

**Biotecnologia agrícola:
Mitos, Riscos Ambientais e Alternativas**

Miguel A. Altieri

Universidade da Califórnia, Berkeley

EDIÇÃO ESPECIAL, PREPARADA PELA ASCAR-EMATER/RS.
Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. Junho de 2002.

Biotecnologia agrícola: Mitos, Riscos Ambientais e Alternativas

Miguel A. Altieri

Universidade da Califórnia, Berkeley

Publicação Original Financiada por:

Foundation for Deep Ecology e Fred Gellert Family Foundation (São Francisco)

© PED-CLADES / FOOD FIRST, Oakland, Califórnia.

AGRADECIMENTOS:

Agradecemos ao professor Miguel A. Altieri pela sua importante participação e contribuição ao processo de transição agroecológica que está sendo realizado no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Em particular, queremos registrar os agradecimentos da ASCAR-EMATER/RS, pela autorização para a tradução e edição deste livro como parte do programa de Formação Técnico-Social que estamos realizando na nossa entidade de Assistência Técnica e Extensão Rural.

TRADUÇÃO:

Este texto foi traduzido por Daiane Soares Caporal, Gibsy Lisiê Soares Caporal (ambas com Diploma Superior de Espanhol do Instituto Cervantes) e Francisco Roberto Caporal (Diretor Técnico da EMATER/RS), como colaboração ao Programa de Transição Agroecológica e Formação de Técnicos e Agricultores, que vêm sendo realizados pela EMATER/RS, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Agradecemos pela colaboração de Valdir Secchi na revisão do glossário.
Santa Maria, RS, Brasil, Maio de 2002. Email: caporal@emater.tche.br

SUMÁRIO

Introdução

Antecedentes

Capítulo I : A Biotecnologia, a Fome no Mundo e o Bem-estar dos Agricultores
Populações Famintas no meio da abundância
O caso do arroz dourado
A biotecnologia aumenta os rendimentos?
Qual é o custo para os Agricultores dos Estados Unidos?
A biotecnologia beneficiará os agricultores pobres?

Capítulos II : Culturas Geneticamente Modificadas e a saúde Humana
As culturas transgênicas são semelhantes às culturas melhoradas?
As culturas transgênicas se podem comer?

Capítulo III : Biotecnologia, Agricultura e Meio Ambiente
O impacto das culturas resistentes à herbicidas
Os herbicidas matam mais que as ervas daninhas
Criação de “super” ervas daninhas

Riscos Ambientais das Culturas Resistentes à insetos
Efeitos sobre outras espécies
Em direção a adoção do princípio da precaução

Capítulo IV : Existem Alternativas Mais Sustentáveis
O que é Agroecologia?
Histórias que tiveram êxito na América Latina
Agricultura orgânica
O que é necessário?

Glossário

Recursos

Bibliografia

Apresentação

A ASCAR-EMATER/RS tem a satisfação de trazer ao público gaúcho e brasileiro a tradução deste livro de Miguel Altieri, esperando que seu conteúdo contribua para o fortalecimento do processo de transição agroecológica que estamos levando a cabo no Rio Grande do Sul. Diante do grande debate que vem sendo realizado em nosso Estado e no Brasil, nos parece ser extremamente oportuna a presente publicação que, com a autoridade do professor da Universidade da Califórnia - Berkeley, vem chamar nossa atenção para alguns mitos da chamada “agricultura moderna” e alertar-nos quanto a evidentes riscos dos cultivos e alimentos transgênicos, além de propor o enfoque agroecológico como alternativa para a construção de estilos de agricultura sustentável e para a busca da tão necessária segurança e soberania alimentar.

A Extensão Rural do Rio Grande do Sul, desde janeiro de 1999, vem desenvolvendo um enorme esforço para impulsionar um processo de transição agroecológica em todos os municípios do estado e atribuímos parcela importante do sucesso que vem sendo alcançado ao Programa de Formação Técnico-Social que empreendemos desde o início da atual gestão. Acreditamos que o conhecimento, ao lado da educação e da consciência ambiental, é um instrumento indispensável para que possamos superar a agricultura baseada nos insumos químicos sintéticos e subordinada a poderosos setores agroindustriais, razão pela qual este livro será mais uma das inúmeras publicações que a ASCAR-EMATER/RS disponibiliza a seus técnicos e ao público em geral para auxiliar-nos na construção de conhecimentos novos, compatíveis com as exigências de proteção ambiental e de equidade social que marcam a nova lógica do desenvolvimento rural, neste início de século. Cabe destacar que a edição deste livro não é algo isolado. Ela só ocorre porque a ASCAR-EMATER/RS, optou por uma nova Missão, que determina que a ação extensionista deve destinar-se a apoiar processos de construção do desenvolvimento rural sustentável, com base nos princípios da Agroecologia. Uma opção feita de forma consciente a partir da certeza de que somente uma Extensão Rural Agroecológica poderia ser

contemporânea com a nossa época. Assim, quando o autor fala em conhecimento local e estratégias locais, está reforçando o que preconiza nossa Missão quanto à adoção de metodologias participativas, como parte do processo educativo, popular e democrático que preconizamos. E, como sabemos, este é o caminho mais adequado para a busca de estratégias sustentáveis de desenvolvimento das comunidades rurais e para assegurar melhores níveis de inclusão social, assim como melhor qualidade de vida para todos.

Saliente-se que a Agroecologia, como enfoque científico, tem um enorme potencial transformador como enfatiza Miguel Altieri neste livro. Entretanto, não devemos confundir a Agroecologia com estilos de agricultura. A Agroecologia é uma ciência ou disciplina científica, e precisa ser entendida como um campo de conhecimento de caráter multidisciplinar que apresenta uma série de princípios, conceitos e metodologias que nos permitem estudar, analisar e avaliar agroecossistemas, e que nos servem como ferramentas para desenhar sistemas agrícolas e agriculturas sustentáveis. Ela nos dá elementos e princípios para estabelecer processos produtivos agrícolas destinados não a maximizar a produção de uma atividade particular, mas a otimizar a produção de um dado agroecossistema como um todo. A Agroecologia nos orienta para a necessidade de uma maior ênfase no conhecimento, na análise e na interpretação das complexas relações existentes entre as pessoas, os cultivos, o solo, a água e os animais. Trata-se, pois, de uma orientação cujas contribuições vão além de aspectos meramente tecnológicos ou agrônômicos da produção, na medida em que incorporam dimensões mais amplas que incluem tanto variáveis econômicas, sociais e ambientais, como variáveis culturais, políticas e éticas da sustentabilidade.

Desejamos que os leitores desta publicação contribuam para que juntos possamos construir os estilos de agricultura e de desenvolvimento rural sustentável que necessitamos, para o bem desta e das futuras gerações.

Eng° Agr° Francisco Roberto Caporal
Diretor Técnico da EMATER/RS

1. Antecedentes

Até mais ou menos quatro décadas atrás, os rendimentos agrícolas nos Estados Unidos baseavam-se nos recursos internos, na reciclagem da matéria orgânica, nos mecanismos de controle biológico e nos padrões de chuva. Os rendimentos agrícolas eram modestos, mas estáveis. A produção estava salvaguardada porque no campo se cultivava mais de um produto ou variedade no tempo e no espaço, como um seguro contra a aparição de pragas ou a severidade climática. O nitrogênio do solo era reincorporado pela rotação das principais culturas com as leguminosas. As rotações de culturas destruíam insetos, inços e doenças, graças à ruptura efetiva dos ciclos de vida destas pragas. Um típico agricultor de milho semeava milho em rotação com outras diversas culturas, como a soja, e a produção de outros grãos era intrínseca para manter o gado na propriedade. A maior parte do trabalho era feita pela família, que era a dona da propriedade, com ajuda externa ocasional. Não se compravam equipamentos, nem se usavam insumos externos (Altieri, 1994; Audirac, 1997).

No mundo em desenvolvimento, os pequenos agricultores impulsionaram sistemas agrícolas ainda mais complexos e biodiversos, guiados pelo conhecimento indígena (camponês) que superou a prova do tempo (Thrupp, 1998). Neste tipo de sistemas, a conexão entre agricultura e ecologia era bastante forte e raramente se evidenciavam sinais de degradação ambiental.

Mas, conforme a modernização agrícola foi avançando, a conexão ecologia - sistema agrícola foi sendo destruída, já que os princípios ecológicos foram ignorados ou omitidos. O lucro, e não a necessidade do povo ou a preocupação pelo ambiente, determinou a produção agrícola. Os interesses dos agronegócios e as políticas dominantes favoreceram as grandes propriedades, a produção especializada, a monocultura e a mecanização.

Hoje, a monocultura cresceu de maneira drástica em todo o mundo, principalmente através da expansão geográfica anual das lavouras dedicadas a cultivos individuais. A monocultura implicou na simplificação da biodiversidade, dando, como resultado final, um ecossistema artificial que requer constante intervenção humana através do uso de insumos agroquímicos, os quais além de melhorar os rendimentos apenas temporariamente, dão como resultado elevados custos ambientais e sociais não desejados. Conscientes de tais impactos, muitos cientistas agrícolas chegaram ao consenso geral de que a agricultura moderna se enfrenta a uma severa crise ecológica (Conway e Pretty, 1991).

A perda anual de rendimentos devido a pragas em muitos cultivos (que, na maior parte dos casos, chega a 30 por cento), apesar do aumento substancial no uso de pesticidas (cerca de 500 milhões de Kg de ingrediente ativo, em todo o mundo), é um sintoma da crise ambiental que afeta a agricultura. As plantas cultivadas que crescem como monoculturas geneticamente homogêneas não possuem os mecanismos ecológicos de defesa necessários para tolerar o impacto das populações epidêmicas de pragas (Altieri, 1994).

Quando estes modelos agrícolas foram exportados aos países do Terceiro Mundo, através da chamada Revolução Verde, se agravaram ainda mais os problemas ambientais e sociais. A maior parte dos agricultores de escassos recursos, da América Latina, Ásia e África, ganhou muito pouco neste processo de desenvolvimento e transferência de tecnologia da Revolução Verde, porque as tecnologias propostas não foram neutras quanto à escala. Os agricultores com terras mais extensas e melhor conservadas ganharam mais, mas os agricultores com menores recursos e que vivem em ambientes marginais perderam com maior frequência e a disparidade dos ingressos foi acentuada (Conway, 1997).

A mudança tecnológica favoreceu principalmente a produção e/ou exportação de produtos comerciais produzidos, principalmente, pelo setor das grandes propriedades, com um impacto marginal na produtividade dos cultivos para a

segurança alimentar, majoritariamente em mãos do setor camponês (Pretty, 1995). Nas áreas onde se realizou uma mudança progressiva da agricultura de subsistência para uma agricultura de economia monetária, se tornou evidente uma grande quantidade de problemas ecológicos e sociais: perda da auto-suficiência alimentar, erosão genética, perda da biodiversidade e do conhecimento tradicional, e incremento da pobreza rural (Conroy et al, 1996).

Para manter estes sistemas agroexportadores, muitos países em desenvolvimento se converteram em importadores de insumos químicos e de máquinas agrícolas, aumentando assim os gastos governamentais e exacerbando a dependência tecnológica. Por exemplo, entre 1980 e 1984, a América Latina importou cerca de US\$ 430 milhões em pesticidas e uns 6,5 milhões de toneladas de fertilizantes químicos (Nicholls e Altieri, 1997). Este uso massivo de agroquímicos conduziu a uma enorme crise ambiental e de proporções sociais e econômicas imensuráveis.

É irônico o fato de que os mesmos interesses econômicos que promoveram a primeira onda de agricultura baseada em agroquímicos estão agora comemorando e promovendo a emergência da biotecnologia como a mais recente varinha mágica. A biotecnologia, dizem, revolucionará a agricultura com produtos baseados nos métodos próprios da natureza, conseguindo uma agricultura mais amigável com o ambiente e mais lucrativa para os agricultores, assim como mais saudável e nutritiva para os consumidores (Hobbelink ,1991).

