espécies ou para evitar a expansão dos casos conhecidos.

Tabela 1. Espécies de plantas daninhas brasileiras com resistência aos herbicidas comprovada ou em estudo.

Espécie	Grupo de herbicidas com resistência	Estados encontrados	Ano do primeiro registro
<i>Bidens pilosa</i>	inibidores de ALS	MS, RS	1996
<i>Bidens subalternans</i>	inibidores de ALS	MS, RS	1996
<i>Brachiaria plantaginea</i>	inibidores de ACCase	PR	1997
<i>Euphorbia heterophylla</i>	inibidores de ALS	MS, MT, PR, SC, RS	1997
<i>Sagittaria montevidensis</i>	inibidores de ALS	SC	1999
<i>Echinochloa sp</i>	quinclorac	RS	2000, em estudo
<i>Amaranthus quitensis</i>	inibidores de ALS	RS	2000, em estudo

Uma das formas de prevenir o aparecimento da resistência é a utilização de herbicidas conhecendo-se seu funcionamento nas plantas daninhas, ou seja, conhecendo-se o seu mecanismo de ação. Nesse texto, serão abordados por mecanismo de ação os herbicidas e as espécies vegetais brasileiras constatadas como resistente em outros países. Muitas dos gêneros citados nesse texto não ocorrem em situações agrícolas ou culturas com alto risco de ocorrência de resistência. Contudo, essas são listadas com caráter didático, para demonstrar a necessidade da utilização criteriosa dos herbicidas para manter sua eficácia e para garantir que esses produtos continuem disponíveis para o controle de plantas daninhas por muitas gerações.

2- GÊNEROS VEGETAIS BRASILEIROS COM BIÓTIPOS RESISTENTES EM OUTROS PAÍSES

Os biótipos resistentes aos herbicidas ocorrem com maior frequência nos produtos inibidores de fotossistema II (FS2), inibidores de acetolactato sintase (ALS) e mimetizadores de auxina, perfazendo 33, 27 e 11% do total mundial, respectivamente (Tabela 2). Essa distribuição se deve, em parte, ao tempo de utilização dos referidos herbicidas e ao tamanho da área tratada. De fato, os herbicidas inibidores de FS2 são comercializados no mundo desde a década de 50, enquanto que os mimetizadores de auxina são comercializados desde a década de 40. Da mesma forma, herbicidas dos três grupos estão na lista dos herbicidas mais comercializados do mundo.

A seguir apresenta-se a lista de gêneros de espécies brasileiras e que foram constatados como resistentes em outros países. Sugere-se que esse seria um indicador de gêneros com

potencial para se selecionar biótipos resistentes no Brasil. Como a diversidade da flora nacional é ampla, a lista que segue não exclui a possibilidade de que sejam selecionados biótipos resistentes em outras espécies daninhas, mas serve apenas como um indicativo de situações onde as decisões de controle devam ser as mais criteriosas possíveis.

Nessa parte da revisão apresenta-se, também, a lista de ingredientes ativos de herbicidas de acordo com o local de ação nas plantas, para permitir a associação entre essas duas denominações, de forma a facilitar a tomada de decisão quanto à rotação ou misturas de herbicidas de mecanismos de ação diferentes entre si.

Tabela 2. Distribuição das espécies com biótipos resistentes no mundo, por local de ação dos herbicidas.

LOCAL DE AÇÃO DO HERBICIDA	ESPÉCIES RESISTENTES NÚMERO	%
Inibidores de ACCase	11	4,7
Inibidores de ALS	63	27,0
Inibidores de EPSPs	2	0,8
Inibidores de FS1	19	8,1
Mimetizadores de auxina	25	10,7
Inibidores de PROTOX	0	0
Inibidores de FS2	78	33,4
Inibidores de caroteno	0	0
Inibidores de parte aérea	6	2,5
Inibidores de raízes	9	3,8
Outros	20	8,5
TOTAL	233	100

Fonte: adaptado de www.weedscience.com, fevereiro/2000

2.1. INIBIDORES DE ACCase

Os herbicidas com ação na acetil-CoA carboxilase (ACCcase) incluem butroxydim, clethodim, diclofop, fenoxaprop, fluazifop, haloxyfop, propaquizafop, quizalofop, sethoxydim. No

mundo foram encontrados 11 biótipos resistentes a esse grupo de herbicidas, destacando-se os seguintes gêneros que também ocorrem no Brasil: Avena, Brachiaria, Digitaria, Echinichloa, Eleusine e Lolium.

Em nosso país já foram constatados biótipos de Brachiaria plantaginea resistentes aos herbicidas inibidores de ACCase. Os mecanismos de resistência dos biótipos resistentes no Brasil ainda estão em estudos, mas no mundo a resistência se deve à enzima ACCase insensível aos herbicidas, ou à capacidade de metabolização do herbicida ou, possivelmente, à capacidade de compartimentalização dos herbicidas nos vacúolos das células dos biótipos resistentes.

2.2. INIBIDORES DE ALS

Os inibidores de ALS atualmente comercializados no Brasil são bispyribac, chlorimuron, cloransulam, cyclosulfamuron, diclosulan, ethoxysulfuron, flazasulfuron, flumetsulan, halosulfuron, imazamox, imazapic, imazapyr, imazaquin, imazethapyr, metsulfuron, nicosulfuron, oxasulfuron, pirazosulfuron e pirithiobac.

No mundo, esses produtos começaram a ser comercializados no início da década de 80 e foi constatada resistência já no final da mesma década. Entre os gêneros resistentes destacam-se: Amaranthus, Ambrosia, Bidens, Brassica, Conyza, Cuscuta, Cyperus, Echium, Eleusine, Euphorbia, Helianthus, Lolium, Raphanus, Sagittaria, Sida, Sisymbrium, Solanum, Sonchus, Sorghum, Stellaria e Xanthium. Os mecanismos de resistência envolvem a enzima ALS insensível aos herbicidas ou capacidade de metabolização do herbicida pelos biótipos resistentes.

No Brasil, foram encontrados biótipos resistentes aos inibidores de ALS a partir do início da década de 90. As espécies com biótipos resistentes aos ALS são *Bidens pilosa*, *Bidens subalternas*, *Euphorbia heterophylla* e *Sagittaria montevidensis*.

2.3. INIBIDORES DE EPSPs

Os herbicidas com este mecanismo de ação incluem glyphosate e sulfosate. No mundo só existem biótipos de duas (2) espécies identificados como resistentes a estes herbicidas. Estes biótipos foram encontrados recentemente na Austrália e EUA (*Lolium rigidum*) e na Malásia (*Eleusine indica*).

Aparentemente, o biótipo de *Lolium rigidum* é resistente aos inibidores de EPSPs devido à capacidade das plantas resistentes de produzir grande quantidade da enzima sensível, minimizando a eficácia do herbicida. A área infestada com os biótipos resistentes é muito limitada, indicando que o surgimento de resistência aos produtos com ação na enzima EPSPs é recente.

2.4. MIMETIZADORES DE AUXINA

Os herbicidas com este mecanismo de ação incluem dicamba, 2,4-D, fluroxipyr, triclopyr e picloran. No mundo foram identificados 25 espécies com biótipos resistentes aos herbicidas desse grupo. Gêneros com biótipos resistentes a pelo menos um dos herbicidas desse grupo incluem *Daucus*, *Cirsium*, *Commelina*, *Convolvulus*, *Fimbristilis*, *Matricaria*, *Sinapis* e *Stellaria*.

Neste grupo de herbicidas foi detectado pela primeira vez o fenômeno de resistência de plantas aos herbicidas, sendo documentado como uma curiosidade científica que *Daucus* spp era resistente ao 2,4-D em 1957. Este fato estava praticamente desconhecido da maioria dos cientistas até que recentemente, durante a catalogação na INTERNET dos casos de resistência ao nível mundial, descobriu-se uma tese de Mestrado nos EUA comprovando a resistência a este grupo de herbicidas.