A luta global por conquistar o mercado está conduzindo as grandes corporações a produzir plantas desenvolvidas com engenharia genética (cultivos transgênicos) em todo o mundo (mais de 40 milhões de hectares em 1999) sem as apropriadas provas prévias de impacto sobre a saúde humana e os ecossistemas, a curto e longo prazo. Esta expansão recebeu o apoio de acordos de comercialização e distribuição realizados por corporações e marketeiros (por exemplo, Ciba Seeds com Growmark e Mycogen Plant Sciences com Cargill) devido à falta de regulamentação em muitos países em desenvolvimento.

Nos Estados Unidos, as políticas do Food and Drug Organization (FDA) e da Environmental Protection Agency (EPA) consideram os cultivos modificados geneticamente “substancialmente equivalentes” aos cultivos convencionais. Estas políticas foram desenvolvidas no contexto de um marco regulador inadequado e, em alguns casos, inexistente.

As corporações de agroquímicos, as quais controlam cada vez mais a orientação e as metas da inovação agrícola, defendem que a engenharia genética melhorará a sustentabilidade da agricultura ao resolver os muitos problemas que afetam a agricultura convencional e livrará o Terceiro Mundo da baixa produtividade, da pobreza e da fome.

Comparando mito e realidade, o objetivo deste livro é questionar as falsas promessas feitas pela indústria da engenharia genética. Eles prometeram que os cultivos produzidos por engenharia genética impulsionarão a agricultura para longe da dependência de insumos químicos, aumentarão a produtividade, diminuirão os custos de insumos e ajudarão a reduzir os problemas ambientais (Office of Technology Assessment, 1992). Ao questionar os mitos da biotecnologia, neste livro se mostra a engenharia genética como o que ela realmente é: outra trama tecnológica ou outra “varinha mágica” destinada a burlar os problemas ambientais da agricultura (que são o produto de uma trama tecnológica anterior) sem questionar as suposições defeituosas que ocasionaram os problemas pela primeira vez (Hindmarsh, 1991). A biotecnologia promove soluções baseadas no uso de genes individuais para os problemas derivados de sistemas de monocultura ecologicamente instáveis, desenhados sobre modelos industriais de eficiência. Tal enfoque unilateral e reducionista já provou que não é ecologicamente sólido no caso dos pesticidas, enfoque que também adotou um modelo semelhante usando o paradigma “uma praga – um químico”, comparável à proposta “uma praga – um gene” promovida pela biotecnologia (Pimentel et al, 1992).

A agricultura industrial moderna, hoje convertida em epítome pela biotecnologia, se baseia em uma premissa filosófica que é fundamentalmente errônea e que necessita ser exposta e criticada, para que dê lugar a uma agricultura verdadeiramente sustentável. Isto é particularmente relevante no caso da biotecnologia, onde a aliança da ciência reducionista com a indústria multinacional monopolizadora levou a agricultura para um caminho equivocado. A biotecnologia percebe os problemas agrícolas como deficiências genéticas dos organismos e trata a natureza como uma mercadoria e, além disso, torna os agricultores mais dependentes de um setor dos agronegócios que concentra cada vez mais seu poder sobre o sistema agroalimentar.

CAPÍTULO I: A biotecnologia, a fome no mundo e o bem-estar dos agricultores

1. Populações famintas no meio da abundância

As empresas de biotecnologia defendem que os organismos geneticamente modificados (GMO's em inglês) - especificamente as sementes geneticamente modificadas – são descobertas científicas necessárias para alimentar o mundo e reduzir a pobreza nos países em desenvolvimento. A maioria das organizações internacionais encarregadas da política e da pesquisa para o melhoramento da segurança alimentar no mundo em desenvolvimento fazem eco a este ponto de vista. Este argumento tem como base duas suposições críticas: que a fome se deve a uma brecha entre a produção de alimentos e a densidade da população humana ou a taxa de crescimento; e que a engenharia genética é a única ou a melhor forma de incrementar a produção agrícola e, portanto, cobrir as futuras necessidades de alimento.

Como ponto inicial para esclarecer estas falsas concepções, é necessário entender que não há uma relação direta entre a presença da fome em um

determinado país e a sua população. Para cada nação faminta e densamente povoada, como Bangladesh ou Haiti, existe um país escassamente povoado e faminto como o Brasil ou a Indonésia. O mundo, hoje, produz mais alimentos por habitante do que nunca. Há suficiente alimento disponível para prover **4,3 libras** por pessoa por dia: **2,5 libras** de grãos, feijões e nozes; ao redor de **uma libra** de carne, leite e ovos e outra de frutas e verduras (Lappe et al, 1998).

Em 1999, se produziu suficiente quantidade de grãos no mundo para alimentar uma população de oito bilhões de pessoas (seis bilhões habitavam o planeta em 2000), se estes grãos fossem distribuídos eqüitativamente ou não fossem dados como alimento aos animais. **Sete** de cada **dez libras** de grãos são usadas para alimentar animais nos Estados Unidos. Países como Brasil, Paraguai, Tailândia e Indonésia dedicam milhares de hectares de terras agrícolas para a produção de soja e mandioca para exportar para a Europa como alimento para o gado. Se fosse canalizado um terço dos grãos produzidos no mundo para a população faminta e necessitada, a fome acabaria instantaneamente (Lappe et al, 1998).

A fome também foi criada pela globalização, especialmente quando os países em desenvolvimento adotam as políticas de livre comércio recomendadas pelas agências internacionais (reduzindo as taxas e permitindo o fluxo dos produtos dos países industrializados). A experiência do Haiti, um dos países mais pobres do mundo, é ilustrativa. Em 1986, o Haiti importou só 7.000 toneladas de arroz porque a maior parte da necessidade para o consumo se produzia na ilha. Quando abriu sua economia ao mundo, os Estados Unidos, onde a indústria do arroz é subsidiada, inundou o Haiti de arroz barato. Em 1996, o Haiti importou 196.000 toneladas de arroz ao custo de US\$ 100 milhões anuais. A produção de arroz haitiano se tornou insignificante quando se concretizou a dependência do arroz vindo do exterior. E a fome cresceu (Aristide, 2000).

As causas reais da fome são a pobreza, a desigualdade e a falta de acesso aos alimentos e à terra. Demasiada gente é muito pobre (ao redor de dois bilhões

sobrevivem com menos de um dólar por dia) para comprar os alimentos disponíveis (freqüentemente com uma má distribuição) ou carecem de terras e dos recursos para cultivá-la (Lappe et al, 1998). Porque a verdadeira raiz da fome é a desigualdade, qualquer método desenhado para reforçar a produção de alimentos, mas que agrave esta desigualdade, fracassará em reduzir a fome. Ao contrário, apenas as tecnologias que tenham efeitos positivos na distribuição da riqueza, do ingresso e dos ativos, que estejam a favor dos pobres, poderão, na realidade, reduzir a fome. Afortunadamente tais tecnologias existem e podem agrupar-se sob a disciplina da Agroecologia, cujo potencial é amplamente demonstrado e analisado mais profundamente ao longo deste livro (Altieri et al, 1998; Uphoff e Altieri, 1999).

Se fosse atacada a desigualdade por meio de reformas agrárias poderia ser mantida a promessa de um aumento de produtividade que superaria o potencial da biotecnologia agrícola. Assim, enquanto os defensores da indústria fazem uma promessa de 15, 20 e até 30 por cento de aumento dos rendimentos através da biotecnologia, os pequenos agricultores, em nível mundial, produzem hoje, de 200 a 1.000 por cento a mais por unidade de área que as grandes propriedades (Rosset, 1999). Isto prova que uma estratégia clara para aproveitar a vantagem da maior produtividade das pequenas propriedades é impulsionar reformas agrárias que reduzam as grandes propriedades ineficientes e improdutivas a um tamanho pequeno ótimo, e assim proporcionar as bases para o crescimento da produção em propriedades de pequenos agricultores, aumentos diante dos quais ficaria empalidecida a publicitada promessa produtiva da biotecnologia.

É importante entender que a maior parte das inovações na biotecnologia agrícola se orienta mais para o lucro das empresas do que para as necessidades da população. O verdadeiro motor da indústria da engenharia genética não é fazer a agricultura mais produtiva mas sim gerar maiores ingressos (Bush et al, 1990). Isto se ilustra revisando as principais tecnologias do mercado de hoje: (1) culturas resistentes aos herbicidas, tais como a Soja Roundup Ready da Monsanto,

sementes que são tolerantes ao herbicida Roundup da Monsanto, e (2) os cultivos Bt (*Bacillus thuringiensis*) que foram desenvolvidos pela engenharia genética para produzir seu próprio inseticida. No primeiro caso, a meta é ganhar mais participação de mercado dos herbicidas para um produto exclusivo e, no segundo caso, se deseja aumentar as vendas de sementes ainda que danificando a utilidade de um produto chave para o manejo de pragas (o inseticida microbiano à base de Bt) no qual confiam muitos agricultores, incluindo a maioria de agricultores de cultivos orgânicos, como uma poderosa alternativa aos inseticidas químicos.

Estas tecnologias respondem à necessidade das empresas de biotecnologia de intensificar a dependência dos agricultores às sementes protegidas pela chamada “propriedade intelectual” que entra diretamente em conflito com os antigos direitos dos agricultores de reproduzir, compartilhar ou armazenar suas próprias sementes (Fowler e Mooney, 1990). Nesta lógica, sempre que podem, as corporações obrigam os agricultores a comprar uma marca de insumo de sua empresa e os proíbem de guardar ou de vender as sementes. Se os agricultores dos Estados Unidos adotam a soja transgênica, devem assinar um acordo com a Monsanto. Se plantam soja transgênica no ano seguinte, usando semente própria, a multa é de uns **\$3,000 por acre**, dependendo da área. Esta multa pode custar ao agricultor, a sua propriedade, a sua casa. Controlando o germoplasma desde a produção das sementes até a sua venda, e obrigando os agricultores a pagar preços elevados por pacotes de sementes-químicos, as empresas estão decididas a extrair o máximo benefício do seu investimento (Krimsky e Wrubel , 1996).

2. O caso do arroz dourado

Os cientistas que apóiam a biotecnologia e estão em desacordo com a afirmação de que a maior parte da pesquisa em biotecnologia está baseada no lucro mais do que na necessidade, usam como parte da sua retórica humanitária, o

recentemente desenvolvido, mas ainda não comercializado, arroz dourado. Este arroz experimental é rico em beta caroteno, o precursor da vitamina A, que é um elemento nutritivo importante para milhões de crianças, especialmente na Ásia, que sofrem de deficiência de Vitamina A, o que pode conduzir à cegueira.

Quem criou o arroz dourado diz que esta nova cultura foi desenvolvida com fundos públicos e que uma vez que se demonstre sua viabilidade em campos de cultivo, será distribuído gratuitamente entre os pobres. A idéia de que um arroz geneticamente alterado é a forma apropriada de tratar a condição de dois milhões de crianças em risco de cegueira – induzida pela deficiência de Vitamina A - revela uma tremenda ingenuidade sobre as causas reais da mal-nutrição por falta de vitaminas e micronutrientes. Se nos remetemos aos padrões de desenvolvimento e nutrição humanos, rapidamente nos damos conta de que a deficiência de vitamina A não está caracterizada como um problema, se não como um sintoma, um sinal de alerta. Nos alerta sobre maiores deficiências associadas tanto com a pobreza como com a mudança ocorridas na agricultura, que passou de sistemas agrícolas diversificados para as monoculturas promovidas pela Revolução Verde.

As pessoas não apresentam deficiência de vitamina A porque o arroz contenha muito pouca vitamina A, ou beta caroteno, mas porque sua dieta se reduz somente ao arroz e a quase nada mais, e sofrem de outras doenças nutricionais que não podem ser tratadas com beta caroteno, mas que poderiam ser tratadas, junto com a deficiência de vitamina A, com uma dieta mais variada. O arroz dourado, portanto, deve ser considerado como uma tentativa unidirecional de reparar um problema criado pela Revolução Verde: o problema da diminuição da variedade de cultivos e da diversificação da dieta.

Esta solução através da “varinha mágica”, que coloca beta caroteno no arroz – com um potencial dano ecológico e à saúde -, ao mesmo tempo em que deixa intacta a pobreza, as dietas pobres e a monocultura extensiva, não pode trazer nenhuma contribuição duradoura ao bem-estar das populações. Usando a frase

de Vandana Shiva, “um enfoque desta natureza revela cegueira ante as soluções simples disponíveis para combater a cegueira induzida pela deficiência de vitamina A, que inclui muitas plantas, que quando são introduzidas (ou reintroduzidas) na dieta proporcionam o beta caroteno e outras vitaminas e micronutrientes”.

Ainda que os vegetais silvestres tenham sido considerados periféricos nos lares camponeses, sua extração como se pratica atualmente em muitas comunidades rurais constitui um aditivo significativo para a nutrição e subsistência das famílias camponesas. Dentro e fora da periferia das lavouras de arroz, há muitos vegetais de folha verde, silvestres e cultivados, ricos em vitaminas e nutrientes, muitos dos quais são eliminados quando os agricultores adotam a monocultura e os herbicidas a ela associados (Greenland, 1997).

Os biotecnólogos em arroz não entendem as profundas tradições culturais populares que determinam as preferências por alimentos entre a população asiática, especialmente o significado social e inclusive religioso do arroz branco. É altamente improvável que o arroz dourado substitua o arroz branco que por milênios jogou variados papéis em aspectos nutricionais, culinários e cerimoniais naquela cultura. Não cabe dúvida de que o arroz dourado sacudirá as tradições associadas com o arroz branco da mesma forma que ocorreria com batatas fritas verdes ou azuis na preferência do povo dos Estados Unidos.

Mas inclusive se o arroz dourado viesse a ingressar nos pratos dos pobres da Ásia, não haveria uma garantia de que isso beneficiaria as pessoas pobres que não comem alimentos ricos em gorduras ou azeites. O beta caroteno é solúvel em gorduras e sua ingestão pelo intestino depende da graxa ou azeite utilizados na dieta. Ainda mais, as pessoas que sofrem de desnutrição protéica e carecem de dietas ricas em graxas não podem armazenar bem a vitamina A no fígado nem podem transporta-la aos diferentes tecidos corporais aonde é requerida. Devido à baixa concentração de beta caroteno no arroz “milagroso”, as pessoas teriam que

comer mais de um kg de arroz diário para obter a ração diária recomendada de vitamina A.

2. A biotecnologia aumenta os rendimentos ?

Um importante argumento proposto pelos biotecnólogos é que as plantas transgênicas aumentarão significativamente o rendimento dos cultivos. Estas expectativas foram examinadas no relatório do Serviço de Pesquisa Econômica (Economic Research Service, ERS, 1999), do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a partir de dados coletados em 1997 e 1998, para 112 e 18 combinações região/cultura dos Estados Unidos. As culturas observadas foram o milho Bt e o algodão, assim como o milho, algodão e soja tolerantes a herbicidas (HT), e sua contraparte de culturas convencionais.

Em 1997, os rendimentos não mostraram diferenças significativas entre as culturas com e sem engenharia genética em 7 das 12 combinações cultura/região. Quatro das 12 regiões mostraram incrementos significativos (13 a 21 por cento) no rendimento das plantas com engenharia genética (soja tolerante em três regiões e algodão Bt em uma região). O algodão tolerante a herbicidas em uma região mostrou uma redução significativa no rendimento (12 por cento), quando comparado com sua contraparte convencional.

Em 1998, os rendimentos não tiveram diferenças significativas entre culturas com e sem engenharia genética em 12 de 18 combinações cultura/região. Cinco combinações (milho Bt em duas regiões, milho HT em uma região, algodão Bt em duas regiões) mostraram aumentos significativos no rendimento (5 a 30 por cento) das plantas com engenharia genética, mas apenas sob alta pressão da broca europeia do milho, cujo ataque é esporádico. De fato, muitos entomologistas pensam que a maioria dos agricultores não se beneficiarão das tecnologias Bt em níveis médios de infestação da broca, dado que níveis populacionais negativos

desta praga se dão esporadicamente - uma vez cada 4 a 8 anos. O algodão tolerante a herbicidas (tolerante ao glifosato ou Roundup) foi a única cultura com engenharia genética que não mostrou aumentos significativos no rendimento em nenhuma das regiões onde foi testado.

Em 1999, pesquisadores do Instituto de Agricultura e Recursos Naturais da Universidade de Nebraska plantaram cinco diferentes variedades de soja da Monsanto, junto com seus parentes convencionais mais próximos e as variedades tradicionais de mais alto rendimento, em quatro localidades do Estado, usando áreas sem irrigação e campos irrigados. Em média, os pesquisadores encontraram que as variedades tratadas pela engenharia genética – ainda que mais caras – produziam seis por cento menos que seus parentes próximos sem engenharia genética e 11 por cento menos que as culturas convencionais de maior rendimento. Do mesmo modo, informes da Argentina mostram os mesmos resultados de ausência de um melhor rendimento da soja HT, a qual universalmente parece mostrar problemas de rendimento.

As perdas no rendimento se ampliam em culturas como o milho Bt onde se requer que os agricultores deixem 20 por cento da sua terra como refúgios de milho não transgênico. Se espera que parcelas alternadas de milho transgênico e não transgênico retardem a evolução da resistência às pragas ao prover refúgios aos insetos suscetíveis a fim de que possam ser cruzados com insetos resistentes. As culturas no refúgio possivelmente sofram forte dano e, deste modo, os agricultores terão perdas no rendimento. Um refúgio totalmente livre de pesticida deve ter de 20 a 30 por cento do tamanho de uma parcela submetida à engenharia genética, mas se são usados inseticidas, então o refúgio deve ter ao redor de 40 por cento do tamanho da parcela biotecnológica porque pulverizar com inseticidas incrementa o desenvolvimento da resistência ao Bt (Mellon e Rissler, 1999).

Se, ao contrário, se dedicasse 30 por cento das áreas cultiváveis para plantar soja sob um desenho de cultivos em franjas com milho (como muitos agricultores

alternativos fazem no meio oeste), se obteriam rendimentos de mais de 10% do que com as monoculturas comparativas de milho e soja, ao mesmo tempo que se introduziriam potenciais para a rotação interna no campo onde os cordões em contorno minimizam a erosão nas ladeiras (Ghaffarzadeh et al, 1999) Ainda mais, a broca europeia do milho seria minimizada porque as populações desta praga tendem a ser menores nos sistemas de cultivos mistos e rotativos (Andow, 1991).

No caso do algodão, não há uma necessidade demonstrada de introduzir a toxina Bt na cultura já que a maior parte dos Lepidópteros (borboletas e mariposas) que atacam esta cultura são pragas secundárias induzidas pelos pesticidas. A melhor forma de enfrenta-las não é aplicando inseticidas, mas usando o controle biológico ou técnicas culturais como a rotação ou os cultivos alternados com alfafa. No sudeste, a praga chave é o gorgulho (boll weevil), imune à toxina Bt.

2. Qual o custo para os agricultores dos Estados Unidos ?

Para avaliar a economia de uma propriedade e o impacto das culturas transgênicas nas fazendas dos Estados Unidos, é bom examinar a realidade que enfrentam os agricultores de Iowa, os quais vivem no coração das terras do milho e da soja transgênicos. Ainda que as ervas daninhas sejam uma preocupação, o problema real que eles enfrentam é a queda dos preços de seus produtos devido à superprodução a longo prazo. De 1990 a 1998, o preço médio de uma tonelada métrica de soja diminuiu em 62 por cento e os retornos dos custos caíram de U\$532 para U\$182 por hectare, uma queda de 66 por cento. Frente à queda dos retornos por hectare os agricultores não têm escolha exceto “tornarem-se maiores ou abandonarem as suas terras”. Os agricultores só poderão se manter no negócio se aumentarem a área de cultivo para compensar a queda nos lucros por unidade de área. Qualquer tecnologia que facilite o crescimento será “adotada”, inclusive se os lucros de curto prazo são consumidos pelos preços que continuam caindo na medida em que se expande o modelo agrícola industrial.

Para estes agricultores de Iowa a redução dos retornos por unidade de área de cultivo reforçou a importância dos herbicidas dentro do processo produtivo porque eles reduzem o tempo que dedicam à cultura mecanizada e permitem a um determinado agricultor semear maior área. Uma pesquisa levada a cabo entre os agricultores de Iowa indicou que o uso de glifosato com variedades de soja resistentes ao glifosato reduziu os custos de controle de ervas daninhas em cerca de 30 por cento comparado com o manejo convencional de ervas daninhas para as variedades não transgênicas. Porém, os rendimentos da soja resistente ao glifosato foram menores em quatro por cento e os retornos líquidos por unidade de área foram quase idênticos na soja resistente e na convencional (Duffy, 1999).

Desde o ponto de vista da conveniência e da redução de custos, o uso de herbicidas de amplo espectro em combinação com variedades resistentes aos herbicidas atrai os agricultores. Tais temas combinam muito bem com as operações em grande escala, o plantio direto e os sub-contratos para a aplicação de químicos. Porém, desde o ponto de vista dos preços, qualquer flutuação no preço das variedades transgênicas no mercado aumentarão o impacto dos atuais preços baixos. Tendo em consideração que as exportações americanas de soja para a União Européia caíram de onze milhões de toneladas para seis milhões em 1999 devido rechaço dos consumidores europeus aos organismos geneticamente modificados (OGMs), é fácil prever um desastre para os agricultores que dependem das culturas transgênicas. As soluções duradouras ao dilema que enfrentam os agricultores de Iowa não virão das culturas tolerantes aos herbicidas, mas sim de uma reestruturação geral da agricultura de meio oeste (Brummer, 1998).

A integração das indústrias de sementes e químicos pode acelerar o aumento dos gastos por hectare de pacotes de “sementes mais químicos”, trazendo retornos significativamente mais baixos para os agricultores. As empresas que desenvolvem culturas tolerantes a herbicidas estão tratando de desviar o maior custo possível por hectare dos herbicidas para as sementes via custos mais

elevados das semente. Em Illinois, a adoção de culturas resistentes a herbicidas converteu o sistema de semente-manejo de ervas daninhas da soja no mais caro da história moderna (entre \$40 e \$69 por acre, dependendo das taxas, a pressão das ervas daninhas, etc.) Três anos antes, a média de custos da semente-mais-controle de ervas daninhas era de \$26 por acre e representava 23% dos custos variáveis. Hoje representa 35 a 40% (Carpenter & Gianessi, 1999). Muitos agricultores estão desejando pagar pela simplicidade e efetividade deste novo sistema de manejo de ervas daninhas, mas tais vantagens podem ter vida curta assim que se apresentem os primeiros problemas ecológicos.

No caso das culturas Bt, a informação demonstra que o uso de inseticidas baixou, especialmente no algodão. A maioria dos estudos sugerem que diminuiu o número de aplicações por hectare/ano, resultando numa redução no uso total nos Estados Unidos da ordem de 450.000 Kg de ingrediente ativo (i.a.), mas isso representa apenas uma redução de 0,18 Kg i.a. por hectare, ou 9% de redução da média de 2,01 Kg i.a. por hectare. Para o milho Bt, a redução por hectare equivale a 0,04 a 0,08 Kg de i.a. por hectare, uma economia mínima comparada com reduções de 50% obtidas com o manejo integrado e de 100% com a agricultura orgânica.

Mas, como se destacou anteriormente, o custo final que os agricultores pagam é a sua crescente dependência dos insumos biotecnológicos protegidos por um rígido sistema de direitos de prioridade intelectual, que legalmente inibe o direito dos agricultores de reproduzir, compartilhar e armazenar sementes (Busch et al, 1990). Os agricultores que exercem este direito mas ao mesmo tempo rompem o contrato assinado com uma empresa podem perder suas fazendas já que o contrato estipula que devem pagar **U\$ 3 mil dólares por acre** por infringir o acordo. Para um agricultor com mais de **100 acres** o custo é desastroso.