2.5. INIBIDORES DO FOTOSISTEMA I

Os herbicidas com este mecanismo de ação incluem diquat e paraquat. No mundo foram identificados 19 espécies com biótipos resistentes aos herbicidas desse grupo. Gêneros com biótipos resistentes a pelo menos um dos herbicidas desse grupo incluem *Amaranthus*, *Bidens*, *Eleusine*, *Erigeron* (antiga denominação *Conyza*), *Paspalum*, *Poa* e *Solanum*.

A resistência nesses biótipos se deve à capacidade de alguns biótipos detoxificar os herbicidas ou ainda à capacidade de alguns biótipos armazenar os produtos no vacúolo, longe do seu local de ação. Não há relatos da área infestada com esses biótipos resistentes, porém pode-se observar que algumas das espécies listadas na INTERNET (www.weedscience.com) são plantas dicotiledôneas, confirmando a sabedoria na recomendação brasileira de mistura de herbicidas inibidores do fotossistema I com produtos de ação em dicotiledôneas, para garantir a eficiência no controle de plantas daninhas.

2.6. INIBIDORES DE PROTOX

Os herbicidas com este mecanismo de ação incluem acifluorfen, carfentrazone, fomesafen, lactofen, flumiclorac, flumioxazin, oxadiargyl, oxadiazon, oxyfluorfen e sulfentrazone. No mundo não foram registrados casos de resistência aos herbicidas desse mecanismo de ação.

Em geral esses produtos tem sido indicados como produtos para auxiliar na prevenção da resistência aos herbicidas de outros mecanismos de ação. Mas, esses produtos requerem atenção quanto ao estágio de desenvolvimento das plantas daninhas em que são mais suscetíveis, para assegurar o controle adequado das mesmas.

2.7. INIBIDORES DO FOTOSSISTEMA II

Nesse grupo de herbicidas são comercializados no país: ametryne, atrazine, cyanazine, diuron, ioxynil, linuron, metribuzin, prometryne, simazine e tebuthiuron. Entre os gêneros com resistência encontrados no mundo, destacam-se os seguintes: *Amaranthus*, *Bidens*, *Brassica*, *Capsella*, *Chamomilla*, *Chenopodium*, *Conyza*, *Datura*, *Digitaria*, *Echinochloa*, *Galinsoga*, *Panicum*, *Phalaris*, *Poa*, *Polygonum*, *Portulaca*, *Senecio*, *Setaria*, *Solanum*, *Sonchus* e *Stellaria*. A resistência se deve ao local insensível aos herbicidas ou à capacidade de metabolização dos herbicidas.

A publicação de experimentos evidenciando resistência à esse grupo de herbicidas no início dos anos 70, nos EUA, chamou a atenção da comunidade científica internacional para o problema de resistência de plantas daninhas aos herbicidas. A partir desta publicação, o assunto começou a ser pesquisado, divulgado e organizado, culminando com a criação de Comissões de Estudo e Recomendações sobre resistência junto às principais Sociedades Científicas na área de plantas daninhas no mundo.

No Brasil nunca foi documentada a resistência aos herbicidas desse mecanismo de ação, embora esses produtos esteja à venda no Brasil desde o início da década de 60. Especula-se que a não ocorrência de resistência no país, se deva a integração ou alternância de métodos de manejo de plantas daninhas vigentes nos anos 60 e 70.

2.8. INIBIDORES DE CAROTENO

Os herbicidas com este modo de ação incluem clomazone, isoxaflutole e norflurazon. No mundo não foram registrados casos de resistência aos herbicidas desse mecanismo de ação.

Alguns desses produtos podem ser utilizados nas culturas em rotação àquelas com ervas resistentes, para minimizar a população de plantas resistentes aos herbicidas. Esses produtos são normalmente indicados para aplicação no solo, sendo que cada um deles inibe uma enzima diferente nas plantas, permitindo diversidade de estratégias para a prevenção de resistência.

2.9. INIBIDORES DO CRESCIMENTO DA PARTE AÉREA

Os herbicidas com este mecanismo de ação incluem acetochlor, alachlor, asulan, butachlor, dimethenamid, metolachlor, molinate e thiobencarb. No mundo, entre as espécies com biótipos identificados com resistência aos herbicidas desse grupo citam-se: *Avena fatua*, *Echinochloa crus-galli* e *Lolium rigidum*

A resistência ocorre pela capacidade dos biótipos detoxificarem os herbicidas citados. Esses produtos podem ser utilizados em nosso país para ajudar a prevenir a ocorrência de resistência em algumas espécies. Porém, como são produtos de aplicação ao solo, nas situações

de semeadura direta podem apresentar limitações quanto à atividade residual, devido a adsorção à palha e aos colóides do solo.

2.10. INIBIDORES DA FORMAÇÃO DE TUBULINA

Os herbicidas com este mecanismo de ação incluem oryzalin, pendimethalin, thiazopyr e trifluralin. No mundo foram identificados 9 espécies com biótipos resistentes aos herbicidas desse grupo, dentre elas citam-se *Amaranthus* spp, *Echinochloa crus-galli*, *Eleusine indica*, *Lolium rigidum*, *Setaria* spp e *Sorghum halepense*.

Os biótipos resistentes apresentam a tubulina com constituição diferente das plantas sensíveis e, portanto, são insensíveis à ação dos herbicidas citados. Embora trifluralin tenha sido utilizado continuamente por quase duas décadas no Brasil, especula-se que não tenha ocorrido resistência devido a alternância ou a integração de medidas de controle das ervas daninhas, principalmente a associação entre o uso do herbicida e de cultivadores entre-linha.

3. MECANISMOS DE RESISTÊNCIA

Para entender como os herbicidas deixam de controlar certos biótipos numa espécie sensível, é necessário saber o que faz com que os herbicidas funcionem. Herbicidas são produtos químicos que, em geral, inibem uma enzima nas células, levando alguns vegetais à morte. Para que isso ocorra, é necessário que sejam absorvidos, translocados em quantidade suficiente para matar a planta daninha e não sejam decompostos até atingir os locais de sua ação. Na literatura mundial, estão documentados casos de resistência devido a translocação reduzida, decomposição acentuada e local de ação alterado.

3.1. TRANSLOCAÇÃO REDUZIDA

A maioria dos herbicidas tem seu local de ação dentro do cloroplasto, que é a organela dentro das células das folhas e caules onde ocorre a fotossíntese. Assim, o herbicida precisa ser absorvido pelas folhas ou raízes para ser transportado até as células e atravessar a parede e membrana celular, diluindo-se no citoplasma para, posteriormente, atravessar as membranas do cloroplasto e, então, estar pronto para agir.

Porém, as células de alguns vegetais têm proteínas na membrana do vacúolo capazes de carrear herbicidas para dentro dos vacúolos, deixando-os indisponíveis para atingir os cloroplastos e, portanto, perdendo atividade fitotóxica (Figura 1). Este mecanismo de resistência não é muito importante, pois ocorre em poucas espécies a nível mundial.

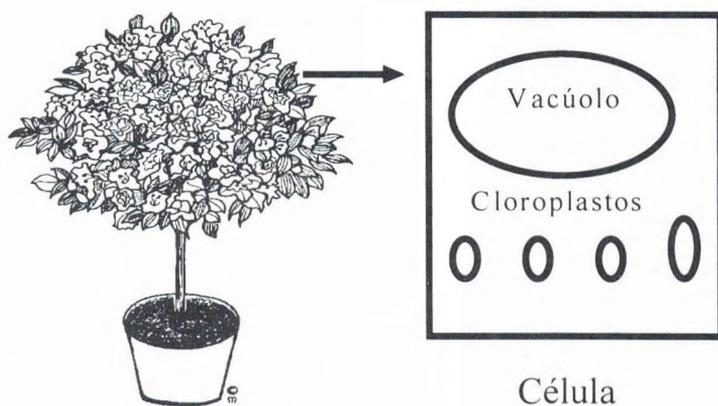


Figura 1. Representação esquemática da célula vegetal, enfatizando o papel do vacúolo como local de destino de herbicidas (compartimentalização).