2. A biotecnologia beneficiará os agricultores pobres ?

Muitas das inovações da biotecnologia hoje disponíveis deixam de lado os agricultores pobres, já que estes agricultores não podem pagar pelas sementes protegidas por patentes, propriedade das empresas biotecnológicas. A extensão da tecnologia moderna aos agricultores de escassos recursos foi historicamente limitada por consideráveis obstáculos ambientais. Se estima que 850 milhões de pessoas moram em terras ameaçadas pela desertificação. Outros 500 milhões moram em terrenos muito abruptos para serem cultivados. Devido a estas e outras limitações, ao redor de dois milhões de pessoas sequer foram alcançadas pela ciência agrícola moderna. A maior parte da pobreza rural se desenvolve na faixa latitudinal entre os Trópicos de Câncer e Capricórnio, a região mais vulnerável aos efeitos do aquecimento global. Em tais ambientes, uma grande quantidade de tecnologias baratas e localmente acessíveis estão disponíveis para melhorar e não limitar as opções dos agricultores, uma tendência que é inibida pela biotecnologia controlada pelas multinacionais.

Os pesquisadores da biotecnologia pensam solucionar os problemas associados com a produção de alimentos nestas áreas marginais desenvolvendo culturas GM com características que os pequenos agricultores consideram desejáveis, tais como maior competitividade diante das ervas daninhas e tolerância à seca. Porém, estes novos atributos não são necessariamente uma panacéia. Características como a tolerância à seca são poligênicas (determinadas pela interação de genes múltiplos). Em conseqüência, o desenvolvimento de culturas com tais características é um processo que levaria pelo menos 10 anos. Ademais, quando se trabalha com genes múltiplos para criar uma determinada característica, é inevitável sacrificar outras características como a produtividade. Como resultado, o uso de uma planta tolerante à seca aumentaria os rendimentos de uma cultura apenas em 30 a 40 por cento. Qualquer rendimento adicional deverá originar-se do melhoramento das práticas ambientais (como o manejo da água ou o melhoramento da matéria orgânica do solo para melhorar a retenção de

umidade) mais do que da manipulação genética de características específicas (Persley e Lantin, 2000).

Mesmo que a biotecnologia pudesse contribuir para aumentar a colheita uma cultura, isso não significaria que a pobreza viesse a diminuir. Muitos agricultores pobres nos países em desenvolvimento não têm acesso ao dinheiro, ao crédito, à assistência técnica ou ao mercado. A chamada Revolução Verde dos anos 50 e 60 ignorou estes agricultores porque a sementeira dos novos cultivos de alto rendimento e sua manutenção através de pesticidas e fertilizantes era muito cara para os camponeses pobres. Os dados, tanto da Ásia como da América Latina, demonstram que os agricultores ricos com terras mais extensas e melhor manejadas obtiveram melhores resultados com a Revolução Verde, enquanto que os agricultores com menores recursos, no geral, ganharam muito pouco (Lappe et al, 1998). A nova “Revolução Genética” só poderia terminar repetindo os erros de sua percussora.

As sementes geneticamente modificadas estão sob controle corporativo e sob a proteção de patentes e, como consequência, são muito caras. Já que a maior parte das Nações em desenvolvimento ainda carecem de infraestrutura institucional e de créditos com juros baixos, elementos necessários para levar estas sementes aos agricultores pobres, a biotecnologia só exacerbará a marginalização.

Os agricultores pobres não têm espaço no nicho do mercado das empresas privadas, cujo enfoque está dirigido para as inovações biotecnológicas e para os setores agrícola-comerciais dos países industrializados e desenvolvidos, onde tais empresas podem esperar grandes retornos a sua inversão em pesquisa. O setor privado, freqüentemente, ignora culturas importantes como a mandioca, que é um alimento fundamental para 500 milhões de pessoas no mundo. Os poucos agricultores empobrecidos que terão acesso à biotecnologia se tornarão perigosamente dependentes das compras anuais de sementes geneticamente

modificadas. Estes agricultores terão que se sujeitar aos onerosos acordos de propriedade intelectual e não poderão semear sementes obtidas de uma colheita das plantas produto da bioengenharia. Tais condições constituem uma afronta para os agricultores tradicionais, os quais por séculos guardaram e compartilharam sementes como parte de um legado cultural (Kloppenbug, 1998). Alguns cientistas e formuladores de políticas sugerem que as grandes inversões através de associações público-privadas podem ajudar aos países em desenvolvimento a adquirir a capacidade científica e institucional para delinear a biotecnologia de maneira que se adapte às necessidades e circunstâncias dos pequenos agricultores. Mas, uma vez mais, os direitos corporativos de propriedade intelectual sobre os genes e a tecnologia de clonagem de genes arruinariam tais planos. Por exemplo, a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) deve negociar licenças com nove diferentes empresas antes de poder lançar um mamão (papaia) resistente ao vírus, desenvolvido com pesquisadores da Universidade de Cornell (Persley e Lantin, 2000).

CAPÍTULO II: Os organismos geneticamente modificados e a saúde humana

1. As culturas transgênicas são semelhantes às tradicionais ?

As agências governamentais que regulam as culturas obtidas pela biotecnologia as consideram “substancialmente equivalentes” às culturas convencionais. Esta conjectura é inexata e carece de base científica. As evidências demonstram que a transferência genética usando técnicas do DNAr é substancialmente diferente dos processos que governam a transferência de genes no melhoramento tradicional. Neste esforço, os melhoristas de plantas desenvolvem novas variedades através do processo de seleção e procuram a expressão do material genético que já está presente dentro de uma espécie. O cruzamento convencional implica no movimento de grupos de genes ligados funcionalmente, principalmente entre cromossomos similares, e inclui os promotores relevantes, seqüências

reguladoras e genes associados implicados na expressão coordenada da característica de interesse da planta.

A engenharia genética trabalha principalmente através da inserção de material genético, geralmente de fontes sem procedência, ou seja, de material genético procedente de espécies, famílias e inclusive reinos que anteriormente não podiam ser fontes de material genético para uma espécie em particular. O processo envolve o uso de uma “pistola insere genes” (gene gun) e um “gen promotor” de um vírus e um marcador como parte do pacote ou construção que se insira na célula da planta hospedeira. As atuais tecnologias do DNAr consistem na inserção ao azar de genes na ausência de seqüências normais do promotor e os genes reguladores associados. Como há poucos exemplos de caracteres de plantas nas quais foram identificados os genes reguladores associados, atualmente não é possível introduzir um gene totalmente “funcional” usando as técnicas de DNAr. Estas técnicas também envolvem a inserção simultânea de promotores virais e marcadores seletivos que facilitam a introdução de genes de espécies não compatíveis. Estas transformações genéticas não acontecem quando se usam os métodos tradicionais, o que explica amplamente a forma tão abismal em que estes processos se diferem (Hansen, 1999).

Em resumo, o processo da engenharia genética difere claramente do melhoramento convencional já que o último se baseia sobretudo na seleção através de processos naturais de reprodução sexual ou assexual entre uma espécie ou dentro de gêneros estreitamente relacionados. A engenharia genética usa um processo de inserção de material genético, via um “gene gun” (pistola) ou um transportador bacteriano especial, coisa que não ocorre na natureza. Os biotecnólogos podem inserir material genético em uma espécie a partir de qualquer forma vivente, criando assim organismos novos com os quais não se tem experiência evolutiva.

3. Não há risco no consumo dos alimentos transgênicos ?

O prematuro lançamento comercial dos cultivos transgênicos, devido à pressão comercial e às políticas da FDA e da EPA, que consideram os cultivos geneticamente modificados “substancialmente equivalentes” às culturas convencionais, ocorreu no contexto de um marco regulador aparentemente inadequado, não transparente e, em alguns casos, inexistente. De fato, a aprovação do lançamento comercial dos cultivos transgênicos se baseia na informação científica proporcionada voluntariamente pelas empresas que os produzem.

Se estima que cerca de 50 por cento dos alimentos preparados a base de milho e soja nos Estados Unidos provém do milho e grãos de soja geneticamente modificados. A maior parte dos consumidores desconhece este fato e não tem possibilidade de determinar se um alimento é transgênico, já que não são identificados com etiquetas que o digam. Dado que nenhum cientista pode assegurar que tais alimentos estão completamente livres de riscos, se pode considerar que a maioria da população dos Estados Unidos está sendo sujeita a um experimento de alimentação em grande escala. Os consumidores da União Européia (UE) recusaram os alimentos geneticamente modificados (Lappe e Bailey, 1998).

Devido aos métodos não usuais de produzir culturas GM, alguns temem que as variantes genéticas produzidas possam introduzir substâncias estranhas no fornecimento de alimentos com inesperados efeitos negativos sobre a saúde humana. Uma preocupação importante é que alguma proteína codificada por um gene introduzido possa ser um alergênico e causar reações alérgicas nas populações expostas (Burks e Fuchs, 1995).

A biotecnologia é empregada para introduzir genes em diversas plantas que são fontes de alimentos ou componentes de vários alimentos. Os caracteres que são

introduzidos incluem resistência a vírus e a insetos, tolerância aos herbicidas e mudanças na sua composição e no seu conteúdo nutricional. Dada a diversidade de caracteres, é fácil prever o potencial alergênico das proteínas introduzidas nos alimentos procedentes de fontes sem registro de possuir alergênicos, ou que apresentam seqüências de aminoácidos semelhantes às de alergênicos conhecidos presentes em proteínas de **mani**, amêndoas, leite, ovos, soja, mariscos, peixe e trigo.

Existe uma pequena mas real possibilidade de que a engenharia genética possa transferir proteínas novas e não identificadas nos alimentos, provocando assim reações alérgicas em milhões de consumidores sensíveis aos alergênicos, mas sem que haja possibilidade de identificá-los ou de se auto-proteger de tais alimentos danosos.

Outra preocupação está associada com o fato de que em quase todos os cultivos geneticamente modificados se incorporam genes de resistência aos antibióticos como marcadores, para identificar que uma planta foi modificada com êxito. É de se esperar que estes genes e seus produtos enzimáticos, que causam a inativação dos antibióticos, estejam presentes nos alimentos modificados e sejam incorporados por bactérias presentes no estômago humano. Isto enseja importantes perguntas sobre as conseqüências para a saúde humana, particularmente se comprometem a imunidade (Ticciati e Ticciati, 1998).

A manipulação com engenharia genética pode eliminar ou inativar substâncias nutritivas valiosas presentes nos alimentos. Pesquisas recentes demonstram que a soja modificada resistente aos herbicidas tem menores níveis de isoflavonas (de 12 a 14 por cento), fito-estrogêneos chaves (principalmente genistina) que estão presentes de forma natural na soja e que constituem um potencial protetor contra algumas formas de câncer na mulher (Lappe et al, 1998).

Não há cientista que possa negar a possibilidade de que mudando a estrutura genética fundamental de um alimento, estes possam vir a causar novas doenças ou problemas de saúde. Não há estudos de longo prazo que provem a inocuidade dos cultivos geneticamente modificados. Estes produtos não foram testados de forma exaustiva antes de chegar às estantes das lojas. Apesar disto, os cultivos transgênicos estão sendo experimentados nos consumidores.

CAPÍTULO III: Biotecnologia, Agricultura e Meio Ambiente

A biotecnologia está sendo usada para reparar os problemas causados por tecnologias agroquímicas anteriores (resistência aos pesticidas, poluição, degradação do solo, etc.) desenvolvidas pelas mesmas empresas que agora lideram a biorevolução. Os cultivos transgênicos criados para o controle de pragas, seguem de perto os paradigmas de usar apenas um mecanismo de controle (um pesticida) que demonstrou repetidas vezes seu fracasso frente aos insetos, aos patógenos e às pragas (National Research Council, 1996). O tão falado enfoque “uma praga–um gene” será facilmente superado por pragas que continuamente se adaptem a novas situações e desenvolvam mecanismos de desintoxificação (Robinson, 1996).

A agricultura desenvolvida com cultivos transgênicos favorece as monoculturas, que se caracterizam por níveis perigosamente altos de homogeneidade genética, que por sua vez conduzem a uma maior vulnerabilidade dos sistemas agrícolas ante situações de estresse biótico e abiótico (Robinson, 1996). Quando se promove a monocultura, também se inibem os métodos agrícolas ecológicos, como as rotações e os cultivos múltiplos, exacerbando assim, os problemas da agricultura convencional (Altieri, 2000).

Na medida em que as sementes obtidas por engenharia genética substituam as antigas variedades tradicionais e seus parentes silvestres, a erosão genética se

acelerará no Terceiro Mundo (Fowler e Mooney, 1990). A busca de uniformidade não só destruirá a diversidade dos recursos genéticos, mas também alterará a complexidade biológica na qual se baseia a sustentabilidade dos sistemas tradicionais de cultivo (Altieri, 1996).

Existem muitas perguntas ecológicas sem resposta sobre o impacto da introdução de plantas e microorganismos transgênicos no meio ambiente e a evidência disponível apóia a posição de que o impacto pode ser substancial. Entre os principais riscos ambientais associados com as plantas produzidas por engenharia genética está a transferência involuntária de “transgenes” às espécies silvestres relacionadas, com efeitos ecológicos imprevisíveis.

1. O impacto dos cultivos resistentes aos herbicidas

1.1. Resistência aos herbicidas

Ao criar cultivos resistentes a seus herbicidas, as empresas biotecnológicas podem expandir mercados para seus produtos químicos patenteados (segundo Duke (1996), em 1997, 50 mil agricultores plantaram 3,6 milhões de hectares de soja resistente aos herbicidas, equivalente a 13 por cento dos **71 milhões de acres** de soja cultivada nos Estados Unidos) os observadores estabeleceram um valor de US\$75 milhões aos cultivos resistentes aos herbicidas em 1995, o primeiro ano de comercialização, o que indica que para o ano 2000, o mercado seria de aproximadamente 805 milhões de dólares, o que representa um crescimento de 61 por cento (Carpenter e Gianessi, 1999).

O uso contínuo de herbicidas como o bromoxynil e o glifosato (também conhecido como Roundup da Monsanto) tolerados por culturas resistentes a estes herbicidas, pode acarretar problemas (Goldberg, 1992). Sabe-se muito bem que quando um só herbicida é usado continuamente em um cultivo se incrementa enormemente o risco do desenvolvimento de resistência ao herbicida nas populações de plantas

invasoras (Holt et al, 1993). Conhecem-se aproximadamente 216 casos de resistência a uma ou mais famílias de herbicidas (Holt e Le Baron, 1990). Os herbicidas do grupo triasinas registram a maior quantidade de espécies de plantas invasoras resistentes (aproximadamente 60).

Dada a pressão da indústria para aumentar as vendas de herbicidas, a área tratada com herbicidas de amplo espectro se ampliará, intensificando assim, o problema da resistência. Por exemplo, se projetou que a área tratada com glifosato aumentará uns **150 milhões de acres**. Ainda que o glifosato seja considerado menos propício para criar resistência em ervas daninhas, o aumento no uso deste herbicida dará como resultado a resistência dos inços ainda que este processo seja mais lento. Isto já foi registrado em populações australianas de pastos como ryegrass, quackgrass, *Eleusine indica* e *Cirsium arvense* (Gill, 1995).

1.2. Os herbicidas matam mais que as ervas daninhas

As empresas biotecnológicas sustentam que o bromoxynil e o glifosato se degradam rapidamente no solo quando aplicados corretamente, não se acumulam nas águas subterrâneas, não têm efeito sobre outros organismos e não deixam resíduos nos alimentos. Entretanto, existem evidências de que o bromoxynil causa defeitos congênitos em animais, é tóxico para os peixes e pode causar câncer em seres humanos (Goldberg, 1992). Devido ao fato de que o bromoxynil pode ser absorvido através da pele e porque causa defeitos congênitos em roedores, é provável que seja perigoso para os agricultores e trabalhadores do campo. Assim mesmo, há evidências de que o glifosato é tóxico para algumas espécies que habitam o solo, incluindo predadores como aranhas, besouros e **coxinídeos** e para outros que se alimentam de detritos como as minhocas, assim como para organismos aquáticos, inclusive peixes (Paoletti e Pimentel, 1996). Sabe-se que este herbicida se acumula em frutas e em tubérculos porque sofre relativamente pouca degradação metabólica nas plantas, razão pela qual surgem perguntas

sobre sua inocuidade, especialmente agora quando se usam, anualmente, somente nos Estados Unidos, mais de **37 milhões de libras** deste herbicida. Além disso, as pesquisas demonstram que o glifosato tende a agir de uma forma parecida a dos antibióticos, alterando de maneira ainda desconhecida a biologia do solo e causando efeitos tais como: reduzir a habilidade da soja e do trevo para fixar nitrogênio; tornar as plantas de feijão mais vulneráveis a enfermidades; reduzir o crescimento das micorrizas que vivem no solo, fungos chaves para ajudar as plantas a extrair o fósforo do solo.

1.3. Criação de “superervas daninhas”

Ainda que haja certa preocupação pelo fato de que os cultivos transgênicos por si próprios possam converter-se em ervas daninhas, o principal risco ecológico é que a implantação em grande escala dos cultivos transgênicos promova a transferência de transgenes destes cultivos para outras plantas, as quais poderiam transformar-se em ervas daninhas (Darmency, 1994). Os transgenes que conferem vantagens biológicas significativas podem transformar plantas silvestres em novas ou piores ervas daninhas (Rissler e Mello, 1996). O processo biológico que nos preocupa é a introgressão-hibridação entre espécies de plantas diferentes mas aparentadas. A evidência destaca que tais intercâmbios genéticos já se realizam entre plantas silvestres, ervas daninhas e espécies cultivadas. A incidência de *Sorghum bicolor*, uma erva daninha aparentada com o sorgo e o fluxo genético entre o milho e o teosinto demonstram o potencial de que os parentes das culturas possam converter-se em ervas daninhas perigosas. Isto é preocupante dada a quantidade de culturas que crescem nas proximidades de seus parentes silvestres sexualmente compatíveis, nos Estados Unidos (Lutman, 1999). Deve-se ter extremo cuidado nos sistemas agrícolas que se caracterizam pela polinização cruzada como a aveia, a cevada, os girassóis e seus parentes silvestres, e entre o **raps** e outras crucíferas relacionadas (Snow e Moran, 1997).

Na Europa existe uma grande preocupação sobre a possível transferência de pólen de genes tolerantes aos herbicidas das sementes oleaginosas de *Brassica* para as espécies *Brassica nigra* e *Sinapsis arvensis* (Casper e Landsmann, 1992). Alguns cultivos crescem perto de plantas silvestres que não são seus parentes próximos, mas que podem ter certo grau de compatibilidade cruzada, como os cruzamentos de *Raphanus raphanistrum* x *R. sativus* (rabanetes) e o sorgo alepo x o milho-sorgo (Radosevich et al, 1996). Repercussões em cascatas destas transferências podem, em última instância, significar mudanças na estrutura das comunidades vegetais. Os intercâmbios genéticos constituem uma grande ameaça aos centros de diversidade, porque nos sistemas agrícolas biodiversos é muito alta a probabilidade de que os cultivos transgênicos encontrem parentes silvestres sexualmente compatíveis.

A transferência de genes dos cultivos transgênicos à cultivos orgânicos representa um problema específico para os agricultores orgânicos: a certificação orgânica está baseada na garantia de que os produtos orgânicos não tenham transgenes inseridos. Alguns cultivos que podem cruzar-se com outras espécies, como o milho ou **raps** poderão ser afetados em maior grau, mas todos os agricultores que desenvolvem agricultura orgânica correm o risco de contaminação genética. Não existem normas que obriguem a um mínimo de separação entre os campos de cultivos transgênicos e de cultivos orgânicos (Royal Society, 1998).

Concluindo, o fato de que a hibridação e a introgressão interespecíficas seja algo comum em espécies como o girassol, o milho, o sorgo, o **raps**, o arroz, o trigo e a batata, oferece uma base para antecipar fluxos genéticos entre os cultivos transgênicos e seus parentes silvestres, que podem dar lugar a novos inços resistentes aos herbicidas (Lutman, 1999). Existe consenso entre os cientistas de que os cultivos transgênicos, em algum momento, permitirão os escapes dos transgenes para as populações de seus parentes silvestres. O desacordo entre eles está em quão sério será o impacto de tais transferências (Snow e Moran, 1997).

2. Riscos ambientais dos cultivos resistentes a insetos (Cultivos Bt)

2.1. Resistência

Segundo a indústria biotecnológica, a promessa é de que os cultivos transgênicos implantados com genes Bt substituiriam os inseticidas sintéticos que se usam para controlar insetos-praga. Mas isto não está muito claro uma vez que a maior parte dos cultivos são atacados por diversas pragas e as pragas que não pertencem à ordem Lepidóptera terão que ser combatidas com inseticidas porque não são susceptíveis à toxina Bt expressada no cultivo (Gould, 1994). Um recente relatório (USDA, 1999) que analisa o uso de pesticidas na safra agrícola de 1997 nos Estados Unidos, em 12 combinações de regiões e cultivos, demonstrou que em 7 localidades não houve diferença estatística no uso de pesticidas entre cultivos com Bt e cultivos convencionais sem Bt. No delta do Mississipi, foi usada uma quantidade significativamente maior de pesticidas em algodão Bt do que nas lavouras de algodão sem Bt.

Por outro lado, sabe-se que espécies de lepidópteros desenvolveram resistência à toxina Bt tanto em experiências de campo como em laboratório, o que sugere a possibilidade de aparição de importantes problemas de resistência nos cultivos Bt, através dos quais a contínua expressão da toxina, cria uma forte pressão de seleção (Tabashnik, 1994). Nenhum entomólogo sério pode questionar se a resistência se desenvolverá ou não. A pergunta é: com que rapidez isto acontecerá? Os cientistas já detectaram o desenvolvimento de “resistência de comportamento” em alguns insetos que aproveitam a expressão irregular da potência da toxina nas folhas do cultivo, atacando somente as partes com baixa concentração de toxina. Além disso, uma vez que as toxinas implantadas por meios genéticos com freqüência diminuem nos tecidos de folhas e talos conforme o cultivo amadurece, uma baixa dose somente pode matar ou debilitar completamente as larvas suscetíveis (homozigotas). Em consequência, pode acontecer uma adaptação muito mais rápida à toxina Bt se a concentração

permanecer sempre alta. A observação das plantas de milho transgênico a finais de outubro indicaram que a maioria das brocas européias do milho que sobreviveram, haviam entrado em dormência, preparando-se para emergir como adultos na seguinte primavera (Onstad e Gould, 1998).

Para retardar o inevitável desenvolvimento de resistência dos insetos aos cultivos Bt, os bioengenheiros estão preparando planos de manejo de resistência que consistem em mosaicos de parcelas transgênicas e não transgênicas (denominadas refúgios) para retardar a evolução da resistência, proporcionando populações de insetos suscetíveis que possam ser cruzados com os insetos resistentes. Ainda que estes refúgios devam ter um tamanho de pelo menos 30% da área cultivada, o novo plano da Monsanto recomenda refúgios de apenas 20% inclusive quando sejam utilizados inseticidas. Adicionalmente, o plano não oferece detalhes sobre se os cultivos serão plantados junto com os cultivos transgênicos ou a certa distancia, aonde, segundo os estudos, são menos efetivos (Mallet e Porter, 1992). Além disso, devido a que os refúgios requerem o difícil objetivo da coordenação regional com os agricultores, não é realista pensar que os pequenos e médios agricultores dediquem 30 a 40 por cento de sua área de cultivo para refúgios, especialmente se os cultivos nestas áreas vão sofrer fortes danos causados por pragas.

Os agricultores que enfrentam os maiores riscos de desenvolvimento de resistência dos insetos ao Bt são os agricultores orgânicos da vizinhança, os quais plantam milho e soja sem agroquímicos. Uma vez que a resistência aparece em uma população de insetos, os agricultores orgânicos não poderão usar *Bacillus thuringiensis* na forma de inseticida microbiano para o controle de pragas de lepidópteros que se transladam dos campos transgênicos vizinhos. Além disso, a contaminação genética dos cultivos orgânicos, resultado do fluxo de genes (pólen) dos cultivos transgênicos pode comprometer a certificação dos cultivos orgânicos e os agricultores podem perder seus mercados. Quem compensará os agricultores orgânicos por tais perdas ?