3.2. DECOMPOSIÇÃO ACENTUADA

Este mecanismo de resistência é importante tanto para espécies daninhas como cultivadas. Durante o tempo decorrido entre a absorção do herbicida e a sua entrada no cloroplasto, o composto pode ser metabolizado, perdendo sua atividade fitotóxica.

Estudos realizados a nível mundial indicam que duas enzimas são as principais envolvidas na decomposição de vários herbicidas, catalisando reações de oxidação e conjugação. Especula-se que, para evitar a seleção de biótipos com este mecanismo de resistência, deve-se evitar o uso contínuo de herbicidas que são metabolizados pelas mesmas enzimas. A presença de grande quantidade de uma das enzimas metabolizadoras explicaria, em parte, a ocorrência, a nível mundial, de biótipos com resistência cruzada múltipla, ou seja, resistentes a herbicidas de diversos mecanismos de ação. No mundo, a metabolização acentuada é citada como o mecanismo de resistência em biótipos resistentes aos seguintes grupos de herbicidas: inibidores de ACCase, inibidores de ALS, mimetizadores de auxina e inibidores de FS2.

Resistência causada por este mecanismo é mais dependente do ambiente para se manifestar. Assim, temperaturas extremas (frio ou calor), estresses hídricos e presença de inibidores da atividade enzimática, tais como inseticidas, podem afetar a capacidade dos vegetais de suportarem determinada dose de certo herbicida.

3.3. LOCAL DE AÇÃO ALTERADO

A enzima que é afetada pelo herbicida pode estar modificada, não permitindo que o herbicida se encaixe na mesma e, desta forma, sendo insensível a sua ação. Por isso, às vezes,

refere-se a esse mecanismo, como mecanismo de resistência verdadeira. Na Figura 2 está o modelo de chave-fechadura que ilustra esquematicamente o mecanismo de local de ação alterado. À esquerda da Figura, representou-se a enzima de plantas suscetíveis, a qual é inibida pelo herbicida, pois pode interagir com o mesmo. À direita da Figura 2, representa-se a enzima de plantas resistentes, a qual é insensível ao herbicida, pois não interage com o mesmo devido a modificações na molécula. Esse mecanismo de resistência tem menor interação com o ambiente. As plantas daninhas resistentes encontradas em nosso país até hoje provavelmente apresentam esse mecanismo de resistência. No mundo, o local de ação alterado é relatado como o mecanismo de resistência em biótipos resistentes aos seguintes grupos de herbicidas: inibidores de ACCase, inibidores de ALS, inibidores de FS2 e inibidores da formação de tubulina.

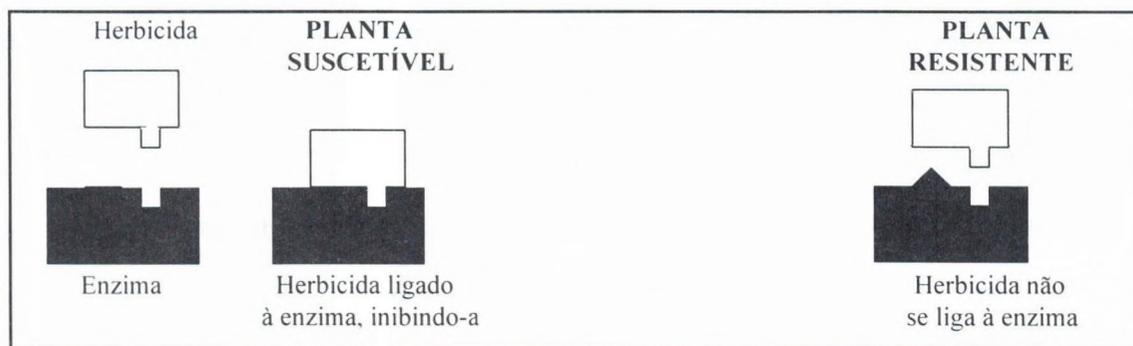


Figura 2. Representação esquemática de enzima de planta suscetível e resistente associadas ou não ao herbicida, respectivamente.

4. PROCEDIMENTOS PARA PREVENIR A SELEÇÃO DE PLANTAS RESISTENTES OU MANEJAR SUA OCORRÊNCIA

O aparecimento de biótipos resistentes numa área ocorre em duas etapas. Na primeira etapa há a seleção de um indivíduo com características biológicas que lhe conferem resistência. Na segunda etapa ocorre o aumento da população dos indivíduos resistentes. Os principais fatores que afetam a primeira etapa são: o tamanho da população de plantas daninhas a serem aspergidas com o herbicida e a frequência inicial do gene da resistência. Na segunda etapa influem, principalmente, a frequência do uso de herbicidas com um único mecanismo de ação e a dinâmica populacional das plantas daninhas (banco de sementes, crescimento, reprodução, dispersão, etc).

Os fatores relacionados aos herbicidas e às práticas culturais, os quais estão sob controle dos agrônomos e agricultores, podem ser manipulados para se minimizar a ocorrência de resistência, pois influem diretamente nas duas etapas da evolução da resistência. Assim as estratégias que podem ser utilizadas para minimizar o aparecimento de plantas daninhas resistentes podem ser agrupadas em duas categorias: a) aquelas relacionadas aos herbicidas; e b) aquelas relacionadas às práticas culturais (Tabela 3). A maioria destas estratégias foram desenvolvidas de modo lógico, porém empírico, e não foram testadas extensivamente para assegurar sua eficácia.

A principal estratégia recomendada para minimizar a ocorrência da resistência seria evitar o uso de herbicidas com mesmo modo de ação por mais de duas ocasiões consecutivas. Este

procedimento talvez possa ser negligenciado se os agricultores utilizarem outros métodos para eliminar as plantas que escaparem do controle químico utilizado ou se forem utilizados herbicidas com outros mecanismos de ação para controlar os possíveis “escapes”.

Tabela 3. Estratégias para prevenir a evolução da resistência de plantas daninhas aos herbicidas.

Categoria	Estratégia
Herbicidas	Rotação de herbicidas com diferentes mecanismos de ação
	Aplicação seqüencial de herbicidas
	Mistura de herbicidas com período residual parecido
	Aplicação de produtos nas reboleiras com “escapes” de controle
Práticas culturais	Rotação de culturas
	Manejo integrado de plantas daninhas
	Rotação de métodos de controle de plantas daninhas
	Rotação de métodos de preparo do solo
	Acompanhamento das mudanças da flora do terreno
	Limpeza dos equipamentos

O risco das aplicações seqüências de herbicidas na evolução da resistência deve ser considerado de acordo com a finalidade da aplicação seqüencial. Teoricamente não há risco adicional na técnica quando a aplicação seqüencial tem como objetivo melhorar o controle porque elimina as rebrotações das plantas já aspergidas pela primeira aplicação. Contudo, quando o objetivo da aplicação seqüencial for controlar plantas protegidas da primeira aplicação (efeito guarda-chuva ou novo fluxo de germinação), a aplicação seqüencial poderá ser considerada como duas ocasiões de aplicação, pois estará expondo maior número de plantas à ação do herbicida, aumentando a chance de se selecionar um biótipo resistente. Assim, idealmente, aplicações seqüenciais deveriam ser preferencialmente com herbicidas de mecanismos de ação diferentes entre si.

Nas misturas de herbicidas, deve-se considerar que cada espécie daninha tenha herbicidas de pelo menos dois mecanismos de ação diferente para as controlar. Caso um biótipo seja resistente a um dos produtos na mistura, ele deverá ser eliminado pelo outro ingrediente ativo da mistura. A aplicabilidade desta estratégia é limitada pelo número de espécies que houver na área e pelo custo dos produtos na mistura. Salienta-se a questão do aspecto legal para as misturas em tanque dos herbicidas, sendo apenas permitida elaboração de Receituário Agrônômico para misturas indicadas na bula dos produtos, e que, portanto, passaram pela avaliação dos órgãos públicos de registro.

A rotação de culturas favorece o rodízio de herbicidas na área. Já a alternância de métodos de preparo do solo permite que se alterne herbicidas e que se integre diferentes métodos de controle de plantas daninhas na área.

É importante manter um histórico de cada área da propriedade para se identificar a evolução da população de determinadas espécies. Normalmente não se consegue identificar os biótipos resistentes já no primeiro ano de sua ocorrência, ou seja, quando percebe-se a falta de

controle de uma espécie que tradicionalmente era controlada por certo herbicida, já se decorreram diversos anos do início da seleção do biótipo resistente. Assim, o acompanhamento da evolução da flora daninha na propriedade permitirá adotar plano racional de utilização de herbicidas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nessa revisão de literatura, definiu-se o termo resistência e sua ocorrência nacional, listaram-se os gêneros das espécies ocorrentes no Brasil e que ao nível mundial foram constatados como resistentes, apresentaram-se os mecanismos de resistência e apresentaram-se as estratégias para prevenir o surgimento de plantas resistentes, ou para manejar sua ocorrência. Enfatizou-se que nenhum herbicida está imune ao problema de resistência. Portanto, sugere-se que a utilização dos herbicidas seja sempre realizada seguindo a prescrição elaborada por profissional especializado no assunto, para evitar a perda da eficiência dos produtos com o decorrer do tempo.

Para prevenir o aparecimento de biótipos resistentes aos herbicidas os cientistas indicam estratégias relacionadas aos herbicidas (mistura e/ou rotação de herbicidas com atividade em diferentes locais de ação), às práticas culturais (rotação de cultura, métodos culturais) e técnicas de manejo integrado de plantas daninhas visando reduzir a infestação de plantas daninhas.

6. LITERATURA CONSULTADA

- ANTHONY, R. G.; REICHEL, S.; HUSSEY, P. J. Dinitroaniline herbicide-resistant transgenic tobacco plants generated by co-overexpression of a mutant alpha-tubulin and a beta-tubulin. *Nature Biotechnology*, v. 17, n. 7, p. 712-716, 1999.
- DESHPANDE, S. & HALL, J. C. Auxinic herbicide resistance may be modulated at the auxin-binding site in wild mustard (*Sinapis arvensis* L.): A light scattering study. *Pesticide Biochemistry and Physiology* v. 66, n. 1, p. 41-48, 2000.
- DUKE, S. O. (ed.) *Herbicide-resistant crops: agricultural, environmental, economic, regulatory, and technical aspects*. Boca Raton: CRC Press, 1996. 420p.
- EBERLEIN, C. V.; GUTTIERI, M. J.; BERGER, P. H.; FELLMAN, J. K.; MALLORY-SMITH, C. A.; THILL, D. C.; BAERG, R. J.; BELKNAP, W. R. Physiological consequences of mutation for ALS-inhibitor resistance. *Weed Science*, v. 47, n. 4, p. 383-392, 1999.
- FREY, J. E.; MULLER-SCHARER, H.; FREY, B.; FREY, D. Complex relation between triazine-susceptible phenotype and genotype in the weed *Senecio vulgaris* may be caused by chloroplast DNA polymorphism. *Theoretical and Applied Genetics*, v. 99, n. 3-4, p. 578-586, 1999.
- GRESSEL, J. Tandem constructs: preventing the rise of superweeds. *Trends in Biotechnology*, v. 17, n. 9, p. 361-366, 1999.
- JORDAN, N.; KELRICK, M.; BROOKS, J.; KINERK, W. Biorational management tactics to select against triazine-resistant *Amaranthus hybridus*: a field trial. *Journal of Applied Ecology*, v. 36, n. 1, p. 123-132, 1999.
- LOPEZ-MARTINEZ, N.; SALVA, A.P.; FINCH, R. P.; MARSHALL, G.; DE PRADO, R. Molecular markers indicate intraspecific variation in the control of *Echinochloa* spp. with quinclorac. *Weed Science*, v. 47, n. 3, p. 310-315, 1999.

- KUK, Y. I.; WU, J. R.; DERR, J. F.; HATZIOS, K. K. Mechanism of fenoxaprop resistance in an accession of smooth crabgrass (*Digitaria ischaemum*). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v. 64, n. 2, p. 112-123, 1999.
- MENENDEZ, J. ; DE PRADO, R. Characterization of two acetyl-CoA carboxylase isoforms in diclofop-methyl-resistant and -susceptible biotypes of *Alopecurus myosuroides*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* , v. 65, n. 2, p. 82-89, 1999.
- OETTMEIER, W. Herbicide resistance and supersensitivity in photosystem II. *Cellular and Molecular Life Sciences*, v. 55, n.10, p. 1255-1277, 1999.
- OHKAWA, H.; TSUJII, H.; SHIMOJI, M.; IMAJUKU, Y.; IMAISHI, H. Cytochrome P450 biodiversity and plant protection. *Journal of Pesticide Science*, v. 24, n. 2, p. 197-203, 1999
- POWLES, S. & HOLTUM, J. (eds.) *Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry*. Boca Raton: CRC Press, 1994. 353p.
- RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J. S.; GHERSA, C. *Weed ecology: implications for management*. New York: Wiley, 1997. 589 p.
- RODRIGUES, B. N. & ALMEIDA, F. S. *Guia de Herbicidas*. Londrina: IAPAR, 1998. 648p.
- VIDAL, R. A. *Herbicidas: mecanismos de ação e resistência de plantas*. Porto Alegre: Palotti, 1997, 165p.
- WETZEL, D. K.; HORAK, M. J.; SKINNER, D. Z.; KULAKOW, P. A. Transferal of herbicide resistance traits from *Amaranthus palmeri* to *Amaranthus rudis*. *Weed Science*, v. 47, n. 5, p. 538-543, 1999.
- YEMETS, A. I.; BLUME, Y. B. Resistance to herbicides with antimicrotubular activity: From natural mutants to transgenic plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, v. 46, p. 6, p. 789-796, 1999.

PLANTAS TRANSGÊNICAS E SUA IMPORTÂNCIA NA ALIMENTAÇÃO

VANIA MODA CIRINO – Doutora, Pesquisadora do Instituto Agrônomo do Paraná IAPAR, Área de Melhoramento e Genética, C.P 481, CEP86001-970 - Londrina - PR, E-mail: vamoci@pr.gov.br).

Introdução

O homem é extremamente dependente das plantas para sua alimentação, pois tudo o que ele utiliza como alimento é constituído de plantas ou é derivado direta ou indiretamente das mesmas. Por milhares de anos, durante o processo de domesticação, as plantas tem sido selecionadas para o desenvolvimento de variedades mais produtivas ou mais adequadas para o consumo humano. Até o início deste século, o melhoramento de plantas era realizado ao acaso como uma arte, e não como ciência, somente após o redescobrimto das leis de Mendel é que os princípios da genética foram reconhecidos e aplicados ao melhoramento de plantas. A maioria das variedades modernas, utilizadas para cultivo, originaram-se da transferência de genes dentro da mesma espécie ou entre espécies relacionadas, através da hibridação sexual e posterior seleção. Algumas vezes, a espécie a ser melhorada não contém variabilidade genética suficiente para permitir o melhoramento desejado e conseqüentemente tem levado o melhorista a buscar novas tecnologias. Um dos pontos críticos do melhoramento convencional é a dependência da compatibilidade sexual entre a espécie que se pretende melhorar e a espécie doadora do gene que controla o caráter de interesse. A nova metodologia de modificação genética, envolvendo a técnica do DNA recombinante e da transformação genética, diferem das metodologias utilizadas anteriormente na extensão e na velocidade das mudanças que podem ser produzidas, entretanto não diferem fundamentalmente nos objetivos.