Sabemos pela história da agricultura, que as enfermidades das plantas, as pragas de insetos e as ervas daninhas se tornam mais severas com o desenvolvimento de monoculturas e que os cultivos geneticamente modificados de manejo intensivo logo perdem a diversidade genética (Altieri, 1994; Robinson, 1996). Baseados nestes fatos, não há razão para acreditar que a resistência aos cultivos transgênicos não evolucionará entre os insetos e patógenos como ocorreu com os pesticidas. Não importa que estratégia de manejo da resistência se use, as pragas se adaptarão e superarão as limitações agrônômicas (Green, 1990). Os estudos de resistência aos pesticidas demonstram que pode aparecer uma seleção não intencional e resultar em problemas de pragas maiores que os que existiam do desenvolvimento de novos inseticidas. As doenças e pragas sempre foram ampliadas pelas mudanças rumo a uma agricultura geneticamente homogênea, precisamente o tipo de sistema que a biotecnologia promove (Robinson, 1996).

2.2. Efeitos sobre espécies benéficas

Mantendo as populações de pragas a níveis muito baixos, os cultivos Bt poderiam potencialmente deixar morrer de fome os inimigos naturais, porque os predadores e vespas parasitas que se alimentam das pragas necessitam uma pequena quantidade de presas para sobreviver no agroecossistema. Entre os inimigos naturais que vivem exclusivamente dos insetos que os cultivos transgênicos estão desenhados para destruir (Lepdoptera), os parasitóides de ovos e de larvas seriam os mais afetados porque são totalmente dependentes de hospedeiros vivos para o seu desenvolvimento e sobrevivência. Alguns predadores poderiam teoricamente prosperar em organismos mortos. (Schuler et al, 1999).

Os inimigos naturais poderiam se ver afetados diretamente por efeito dos níveis intertróficos da toxina. A possibilidade de que as toxinas Bt se movimentem através da cadeia alimentar dos insetos apresenta serias conseqüências para o

biocontrole natural em campos de agricultores. Evidências recentes mostram que a toxina Bt pode afetar os insetos benéficos, predadores que se alimentam das pragas de insetos presentes em cultivos Bt (Hilbeck, 1998). Estudos realizados na Suíça mostram que a média da mortalidade total de larvas do *Crisopas* predadoras (*Chrysopidae*) criado em presas alimentadas com Bt foi de 62 por cento, comparada com 37 por cento quando se alimentavam de presas livres de Bt. Estas espécies de *Chrysopidae* alimentadas com Bt também mostraram um tempo mais prolongado de desenvolvimento ao longo do seu estado de vida imatura (Hilbeck, 1998).

Estas descobertas são preocupantes, especialmente para os pequenos agricultores que confiam no rico complexo de predadores e parasitas, associados com seus sistemas de cultivo misto, para o controle das pragas de insetos (Altieri, 1994). Os efeitos em nível intertrófico da toxina Bt trazem a baila serias possibilidades de causar rupturas no controle natural de pragas. Os predadores polípagos que se movimentam dentro e entre cultivos mistos encontrarão presas que contém Bt durante toda a temporada (Hilbeck, 1999). A ruptura dos mecanismos de biocontrole pode dar como resultado um aumento das perdas do cultivo devido a pragas ou provocar um uso mais intensivo de pesticidas, com conseqüências para a saúde e riscos para o meio ambiente.

Também se sabe que o pólen transportado pelo vento desde os cultivos Bt que se deposita na vegetação natural que rodeia os campos transgênicos pode matar outras espécies de insetos. Um estudo da Universidade de Cornell (Losey et al, 1999) demonstrou que o pólen de milho que contém a toxina Bt pode ser transportado a vários metros pelo vento e depositar-se em folhagens da planta *Asclepias* com efeitos potencialmente danosos sobre as populações da mariposa monarca. Estas descobertas abrem toda uma nova dimensão sobre o tema dos impactos inesperados dos cultivos transgênicos sobre outros organismos que desempenham papéis-chave, mas muitas vezes desconhecidos, no ecossistema.

Porém, os efeitos ambientais não se limitem aos cultivos e aos insetos. As toxinas Bt podem ser incorporadas no solo junto com resíduos de folhas no momento em que os agricultores aram a terra com os restos dos cultivos transgênicos, logo após a colheita. As toxinas podem persistir por dois ou três meses, porque resistem à degradação quando unidas à argila e aos ácidos húmicos presentes no solo, de forma que mantém sua atividade tóxica (Palm et al, 1996). Tais toxinas Bt ativas que se acumulam no solo e na água, junto com os resíduos de folhas transgênicas, podem causar impactos negativos sobre o solo e sobre os invertebrados aquáticos, assim como sobre a reciclagem de nutrientes (Donnegan e Seidler, 1999).

O fato do Bt reter suas propriedades inseticidas e se encontrar protegido da degradação microbiana ao se unir as partículas do solo, persistindo em vários tipos de solos pelo menos 234 dias, é uma seria preocupação para os agricultores pobres, os quais não podem comprar os caros fertilizantes químicos. Ao contrário, estes agricultores usam os resíduos locais, a matéria orgânica e os microorganismos do solo para melhorar a fertilidade (espécies-chave, invertebrados, fungos ou bactérias) que podem se ver afetados negativamente pela toxina ligada ao solo (Saxena et al, 1999).

3.3. Em defesa da adoção do princípio da precaução

Os efeitos ecológicos dos cultivos obtidos via engenharia genética não se limitam à resistência das pragas ou à criação de novas ervas daninhas ou raças de vírus. Como discutimos aqui, os cultivos transgênicos podem produzir toxinas ambientais que se movimentam através da cadeia alimentar e que podem chegar até o solo e a água afetando assim aos invertebrados e, provavelmente, alterando os processos ecológicos como o ciclo dos nutrientes. E mais, a homogeneização em grande escala das áreas com cultivos transgênicos exacerbará a vulnerabilidade ecológica associada com a agricultura baseada em monocultivos (Altieri, 2000).

Não é aconselhável a expansão desta tecnologia aos países em desenvolvimento. Há um potencial na diversidade agrícola de muitos destes países que não deveria ser inibido ou reduzido pelo monocultivo extensivo, especialmente se isto pode ocasionar sérios problemas sociais e ambientais (Thrupp, 1998).

Apesar destas considerações, os cultivos transgênicos ingressaram rapidamente nos mercados internacionais e se localizaram de forma massiva nas lavouras dos Estados Unidos, Canadá, Argentina, China e outros países, alcançando mais de 40 milhões de hectares. É lamentável que somente agora, depois de 4 anos de comercialização massiva de produtos transgênicos, o ex-secretário de Agricultura dos Estados Unidos, Dan Glickman, tenha solicitado estudos para avaliar os efeitos a longo prazo, tanto ecológicos como sobre a saúde, que possam causar os transgênicos. Esta iniciativa é tardia, já que a liberação ecológica de genes não é recuperável e seus efeitos são irreversíveis.

O rápido lançamento dos cultivos transgênicos e a conseqüente desorganização financeira (os preços das ações das empresas de biotecnologia estão caindo) é uma reminiscência perturbadora dos prévios incidentes com a energia nuclear e os pesticidas clorados com o DDT. Uma combinação de oposição pública e obrigações financeiras forçou a paralisação destas tecnologias logo que seus efeitos sobre o meio ambiente e a saúde humana demonstraram que eram muito mais complexos, difusos e persistentes que as promessas que acompanharam a sua rápida comercialização.

No contexto das negociações durante a Convenção de Diversidade Biológica (CBD, em inglês) no ano passado, 130 países demonstraram sabedoria ao adotar o princípio de precaução, assinando um acordo global que determina o controle do comércio dos organismos geneticamente modificados (OGM). Este princípio que é a base para um acordo internacional sobre biosegurança (International Biosafety Protocol) sustenta que quando se suspeita que uma tecnologia nova pode causar dano, a incerteza científica sobre o alcance e a severidade da tecnologia não deve

obstaculizar a tomada de precauções. Isto dá o direito aos países a se oporem à importação de produtos transgênicos sobre os quais há suspeitas mínimas de que representem um perigo para a saúde ou para o meio ambiente. Infelizmente, um bloco de países exportadores de grãos, encabeçados pelos EUA, se opõem a este acordo internacional argumentando que os produtos agrícolas devem eximir-se de tais regulamentações por atentar contra o livre comércio. O princípio da precaução estabelece que os produtores destas tecnologias é que deverão apresentar evidências de que elas são inócuas e não mais como dizem as empresas, que caberia aos seus críticos o ônus de provar os possíveis danos das mesmas. Existe uma clara necessidade de provas independentes e monitoramento para assegurar que os dados auto-gerados, apresentados às agências reguladoras governamentais, pelas próprias empresas, não são parciais ou inclinados aos interesses da indústria. Além disso, se deveria propiciar um monitoramento mundial contra os OGM até que as interrogações lançadas, tanto por cientistas de renome – que estão fazendo investigações sérias sobre o impacto ecológico e sobre a saúde dos cultivos transgênicos - como pelo público em geral, sejam esclarecidas por grupos de cientistas independentes.

Muitos grupos ambientalistas e de consumidores que defendem a necessidade de uma agricultura mais sustentável demandam o apoio contínuo da pesquisa agrícola com base ecológica, já que existem soluções agroecológicas para todos os problemas biológicos que a tecnologia quer resolver. O problema é que a investigação nas instituições públicas tem como reflexo, cada vez mais, os interesses de grupos privados, deixando de lado a parte boa da pesquisa pública como o controle biológico, os sistemas orgânicos e as técnicas agroecológicas em geral (Busch, 1990). A sociedade civil deve exigir mais pesquisas públicas sobre alternativas à biotecnologia, a serem desenvolvidas por universidades e outras organizações públicas. Há também uma urgente necessidade de resistir ao sistema de patentes e aos direitos de propriedade intelectual presentes nas normas da OMC - Organização Mundial do Comércio, que não só permitem às organizações multinacionais o direito de se apropriar e patentear recursos

genéticos como também acentuam a velocidade segundo a qual as forças do mercado estimulam o monocultivo com variedades transgênicas geneticamente uniformes.

CAPÍTULO IV: Alternativas mais sustentáveis que a Biotecnologia

1. O que é a Agroecologia ?

Os defensores da Revolução Verde sustentam que os países em desenvolvimento deveriam optar por um modelo industrial baseado em variedades melhoradas e no crescente uso de fertilizantes e pesticidas a fim de proporcionar uma provisão adicional de alimentos as suas crescentes populações e economias. Mas, como analisamos anteriormente a informação disponível demonstra que a biotecnologia não reduz o uso de agroquímicos nem aumenta os rendimentos. Também não beneficia nem aos consumidores nem aos agricultores pobres. Dado este cenário, um crescente número de agricultores, ONGs e defensores da agricultura sustentável propõe que no lugar deste enfoque intensivo em capital e insumos, os países em desenvolvimento deveriam propiciar um modelo agroecológico que coloque ênfase na biodiversidade, na reciclagem de nutrientes, na sinergia entre cultivos, animais, solos e outros componentes biológicos, assim como na regeneração e conservação dos recursos naturais (Altieri, 1996).

Uma estratégia de desenvolvimento agrícola sustentável que melhore o meio ambiente deve ter por base princípios agroecológicos e numa metodologia de maior participação para o desenvolvimento e difusão de tecnologia. A Agroecologia é a ciência que tem por base os princípios ecológicos para o desenho e manejo dos sistemas agrícolas sustentáveis e de conservação de recursos naturais, e que oferece muitas vantagens para o desenvolvimento de tecnologias mais favoráveis ao agricultor. A Agroecologia se baseia no conhecimento indígena e em seletas tecnologias modernas de baixos insumos

capazes de ajudar a diversificar a produção. O sistema incorpora princípios biológicos e os recursos locais para o manejo dos sistemas agrícolas, proporcionando aos pequenos agricultores uma forma ambientalmente sólida e rentável de intensificar a produção em áreas marginais (Altieri et al, 1998).