Plantas transgênicas uma visão comparativa

Plantas transgênicas são aquelas que possuem inserido em seu genoma, DNA que tem sido manipulado em laboratório, através dos métodos de DNA recombinante. Esses métodos desenvolvidos nos últimos vinte anos, com a descoberta das enzimas de restrição que são capazes de cortar o DNA em seqüências específicas de nucleotídeos e das enzimas ligase que são capazes de juntar fragmentos de DNA muito precisamente (Watson et al., 1983), tornou possível preparar novas combinações de genes no laboratório e adicionar seqüências de DNA que regulam a expressão temporal e espacial dos mesmos nas plantas transgênicas. Com os avanços obtidos na técnica do DNA recombinante e nos métodos de transformação genética de plantas, tornou-se possível a transferência de genes de várias classes de organismos, ampliando o "gene-pool" da espécie a ser melhorada geneticamente, ultrapassando os limites impostos pela incompatibilidade sexual. No melhoramento de plantas convencional, novas combinações de genes são criadas através da hibridação sexual entre progenitores com características desejáveis. Muitas dessas hibridações são efetuadas entre genótipos pertencentes a própria espécie, mas ocasionalmente, quando a variabilidade não existe dentro da espécie, efetua-se a introgressão de genes de espécies ou gêneros relacionados. Neste processo, genes responsáveis pelas características desejáveis são herdados juntamente com os indesejáveis, sendo necessário efetuar vários retrocruzamentos do híbrido obtido com o a espécie cultivada, para inserir o caráter desejável no "back ground" genético agronomicamente desejável. Com a transformação genética é possível incorporar nas plantas genes que eram praticamente inacessíveis através dos métodos de hibridação convencional. Com o emprego desta técnica genes isolados de microorganismos, animais e espécies de plantas não relacionadas podem ser introduzidos na planta, de forma mais precisa e pontual, o que é impossível através do método convencional.

O melhoramento de plantas, através da hibridação sexual tem sido praticado pôr centenas de

anos e a sociedade em geral está familiarizada com os seus produtos. Em um programa de melhoramento, milhares de novas combinações gênicas são produzidas a cada ano, através da hibridação sexual como também, inúmeras novas combinações são formadas através da alopolinização em populações naturais. É notório que no melhoramento convencional certas combinações gênicas podem algumas vezes levar a produção de altos níveis de produtos indesejáveis como pôr exemplo o glucosinolato em espécies de Brassica (Thompson & Hughes, 1986), glicoalcalóides em batata (National Research Council, 1989) e altos teores de tanino em sementes de sorgo (Hahn et al., 1984). Em decorrência disso, procedimentos tem sido desenvolvidos para identificar e eliminar segregantes indesejáveis durante a fase de seleção.

Para as plantas transgênicas procedimentos similares são efetuados para prevenir que genótipos indesejáveis sejam liberados no ambiente ou liberados comercialmente. Não há evidências de que os princípios que governam a expressão dos transgenes e a sua integração nas plantas bem como a dispersão desses genes na população, diferem essencialmente daqueles que operam em genes nativos (Dale et al., 1993). Entretanto, o método do DNA recombinante permite introduzir em plantas genes responsáveis por características diferentes daquelas que os melhoristas estavam habituados, como pôr exemplo produção de fármacos ou de monômeros e polímeros para produção de plásticos biodegradáveis.

Genes que modificam a qualidade de um produto da planta, ou conferem resistência a insetos, doenças ou herbicidas, não tornam essas plantas mais invasoras, entretanto questões desse tipo devem ser colocadas, sendo necessária a comparação das mesmas com suas versões não transgênicas para determinar o efeito da modificação em diferentes ambientes e circunstâncias. Em virtude da pouca experiência sobre a transferência de genes de organismos não relacionados é necessário efetuar uma avaliação de risco antes que cada novo tipo de planta transgênica seja liberada para cultivo em pequena escala e antes das mesmas serem liberadas comercialmente. Há um consenso entre pesquisadores, melhoristas de plantas, ambientalistas e a sociedade em geral,

que é necessário regular de alguma forma os testes e a liberação comercial desses produtos. Em reconhecimento da necessidade de se avaliar os riscos referentes a liberação de plantas transgênicas no meio ambiente, é que essas liberações são supervisionadas pôr autoridades reguladoras que operam em diferentes países. Pôr exemplo, todos os países membros da Comunidade Econômica Européia (EEC) operam sobre as diretivas 90/219 que trata das normas para trabalho em contenção, 90/220 , que trata da liberação no meio ambiente de organismos geneticamente modificados (OGM) e 98/221 que trata da rotulagem dos alimentos geneticamente modificados. Nos EUA três agencias governamentais no âmbito da agricultura (USDA), meio ambiente (EPA) e saúde (FDA) são responsáveis pela regulamentação da liberação de OGM no ambiente.

No Brasil, a lei 8.974 de 5 de janeiro de 1995 e o Decreto 1752 de 20 de dezembro de 1995 estabelecem normas para o uso das técnicas de engenharia genética na construção, cultivo, manipulação, transporte, comercialização, consumo, liberação, e descarte de OGM, visando proteger a vida e a saúde do homem, dos animais e das plantas bem como o meio ambiente e conferem a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio a competência de propor normas e regulamentos relativos as atividades que envolvem OGMs.

Desde a sua designação em junho de 1996, a CTNBio já publicou dezoito Instruções Normativas, que estabelecem as diretrizes técnicas para garantir a segurança dos produtos geneticamente modificados. Desta forma além do controle habitual que sofrem os produtos obtidos pela tecnologia tradicional, os produtos geneticamente modificados estão sujeitos a um controle adicional, feito pela CTNBio, sob os aspectos de biossegurança. Isto garante, que os produtos transgênicos a serem comercializados tenham as mesmas características de segurança, inocuidade e eficácia exigidas também para os produtos convencionais.

Principais características inseridas

Apesar das freqüentes afirmações de que os cientistas estão criando novas formas de vida e brincando de Deus, a ciência de plantas geneticamente modificadas está ainda em um estágio recente, possibilitando a transferência de poucos genes em um "background" genético contendo milhares de genes. A tecnologia para desenvolver uma modificação de um gene particular esta em estado recente, como também os métodos para avaliar os prováveis e atuais resultados dessas modificações.

As características que mais prontamente são manipuladas usando a tecnologia do DNA recombinante são aquelas controladas por um único e bem caracterizado gene.

A primeira planta transgênica foi obtida em 1983 e a partir dessa data um aumento substancial de pesquisas e esforços ao redor do mundo estão sendo direcionados para esta área, tanto em setores públicos como privados. Na agricultura, a biotecnologia moderna têm sido utilizada como uma ferramenta para complementar os métodos de melhoramento convencionais, visando a obtenção de novas variedades de plantas com características agronômicas desejáveis.

A cada ano agrícola, a área global cultivada com variedades transgênicas tem aumentado consideravelmente. Em 1998, a área global cultivada com plantas transgênicas sofreu um acréscimo de 16.8 milhões de hectares, passando de 11 milhões de hectares em 1997 para 27.8 milhões de hectares em 1998. Variedades transgênicas de cinco principais espécies economicamente importantes foram cultivadas em oito países em 1998, sendo que três deles, Espanha, França e África do Sul, cultivaram comercialmente plantas transgênicas pela primeira vez. Os EUA continuam sendo o principal produtor de variedades transgênicas, contribuindo com cerca de 74% da área global cultivada. (James, 1998). As cinco principais culturas transgênicas cultivadas em 1998 foram em ordem decrescente de área, soja, milho, algodão, canola e batata. Soja e milho transgênico, contribuíram respectivamente com 52% e 30% da área global cultivada (James, 1998). Em termos de características tolerância a herbicidas contribuiu com 77% da área

global cultivada, resistência a insetos com 22% e a resistência combinada a insetos e herbicidas representou 1% da área global, com perspectivas para um aumento no futuro.

No Brasil até a presente data, foi autorizada a liberação planejada no meio ambiente de 781 experimentos, envolvendo nove culturas (milho, soja, algodão, cana de açúcar, fumo, eucalipto, batata, mamão e arroz) e cinco características. As culturas liberadas com maior frequência foram milho (88,6%), soja (6,27%), algodão (3,07%) e cana de açúcar (1,41%), predominando as características de tolerância a herbicidas (56%), resistência a insetos (41,4%), resistência conjunta a insetos e herbicidas (2,0%) e resistência a vírus (0,7%). Também houve a autorização para a liberação comercial da soja geneticamente modificada, tolerante ao herbicida Roundup Ready, onde cinco cultivares de soja RR, foram registradas para cultivo no Ministério da Agricultura, mas por razões de natureza jurídica o plantio comercial permanece suspenso.

Durante esta fase inicial, os benefícios da transformação genética de plantas tem sido grandemente direcionada para os agricultores. Os melhoristas de plantas tem concentrado esforços principalmente nas modificações que possibilitam ao agricultor efetuar um controle mais eficiente de pragas, doenças e plantas invasoras. Outras modificações as quais incluem aumento na absorção de nutrientes, tolerância a estresse abiótico como seca, calor, salinidade, toxicidade de alumínio, etc., poderão ser importantes para países em desenvolvimento, onde o principal objetivo é aumentar rendimentos com uma redução externa de inputs. A fixação simbiótica de nitrogênio em cereais também está sendo explorada.

Em uma próxima fase será dada maior ênfase para a obtenção de plantas com características desejáveis que irão beneficiar o consumidor final, através da produção de alimentos mais saudáveis. Futuramente modificações incluindo melhoria da qualidade nutricional do produto, ou das características de processamento trarão benefícios para todos os componentes da cadeia produtiva.

Atualmente, muitas das pesquisas com transgênicos estão direcionadas para a adição de genes que conferem características com pouco valor comercial, mas com um grande valor social. Um elevado número de pessoas em países em desenvolvimento sobrevivem com uma dieta alimentar constituída basicamente por um desses produtos, mandioca, milho, arroz e trigo, que são fontes alimentícias deficientes em alguns macro-nutrientes (carboidratos, lipídeos e proteínas) e muitos micronutrientes essenciais (incluem 17 minerais e 13 vitaminas). Consequentemente a dieta de 800 milhões de pessoas não contém macronutrientes suficientes e são deficientes em micronutrientes. Exemplos da magnitude da deficiência de micronutriente, podem ser citados. Estima-se que 250 milhões de crianças sofrem de deficiência de vitamina A, destas 180 milhões habitam no continente Asiático, sendo que esta deficiência pode causar anualmente, cegueira irreversível em aproximadamente 500 mil. Aproximadamente dois bilhões de pessoas, crianças e mulheres em idade reprodutiva, sofrem de deficiência de ferro e consequentemente de anemia e 1,5 bilhões de pessoas sofrem de deficiência de iodo (Della Penna, 1999). Os alimentos básicos, citados anteriormente contém quantidades insuficientes de muitas vitaminas e minerais essenciais, portanto a suplementação nutricional desses alimentos é uma prática necessária. Com a finalidade de adequar o nível de vitaminas e minerais essenciais nos alimentos é que pesquisas voltadas para o estudo e manipulação do metabolismo secundário em plantas tem sido retomados.

O arroz (*Oryza sativa* L.), constitui a principal fonte de alimento para mais de dois bilhões de pessoas e não contém beta caroteno no endosperma das sementes, que é um precursor da vitamina A,. Para melhorar o valor nutricional do arroz, a engenharia genética foi utilizada como uma ferramenta para possibilitar a síntese de beta caroteno no endosperma das sementes. A cultivar de arroz japônica, Taipei 309, foi transformada através do método de disparo de micropartículas com um gene proveniente de narciso silvestre (*Narcissus pseudonarcissus*) que codifica uma enzima envolvida na biosíntese de carotenoides (Burkhardt, et al., 1997). A modificação genética do arroz para produzir beta-caroteno no grão que posteriormente é

convertido em vitamina A no organismo humano, resultou no arroz transgênico denominado de "golden rice". Este arroz geneticamente modificado apresenta uma coloração amarelo dourada e contém beta caroteno suficiente para suprir as necessidades de vitamina A na dieta de pessoas, como os Asiáticos por exemplo, que tem o arroz como a principal fonte de alimento. Com a mesma finalidade de melhorar a qualidade nutricional do arroz é que genes que aumentam consideravelmente a disponibilidade de ferro também foram incorporados. Melhorias na composição de aminoácidos também foram obtidos, através da incorporação de um gene de ervilha (*Pisum sativum*) que codifica a síntese de legumina (Leg A), tendo como promotor o gene da glutelina do arroz (Gt1). Análise da segregação da legumina em plantas transgênicas sugeriu herança mendeliana monogênica, sendo que a proteína de reserva de sementes de grãos de leguminosas foram expressadas no endosperma de sementes de arroz transgênicos (Sindhu, et al., 1997).

Recentemente muitos trabalhos sobre proteínas de reserva nas sementes foram efetuados, com a finalidade de melhorar as propriedades nutricionais e de processamento das culturas. Sementes de muitas culturas não possuem um teor adequado de aminoácidos necessários para o crescimento de animais e seres humanos. Os seres humanos e os animais monogástricos não podem sintetizar dez dos 20 aminoácidos essenciais e portanto necessitam obtê-los de suas dietas. Pesquisas vem sendo efetuadas visando alterar a síntese de aminoácidos e a composição das proteínas armazenadas em sementes de um grande número de espécies cultivadas. As estratégias que tem sido adotadas para alcançar esses objetivos envolvem alterações na regulação de enzimas envolvidas na biosíntese de aminoácidos e alterações de proteínas de reserva, visando aumentar o teor de aminoácidos essenciais.

Entre os aminoácidos essenciais, lisina e treonina são considerados os aminoácidos essenciais limitantes em grãos de cereais, que representam a fonte de alimentos de um grande número da população mundial. Em decorrência da importância nutricional da lisina e treonina, a regulação do metabolismo dos mesmos tem sido extensivamente estudados a nível bioquímico, genético, e mais

recentemente molecular (Galili, 1995). O desenvolvimento de milho com alto teor de lisina, para ser utilizado na alimentação animal ilustra as mudanças que continuamente estão sendo efetuadas no metabolismo das plantas através da engenharia genética. Genes que codificam duas das enzimas chaves na síntese de lisina foram isolados de *Escherichia coli* e *Corynebacterium*, engenheirados e transferidos para o milho (Mazur et al., 1999)

Metionina é um aminoácido essencial limitante em grão de espécies leguminosas e progressos para aumentar seu teor, através do melhoramento convencional não tem sido obtidos. Utilizando-se da engenharia genética, três estratégias tem sido empregadas, aumento do teor de metionina livre, aumento do teor de proteína armazenada com aumento de resíduo de metionina e transferência de genes 2S albumina (BNA) que codificam proteínas ricas em metioninas como o da castanha do Pará (*Bertholletia excelsa*) ou o gene homólogo de girassol. Plantas transgênicas de diversas espécies de leguminosas apresentaram uma elevação no teor de metionina ao redor de 5 a 10% do total de proteína na semente. Algumas espécies apresentaram 80 % do padrão do teor de proteínas estabelecidos pela FAO (Muntz et al., 1998).