Estima-se que aproximadamente 1,9 a 2,2 milhões de pessoas ainda não foram atingidas direta ou indiretamente pela tecnologia agrícola moderna. Na América Latina a projeção era de que a população rural permaneceria estável em 125 milhões até o ano 2000, mas, 61 por cento desta população é pobre e a expectativa é de que aumente. As projeções para a África são ainda mais dramáticas. A maior parte da pobreza rural (cerca de 370 milhões de pessoas) vive em zonas de escassos recursos, muito heterogêneas e sujeitas a riscos. Seus sistemas agrícolas são de pequena escala, complexos e diversificados. A maior pobreza se encontra com mais frequência em zonas áridas o semiáridas e nas montanhas e ladeiras, que são vulneráveis desde o ponto de vista ecológico. Estas propriedades e seus complexos sistemas agrícolas se constituem em grandes desafios para os pesquisadores.

Para que beneficie aos agricultores pobres, a pesquisa e o desenvolvimento agrícola deveriam operar sobre a base de um enfoque “de baixo para cima“, usando e construindo sobre recursos disponíveis - a população local, seus conhecimentos e seus recursos naturais nativos. Deve se tomar muito a sério as necessidades, aspirações e circunstâncias particulares dos pequenos agricultores, através de métodos participativos. Isto significa que, desde a perspectiva dos agricultores pobres, as inovações tecnológicas devem:

- Economizar insumos e reduzir custos
- Reduzir riscos
- Ser adaptadas para as terras marginais frágeis
- Ser adequada aos sistemas agrícolas dos camponeses
- Melhorar a nutrição, a saúde e o meio ambiente

É precisamente devido a estes requisitos que a Agroecologia oferece mais vantagens que a Revolução Verde e os métodos biotecnológicos. As principais características das técnicas agroecológicas são:

- Têm como base o conhecimento indígena e a racionalidade do agricultor
- São economicamente viáveis, acessíveis e baseadas nos recursos locais
- São saudáveis para o meio ambiente e sensíveis desde o ponto de vista social e cultural
- Evitam o risco e se adaptam às condições do agricultor
- Melhoram a estabilidade e a produtividade total da propriedade e não só dos cultivos particulares

Há milhares de casos de produtores rurais que associados a ONGs e outras organizações, promovem sistemas agrícolas e conservam os recursos, mantendo altos rendimentos, adotando os critérios antes mencionados. Aumentos de 50 a 100 por cento na produção são bastante comuns com a maioria dos métodos de produção. Em alguns casos, os rendimentos dos cultivos que constituem o sustento dos pobres - arroz, feijão, milho, mandioca, batata, cevada - aumentam graças ao trabalho e ao conhecimento local mais que à compra de insumos caros, ademais de potencializar processos de intensificação e sinergia. Mais importante, talvez, que somente os rendimentos, é possível aumentar a produção total de forma significativa, diversificando os sistemas agrícolas, usando ao máximo os recursos disponíveis (Uphoff e Altieri, 1999).

Muitos exemplos sustentam a efetividade da aplicação da Agroecologia no mundo em desenvolvimento. Estima-se que em torno de 1,45 milhões de famílias rurais pobres que vivem em 3,25 milhões de hectares optaram por tecnologias regeneradoras de recursos. Citamos alguns exemplos (Pretty, 1995):

- Brasil: 200.000 agricultores que usam adubos verdes e cultivos de cobertura duplicaram o rendimento do milho e do trigo.

- Guatemala e Honduras: 45.000 agricultores usaram a leguminosa *Mucuna*, como cobertura para conservação do solo, triplicando os rendimentos do milho em ladeiras.
- México: 100.000 pequenos produtores de café orgânico aumentaram sua produção em 50 por cento.
- Sudeste da Ásia: 100.000 pequenos produtores de arroz que participaram de cursos para agricultores sobre MIP (manejo integrado de pragas) aumentaram substancialmente seus rendimentos, sem usar pesticidas.
- Quênia: 200.000 agricultores duplicaram seus rendimentos de milho usando sistemas agroflorestais, com base em leguminosas e insumos orgânicos.

2. Histórias de êxito na América Latina

2.1. Estabilização das ladeiras na América Central

Talvez o principal desafio da agricultura na América Latina foi desenhar o cultivo para áreas de ladeiras, para que fossem produtivas e se reduzisse a erosão. A ONG Vizinhos Mundiais assumiu este desafio em Honduras a meados da década de 80. O programa introduziu práticas de conservação do solo com a drenagem e o desenho dos canais, barreiras vegetais e cordões de pedra, assim como o métodos de fertilização como o uso de adubo de excremento de galinhas e cultivos intercalados com leguminosas. Os rendimentos de grãos triplicaram e, em alguns casos, quadruplicaram, passando de 400 kg por hectare para 1.200 a 1.600 kg. O aumento do rendimento assegurou uma ampla provisão de grão para as 1.200 famílias participantes do programa.

2.2. Uso de adubo verde

Várias ONGs da América Central promoveram o uso de leguminosas como adubo verde: uma fonte gratuita de fertilizante orgânico. Os agricultores do norte de Honduras estão usando o feijão “**Velloso**” com excelentes resultados. Os rendimentos de milho são agora mais do que o dobro da media nacional. A erosão e as ervas daninhas estão controlados e os custos de preparação das terras são

menores. Aproveitando a bem estabelecida rede de agricultor-a-agricultor, existente na Nicarágua, mais de 1.000 agricultores recuperaram terras degradadas no vale de San Juan, em somente um ano de aplicação desta tecnologia simples. Estes agricultores diminuíram o uso de fertilizantes químicos de 1.900 para 400 kg por hectare e aumentaram os rendimentos de 700 para 2.000 kg por hectare. Seus custos de produção são 22 por cento menores que o dos agricultores que usam fertilizantes químicos e monocultivo.

2.3. Recriando a Agricultura Inca

Em 1984, várias ONGs e entidades estatais ajudaram aos agricultores locais em Puno - Peru a reconstruir seus antigos sistemas (waru-warus) que consistem em campos elevados rodeados de canais cheios de água. Estes campos produzem abundantes colheitas apesar das geadas destruidoras comuns na altitude de 4.000 metros. A combinação de camas elevadas e canais modera a temperatura do solo, aumenta a temperatura do cultivo e conduz a uma maior produtividade nos “waru-warus” do que nos solos normais dos pampas, que usam a fertilização química. No distrito de Huatta, os “waru-warus” produziram rendimentos anuais de batatinha de 14 toneladas por hectare, um resultado favorável quando comparado com a média regional de rendimento de batatinha que é de 1 a 4 toneladas por hectare.

2.4. Reconstrução de “Andenes”

Várias ONGs e agências governamentais no Valle del Colca, ao sul do Peru, apoiaram a reconstrução dos “andenes”, oferecendo aos agricultores empréstimos com baixos juros, ou sementes e outros insumos para restaurar os “andenes” abandonados. No primeiro ano, os rendimentos de batatas, milho e cevada tiveram aumentos de 43 a 65 por cento quando comparados com os rendimentos dos campos em declive. Uma leguminosa nativa (tarwi – *Lupinus mutabilis*) foi usada em rotação ou como cultivo associado nos “andenes”, para fixar o nitrogênio, minimizar a necessidade de fertilizante e aumentar a produção. Estudos feitos na Bolívia, onde as leguminosas nativas foram usadas em sistema

de rotação de cultivos, mostram que ainda que os rendimentos sejam maiores nos campos de batatas fertilizados quimicamente e operados com máquinas, os custos de energia são maiores e os benefícios econômicos são menores que com o sistemas agroecológicos que enfatizam o uso do tarwi (*Lupinus mutabilis*).

2.5. Propriedades com manejo integrado

Numerosas ONGs promoveram uma estratégia de construção de propriedades diversificadas nas quais cada componente do sistema reforça biologicamente a outros componentes, isto é, os resíduos de um componente se converte em insumo de outro. Desde 1989, a ONG CET ajudou aos agricultores do centro e sul do Chile a produzir alimentos suficientes para todo o ano, a partir da reconstrução da capacidade produtiva do solo. Estabeleceram sistemas de pequenas propriedades modelo que consistem em policultivos e seqüências de rotação de forragem e cultivos de alimentos, bosques, árvores frutíferas e animais. Os componentes são escolhidos de acordo com a sua contribuição nutricional em subseqüentes rotações, com a sua adaptabilidade às condições climáticas locais, com os padrões de consumo dos agricultores e de acordo com as oportunidade de mercado. A fertilidade do solo destas propriedades melhorou e não surgiram problemas sérios de pragas ou doenças. As árvores frutíferas e as forrações obtiveram rendimentos maiores que a média, enquanto que a produção de leite e ovos superou em muito às propriedades convencionais que uso altos insumos. Uma análise nutricional do sistema demonstra que uma família típica produz 250 por cento de proteína adicional, 80 e 550 por cento de excesso de vitamina A e C respectivamente, e 330 por cento a mais de cálcio. Se todos os produtos da propriedade fossem vendidos ao preço de atacado, as famílias poderiam obter um ingresso líquido mensal de 1,5 vezes maior que o salário mínimo mensal legal chileno, dedicando somente umas poucas horas por semana para a propriedade. O tempo livre é usado pelos agricultores para outras atividades realizadas dentro e fora da propriedade, que também geram retorno financeiro.

Há pouco tempo, uma ONG cubana ajudou a estabelecer numerosos sistemas agrícolas integrados, em cooperativas da província de La Habana. Foram experimentados diferentes tipos de policultivos nas cooperativas, como mandioca-feijão-milho, tomate-mandioca-milho e **camote-milho**. A produtividade destes policultivos foi de 1,45 a 2,82 vezes mais elevada que a produtividade dos monocultivos. O uso de adubos verdes assegurou uma produção de abóbora equivalente à que se obtém aplicando 175 Kg de uréia por hectare. Além disso, as leguminosas melhoraram as características físicas e químicas do solo e quebraram eficazmente o ciclo de infestações dos principais insetos-praga.

Os casos resumidos (Altieri, 2000) são somente um pequeno exemplo das milhares de experiências de agricultura sustentável implantadas em nível local. Os dados mostram que os sistemas agroecológicos, através do tempo, exibem níveis mais estáveis de produção total por unidade de área que os sistemas de altos insumos; produzem taxas de retorno economicamente favoráveis, provêm retornos à mão de obra e outros insumos suficientes para uma vida aceitável aos pequenos agricultores e às suas famílias; asseguram a proteção e a conservação do solo e ao mesmo tempo melhoram a biodiversidade. E o que é mais importante, estas experiências que dão ênfase à investigação-transferência de agricultor-a-agricultor e adotam métodos de extensão popular, representam incontáveis demonstrações de talento, criatividade e capacidade científica das comunidades rurais. Isso tudo demonstra o fato de que o recurso humano é a peça chave de qualquer estratégia dirigida para aumentar as opções da população rural e, especialmente, para os agricultores de escassos recursos.

3. Sistemas orgânicos

Os enfoques agroecológicos também podem beneficiar aos médios e grandes agricultores envolvidos na agricultura comercial, tanto no mundo em desenvolvimento como nos Estados Unidos e Europa (Lampkin, 1990). Grande parte da área conduzida com agricultura orgânica tem sua base na Agroecologia e

se ampliou em todo o mundo alcançando uns sete milhões de hectares, dos quais a metade está na Europa e quase 1,1 milhão nos Estados Unidos. Somente na Alemanha há cerca de oito mil propriedades orgânicas, que ocupam 2 por cento do total da área cultivada. Na Itália, as propriedades orgânicas chegam a 18.000 e na Áustria umas 20.000 propriedades orgânicas representam 10 por cento do total da produção agrícola.