O desenvolvimento de sementes de soja com aumento na concentração de ácido oléico também ilustram exemplos de modificação nas características das sementes. Modificações no genoma da soja tem levado a produção de ácidos graxos desejáveis e conseqüentemente a produção de alimentos mais saudáveis. Ácidos graxos insaturados são mais saudáveis que ácidos saturados, e a forma monoinsaturado, ácido oléico, é também mais estável em frituras e cocção do que as formas poli-insaturadas linoléico e linolênico. Os genes que afetam a composição de ácidos graxos em soja foram clonados, sendo que através da transformação genética alguns genes foram silenciados, o que proporcionou a elevação do teor de ácido oléico nas sementes de 25% nas sementes das linhagens convencionais para 85% nas linhas transgênicas (Mazur et al., 1999).. Outro enfoque é a utilização de plantas de soja para a produção de ácido vernólico e ácido

ricinólico, derivados do ácido oléico que são utilizados na fabricação de tintas e plásticos. Os genes necessários foram derivados de mamona e vernonia e foram transferidos para a soja

A produção de altos níveis de ácidos graxos em canola transgênica foi obtida, através da super expressão do gene Ch FatB2, proveniente de *Cuphea hookeriana*, uma planta oleaginosa originária do México (Dehesh et al., 1996).

Degradação de micotoxinas em plantas como uma estratégia para melhorar a qualidade de grãos está sendo empregada. Fumosinas são micotoxinas produzidas por *Fusarium moniliforme* e algumas espécies relacionadas que causam doenças em espigas de milho. Essas toxinas causam grande impacto na cadeia alimentar, afetando a saúde humana animal e vegetal. Genes que codificam enzimas responsáveis pela degradação da fumosina foram isolados de fungos e bactérias, e através da super expressão dos mesmos em plantas, alimentos mais seguros para o consumo humano e animal poderão ser obtidos (Duvick, et al., 1997)

Melhoria na qualidade de um produto, visando o processamento industrial, já é uma realidade. Melhoria da qualidade da farinha de trigo para panificação tem sido obtida através da alteração da expressão de genes que codificam sub unidades de glutenina de alto peso molecular (HMW-GS) (Blechl, et al., 1998). Progressos também tem sido obtidos no sentido de controlar os danos causados pela germinação dos grãos nas espigas na pré-colheita. Trigo transgênico expressando proteínas capazes de inibir a ação de enzimas hidrolíticas, ou que codificam inibidores de alfa amilase tem sido obtidos (Henry et al., 1994).

Estudos tem possibilitado a identificação e manipulação de genes que codificam enzimas envolvidas com o amadurecimento de frutos, sendo que os mesmos tem permitido a obtenção de plantas transgênicas de várias espécies apresentando frutos com coloração, textura, tempo de armazenamento e características de processamento melhorados (Grierson & Schuch, 1994).

Estudos visando reduzir o acúmulo de limarina, um glicosídeo cianogênico presente em raízes e folhas de mandioca vem sendo realizados. Recentemente o ciclo de síntese e o sitio celular de

armazenamento de limarina foram detectados, Em adição as enzimas cianogênicas linamarase e hidroxinitrileliase, e os respectivos genes que as codificam foram clonados. Muitas questões referentes a síntese, transporte e acúmulo de glicosídeos cianogênicos estão sendo estudados e posteriormente irão contribuir para o desenvolvimento de plantas transgênicas com reduzidos teores de cianogênio (McMahon et al., 1995).

As plantas transgênicas são economicamente atrativas e eficientes como uma alternativa para o sistema que envolve microorganismos na produção de biomoléculas. Avanços na biotecnologia tornaram possível a exploração de plantas como bioreatores para a produção de proteínas, carboidratos e lipídeos. Plantas transgênicas que expressam proteínas para uso farmacêutico ou industrial, representam uma alternativa econômica para os sistemas tradicionais de produção através da fermentação. Vacinas tem sido produzidas em plantas como resultado da expressão de transgenes. Também tem sido demonstrado que genes que codificam antígenos de bactérias e vírus patogênicos podem ser expressos em plantas . Tubérculos de batata transgênicos expressando um antígeno bacteriano, estimulou respostas imunológicas humoral e mucosal quando foram consumidos como alimentos. Plantas transgênicas expressando antígenos para hepatite B, diarréia bacteriana (*Escherichia coli*) e diarréia virótica (Norwalk vírus) foram relatadas. Estes resultados evidenciam o uso de plantas como um veículo para a produção de vacinas (Mason & Arntzen, 1995). Fragmentos do gene que codifica a beta caseína, uma proteína do leite humano, foram introduzidos em batata (*Solanum tuberosum*) sobre o controle do promotor bidirecional manopinasintetase que é induzido por auxina. , sendo utilizado *Agrobacterium tumefaciens* como vetor. A presença do DNA humano que codifica a beta caseína foi detectada através de PCR e southern blot. A beta caseína foi identificada nas folhas e nos tubérculos. Esses resultados abrem um caminho para a produção de leite humano em plantas, para a substituição de leite bovino, utilizado na alimentação infantil, melhorando a nutrição infantil e prevenindo doenças gástricas e intestinais em crianças. (Chong et al., 1997). Plantas de batata transgênicas que

sintetizam insulina humana também foram obtidas, sendo que futuramente poderá ser utilizada por pacientes diabéticos (Arakawa, et al., 1998).

Futuramente, com o avanço nas pesquisas genômicas, a extensão de genes com potencial para desenvolver novas cadeias bioquímicas em plantas irão aumentar.

Brevemente teremos o desenvolvimento dos alimentos curados, onde fatores que causam alergias serão removidos.

Pode-se observar que a aplicabilidade das plantas transgênicas são imensas, porém uma das grandes polêmicas é como maximizar o seu potencial de uso e ao mesmo tempo minimizar os riscos.

Conclusão

O fator determinante do desenvolvimento futuro da técnica da engenharia genética na produção de alimentos será a aceitação do consumidor.

A aceitação e a adoção de novas tecnologias por parte da sociedade depende de inúmeros fatores, entre eles os valores sócio-culturais, econômicos, religiosos e educacionais. Outros fatores também podem ser citados tais como a confiabilidade nas instituições de controle e regulação, credibilidade no fabricante, custo e fatores relacionados ao entendimento desta sociedade quanto ao benefício real dessa tecnologia em resposta às suas necessidades diárias.

Ao contrário do que ocorreu na área farmacêutica, a biotecnologia aplicada às plantas, tem gerado grande polêmica, surgindo campanhas contra os alimentos transgênicos na Europa, Austrália, Brasil e iniciando-se também na América do Norte, onde organizações ambientalistas e alguns grupos religiosos têm pressionado o FDA, para rotular os alimentos geneticamente modificados. A crescente oposição aos alimentos geneticamente modificados disseminados por toda a parte e as restrições impostas aos produtos alimentícios provenientes dessa tecnologia poderá adiar o uso da biotecnologia moderna na agricultura.

Os questionamentos por parte da sociedade com relação aos riscos à saúde humana e ambiental advindas da utilização desta tecnologia e a falta de credibilidade nas instituições de controle e regulação tem contribuído para a rejeição dos produtos transgênicos. A falta de credibilidade é decorrente dos escândalos ocorridos no continente Europeu, como a carne contaminada com a doença da vaca louca, a crise da dioxina na Bélgica, e a contaminação das latas de Coca-Cola. Todos esses acontecimentos aterrorizaram os consumidores, fazendo com que a campanha anti alimentos transgênicos ganhe mais adeptos.

Outro aspecto relevante é que toda campanha educativa das companhias detentora dessa tecnologia tem sido voltada especificamente para os produtores, os consumidores foram totalmente ignorados. A falta de esclarecimento da sociedade sobre as novas tecnologias têm levado as pessoas de uma forma globalizada a questionarem seus benefícios e recusarem os seu produtos. Por outro lado as informações disponíveis ao público são reforçadas por ideologias, muitas vezes sem nenhum embasamento científico e repletas de emoção. É comum encontrar na mídia expressões como “Cashing in on Hunger”, “Demon Seeds”, “Terminator Technology” e “Frankenstein Foods”. No Japão grande parte da inquietação pública com os alimentos transgênicos é atribuída a uma ausência efetiva de esclarecimentos sobre a tecnologia e seus possíveis riscos (Butler et al., 1999). Uma controvérsia particularmente acirrada sobre a tecnologia dos transgênicos tem sido conhecida como “Terminator Technology” (Service, 1998). Ela tem interferido substancialmente nos conceitos éticos, no qual ela prove um meio de impedir que as sementes das culturas possam ser utilizadas na semeadura da safra seguinte. Esta tecnologia poderá colocar os agricultores sobre extrema dependência das companhias. Esta tecnologia coloca a ética comercial e a ética humanitária em conflito direto. A elaboração por parte das empresas, de um plano efetivo de comunicação, para discutir com a sociedade o papel da biotecnologia moderna e suas relações com a segurança alimentar, preservação do meio ambiente e o agronegócio é fundamental para eliminar as barreiras impostas na utilização de plantas

geneticamente modificadas. Deve-se criar oportunidades para que as informações possam ser transmitidas com clareza e transparência, pois somente uma sociedade devidamente informada sobre os riscos e benefícios dessa tecnologia, poderá decidir se deseja ou não consumir alimentos geneticamente modificados.

Como historicamente comprovado os avanços da ciência geram reações iniciais contrárias, mas a biotecnologia moderna poderá ajudar na erradicação da fome da miséria e da desnutrição, embora a solução desses problemas depende em grande parte de decisões políticas. A biotecnologia poderá ser uma parceira nessa luta, através do desenvolvimento de plantas resistentes às doenças, a fatores abióticos adversos como a seca, salinidade, toxicidade de alumínio, mais eficiente no uso de nitrogênio e outros nutrientes e produtos com maior teor de proteínas, vitaminas e aminoácidos essenciais. A tecnologia do DNA recombinante poderá providenciar alguma solução para erradicação da miséria e da fome, mas decisões políticas também poderá afetar o uso da tecnologia e as pessoas que irão beneficiar-se delas.

Literatura citada

Arakawa, T.; Jie, Y.; Chong, D.K.X.; Hough, J.; Engen, P. C.; Langridge, W. H. R. A plant based cholera toxin B subunit insulin fusion protein protects against the development of autoimmune diabetes. *Nature Biotechnology* (16): 934 – 938, 1998.

Blechl, A. E.; Le, H. Q.; Anderson, O. D.; Muntz, K. Engineering changes in Wheat flour by genetic transformation. *Journal of Plant Physiology* (152): 703 – 707, 1998.

Burkhardt, P. K.; Beyer, P.; Wunn, J.; Klott, A.; Armstrong, G.; A.; Schledz, M.; Lintig, J. Von; Potrykus, I.. Transgenic rice (*Oryza sativa* L.) endosperm expressing daffodil (*narcissus pseudonarcissus*) phytoene synthase accumulates phytoene, a key intermediate of provitamin A

biosynthesis. *Plant Journal* (11): 1071 – 1078, 1997.

Butler, D. , Reichhardt, T.; Abbott, A .; Dickson, D.; Saegusa, A . Long term effect of GM crops serves up food for thought. *Nature* (398): 651 – 656, 1999.

Chong, D. K. X.; Roberts, W.; Arakawa, T.; illes, K.; Bagi, G.; Slattery, C. W; Langridge, W. H. R. Expression of the human milk protein beta casein in transgenic potato plants. *Transgenic Research* (6): 289 – 296, 1997.

Dale, P. J. ; Irwin, A.; Scheffler, J. A. The experimental and commercial release of transgenic crop plants. *Plant Breeding*, 111: 1-22, 1993.

Dehesh, K.; Jones, A .; Knutzon, D. S.; Voelker, T. A . Production of high levels of 8:0 and 10:0 fatty acids in transgenic canola by overexpression of ch FatB2, a thioesterase CDNA from *Cuphea hookeriana*. *Plant Journal* (9): 167 – 172, 1996.

Della Penna, D. Nutritional genomics: manipulating plant micronutrientes to improve human haealth . *Science* (285): 375 – 379, 1999.

Duvick, J.; Rood, T.; Maddox, J.; Gilliam, J. Molecular genetics of host especific toxins in plant disease. Proceedings of the 3 rd tottori Intenational Symposium Daisen, tottori, Japan, 24 – 29 August, 1997. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands. P. 369 – 381, 1998.

Galili, G. Regulation of lysine and threonine syntehesis. *Plant Cell* (7): 899 - 906, 1995.

Grierson, D.; & Schuch, W. Control of ripening. In: The production and uses of genetically transformed plants, Bevan, M. W and Harrison, B. D (editors). Chapman & hall Ltd. , London, UK P. 53 – 62, 1994.

Hahn, D. H.; Rooney, L. W.; Earp, C. F. Taninins and phenols of Sorghum. *Cereal Foods World* (29): 776-779, 1984.

Henry, R. J.; McKinnon, G.; Haak, I. A .; Brennan, P. S.. Improvement of cereal quality by genetic engineering. Proceedings of the Royal Australian Chemistry Institute, Cereal Chemistry Division Symposium on Improvement of Cereal Quality by Genetic Engineering, Sydney, Australia, 12 – 16 September 1993. Plenum publishing Corporation, New York, USA, p. 129 – 132, 1994

James, C. Global Review of Commercialized Transgenic Crops: 1998. ISAAA Briefs Nº 8. ISAAA: Itahaca, NY, 1998.

McMahon, J. M.; White, W. L. B.; Sayre, R. T.; Cyanogenesis in cassava (*manihot esculenta*) *Journal of Experimental Botany* (46): 731 – 741, 1995.

Mason, H. S.; & Arntzen, C. J. Transgenic plants as vaccine production systems. *Trends in Biotechnology* (13): 399 – 392, 1995.

Mazur, B.; Krebbers, E.; Tingey, S. Gene discovery and product development for grain quality traits. *Science* (285): 372 – 375, 1999.

Muntz, K.; Christov, V. Saalbach, G. Saalbach, I.; Waddel, D.; Pickardt, T.; Schieder, O.; Wustnhagen, T.; Genetic engineering for high methionine grain legumes. *Nahrung* (420): 125 – 127, 1998.

National Research Council, USA, Field Testing Genetically Modified Organisms: Framework for Decisions. National Academy Press, Washington DC, 1989.

Service, R. F. Seed-sterilizing "Terminator-Technology" sows discord. *Science* (282): 850-851, 1998.

Sindhu, A. S.; Zheng, A. W.; Murai, N.; Zheng, Z. W. The pea seed storage protein legumin was synthesized, processed, and accumulated stably in transgenic rice endosperm. *Plant Science Limerick* (130): 189 – 196, 1997.

Thompson, K. F. & Hughes, W. G. Breeding and varieties. In: D. H. Scarisbrick & Daniels R. W. (eds) *Oilseed Rape*. William Collins Sons Ltda. p. 32 - 82, 1986.

Watson, J. D. Tooze, J.; Kurtz, D. T. *Recombinant DNA: A Short Course*, NY, Scientific American Books, 1983.