Em 1980, o departamento de Agricultura dos Estados Unidos estimou que havia pelo menos onze mil propriedades orgânicas nos Estados Unidos e que pelo menos 24 mil usavam alguma técnica orgânica. Na Califórnia, os alimentos orgânicos representam um dos segmentos de maior crescimento na economia agrícola, com as vendas ao varejo crescendo de 20 a 25 por cento ao ano. Cuba é outro país que está desenvolvendo uma conversão massiva aos sistemas orgânicos, fruto da queda nas importações de fertilizantes, pesticidas e petróleo, depois do colapso das relações com o ex-Bloco Soviético, em 1990. Os níveis de produtividade da ilha se recuperaram graças à promoção massiva das técnicas agroecológicas tanto em áreas urbanas como rurais.

As pesquisas demonstraram que as propriedades orgânicas podem ser tão produtivas como as convencionais, mas sem usar agroquímicos, consumindo menos energia e conservando o solo e a água. Em resumo, há fortes evidências de que os métodos orgânicos podem produzir suficiente alimento para todos, e garantir a possibilidade de produção de uma geração para a próxima sem diminuir os recursos naturais nem danificar o meio ambiente. Em 1989, o Conselho Nacional de Pesquisas descreveu estudos do caso de oito propriedades orgânicas a partir de uma amostra de propriedades mistas de grãos/gado de **400 acres** em Ohio, até uma de **1.400 acres** de uvas na Califórnia e Arizona. Os rendimentos nas propriedades orgânicas foram iguais ou melhores que as médias de rendimento das propriedades convencionais intensivas das proximidades. Uma vez mais estas propriedades puderam sustentar sua produção ano após ano sem usar os caros insumos sintéticos (NRC, 1984).

Estudos a longo prazo foram realizados pela Farming Systems Trial (Experimentos de Sistemas Agrícolas), do Instituto Rodale, um centro de pesquisa sem fins lucrativos perto de Kutztown, Pensilvânia. Foram estudadas três tipos de parcelas experimentais por quase duas décadas. Uma submetida a uma alta intensidade de rotação convencional de milho e soja, usando fertilizantes e pesticidas comerciais. Outra, num sistema orgânico no qual se acrescentou uma rotação de pastagens/leguminosas para alimentar o gado, cujo esterco se devolveu ao solo. A terceira, era uma rotação orgânica onde se manteve a fertilidade do solo unicamente com leguminosas como cultivos de cobertura que se incorporaram ao solo através de pela aração. Os três tipos de parcelas obtiveram os mesmos resultados econômicos em termos de mercado. O rendimento do milho mostrou uma diferença de menos de 1 por cento. A rotação com esterco superou as outras duas no que se refere à acumulação de matéria orgânica e nitrogênio no solo e perdeu poucos nutrientes que contaminariam a água do subsolo. Durante a seca recorde de 1999, as parcelas que dependiam dos químicos renderam somente **16 XX** de soja por **acre**, enquanto que as parcelas orgânicas com leguminosas produziram 30 bushels por acre e aquelas onde havia sido aplicado o esterco renderam **24 bushels por acre**.

No que deve ser o experimento orgânico mais duradouro do mundo - 150 anos na estação Experimental de Rothamsted, Inglaterra - se sabe que suas parcelas orgânicas com esterco conseguiram rendimentos de trigo de 1,58 toneladas por **acre**, comparados com **1,55 toneladas por acre** em parcelas com fertilização sintética. Não parece haver muita diferença, mas as parcelas com esterco contém seis vezes mais matéria orgânica que as parcelas tratadas com químicos.

As evidências demonstram de muitas formas que a agricultura orgânica conserva os recursos naturais e protege o meio ambiente mais que os sistemas convencionais. As pesquisas mostram que as taxas de erosão do solo são menores nas propriedades orgânicas e que os níveis de biodiversidade são maiores. O raciocínio para ambos os sistemas é totalmente diferente: os sistemas

orgânicos se baseiam na suposição de que em qualquer momento a área pode ser cultivada com adubo verde de leguminosas ou cultivos de forragens que servirão para alimentar as vacas, cujo esterco se incorporará ao solo. As propriedades químicas se baseiam em suposição totalmente diferente: que sua sobrevivência depende de uma remota fábrica de fertilizantes que por sua vez está consumindo grandes quantidades de combustíveis fósseis e emitindo gases.

4. Como conclusão: Um pouco do que ainda é necessário fazer

Não há dúvidas que os pequenos agricultores que vivem nos ambientes marginais no mundo em desenvolvimento podem produzir muito do alimento que necessitam. A evidência é conclusiva: novos enfoques e tecnologias adotados por agricultores, governos locais e ONGs, no mundo todo, já estão dando suficientes contribuições para a segurança alimentar em nível familiar, regional e nacional. Uma grande variedade de métodos agroecológicos e participativos, adotados em muitos países, mostram resultados positivos, inclusive frente a condições adversas. Este potencial transformador inclui: aumento dos rendimentos dos cereais de 50 a 200 por cento; aumento da estabilidade da produção por meio da diversificação e da conservação da água e do solo; melhora das dietas e da renda, sempre que haja apoio adequado e difusão destes métodos; e, contribuição para a segurança alimentar nacional e até para as exportações (Uphoff y Altieri, 1999).

A difusão destas milhares de inovações ecológicas dependerá dos investimentos, das políticas e das mudanças de atitudes por parte dos pesquisadores e dos que tomam de decisões. As maiores mudanças devem acontecer nas políticas e nas instituições de pesquisa e desenvolvimento, para assegurar a difusão e adoção de alternativas agroecológicas de maneira eqüitativa, de modo que estas possam ser multiplicadas e escalonadas a fim de que seu benefício total para a segurança alimentar sustentável possa ser concretizada. Devem desaparecer os subsídios e as políticas de incentivos que promovem os métodos químicos convencionais.

Deve ser combatido o controle corporativo sobre o sistema alimentar. Os governos e organizações públicas internacionais devem estimular e apoiar associações positivas entre as ONGs, universidades locais e organizações de pequenos agricultores, para ajudar os mesmos a conseguir a segurança alimentar, a geração de renda e a conservação dos recursos naturais.

É necessário, ainda, que sejam desenvolvidas oportunidades de mercado, eqüitativas, com ênfase no comércio justo e em outros mecanismos que aproximem e relacionem os agricultores e os consumidores. O desafio final é aumentar o investimento na pesquisa em Agroecologia e colocar em prática aqueles projetos que já provaram seu êxito para milhões de agricultores. Isto gerará um impacto significativo na renda, na segurança alimentar, no bem-estar da população mundial e na proteção ambiental, beneficiando, especialmente, os milhões de agricultores pobres para aos quais ainda não chegou a chamada tecnologia moderna e para quem a biotecnologia não tem nada a oferecer.

GLOSSÁRIO

A

Ácido desoxirribonucleico (ver ADN): a base molecular da herança.

ADN (=DNA): material genético celular composto por bases púricas (derivadas da purina = adenina, guanina) e pirimídicas (citosina, timina e uracila) em organizações ascendentes e descendentes de hélice dupla.

Agrobacterium tumefaciens: bactéria que causa tumores em uma série de plantas dicotiledôneas, especialmente em membros próximos do gênero *Pinus*. A bactéria penetra em células vegetais mortas ou danificadas de um organismo e transfere a elas uma porção de ADN, em forma de plasmídeo, que induz à formação de tumores. O plasmídeo em seguida se integra no material genético da planta o que se constitui em uma forma natural de engenharia genética. As cepas de *A. tumefaciens* podem ser submetidas à engenharia genética artificial para introduzir genes selecionados em células vegetais. É possível regenerar plantas completas a partir de células infectadas, desenvolvidas em cultivos de tecidos, cada uma das quais portanto o gene introduzido.

Alelo: um, de uma possível série de formas alternativas de um determinado gene que difere na seqüência de ADN, mas que dá origem a um produto semelhante. Por exemplo, um grupo sangüíneo ou uma proteína vegetal (ou, uma das formas alternativas de um gene, que ocupa determinado lócus no cromossomo).

Alelo dominante: um alelo que só se expressa em condição heterozigota.

Alérgeno (ou alergênico): agente que causa uma reação (alérgica) de hipersensibilidade no corpo humano.

Aminoácido: ácido orgânico que possui um grupo amino (-NH₂). Existem 20 aminoácidos diferentes, que se acomodam em uma ordem definida para construir moléculas lineares de proteínas, cada uma das quais contém centenas de aminoácidos.

Aminoácidos essenciais: um dos oito aminoácidos que não são sintetizados no corpo humano – fenilalanina, metionina, lisina, triptofano, colina, leucina, isoleucina e treonina.

Amplificação genética: processo pelo qual os genes ou seqüências de ADN do genoma aumentam o número de cópias.

Antibiótico: substância que destrói ou inibe o crescimento de um microorganismo (bactéria ou fungo).

Anticorpo: nome comum de uma molécula de proteína ou imunoglobina que reage com um antígeno específico.

Antígeno: substância estranha capaz de induzir uma resposta imunológica, geralmente de tipo humoral (substância líquida ou semilíquida existente no organismo), em um vertebrado, e que envolve a produção de um anticorpo específico para as propriedades estruturais do antígeno.

ARN (ácido ribonucleico): semelhante ao ADN, exceto pelo açúcar do nucleotídeo que é ribose em vez de desoxirribose, e a base, que é uracila em vez de timina (base nitrogenada). O ARN é o material genético dos vírus ARN.

ARN de transferência: moléculas de ARN que transferem aminoácidos específicos ao ARN mensageiro para sintetizar os polipeptídios que codifica.

ARN ribossômico: moléculas de ARN que formam o ribossoma.

B

Bacilo: um gênero de bactéria de forma alargada. *Bacillus thuringiensis* é um bacilo originário do solo que forma esporos, cresce nos solos de muitas regiões e é a fonte do toxóide (toxina bacteriana) usado em engenharia genética (ver toxóide Bt).

Bactéria: um microorganismo unicelular, pertencente ao reino Procarionota.

Baculovírus: vírus que afeta determinadas espécies de insetos imaturos (lagartas).

Banco de Genes: em plantas, é normalmente uma construção com temperatura e umidade controladas que se usa para armazenar sementes.

Banco de sementes: uma coleção de sementes e germoplasma de uma grande quantidade de vegetais ou cultivos alimentícios que são guardados em nitrogênio líquido por períodos prolongados.

Bioengenharia: construção genética controlada de plantas ou animais, que consiste na transferência de genes, para criar uma nova função ou produto, a partir de um organismo que, de outra maneira, seria geneticamente incompatível.

Biotecnologia: combinação de bioquímica, genética, microbiologia e engenharia, para desenvolver produtos e organismos de valor comercial.

Brassica: gênero de plantas entre as que se encontram o brócolis e a couve.

Bromoxynil: herbicida que contém bromina. Um produto da empresa Rhône Poulenc, que tem o nome comercial de Buctril. Obs.: Atualmente não há produto comercial à base de bromoxynil registrado no Brasil.

C

Carcinogênico: agente, geralmente químico, que causa câncer.

Célula: é a menor unidade de todos os seres vivos capaz de se auto multiplicar.

Clone: cópia idêntica de um gene ou de um indivíduo, ou o conjunto de cópias idênticas de um gene ou de um indivíduo. Em genética, o clone é idêntico ao original em sua estrutura genética.

Clonagem de genes: técnica para fazer muitas cópias de um gene, isolá-lo e identificá-lo.

Cromossoma: estrutura entrelaçada de ADN e proteínas que carrega informação genética em uma seqüência linear.

Cruzamento: ação de fertilizar uma planta com o pólen de outra. Esta polinização pode ser realizada pelos seres humanos, pelos insetos, pelo vento e pode ser intencional ou não. No entanto, quando o cruzamento é feito pelos seres humanos, se supõe que há uma determinada intenção.

Cultivar: uma variedade de planta produzida por melhoramento seletivo e mantida em cultivo (produção).

D

Diplóide: material genético com dupla carga genética, obtido a partir de dois gametas haplóides.

Diversidade genética: de um grupo – população ou espécie – é a presença de uma grande variedade de caracteres e alelos que com freqüência originam diferentes expressões em diferentes indivíduos.

Dominante: forma de expressão de um gene na qual o fenótipo da forma dominante se expressa por cima da forma recessiva. (ou: caráter genético manifesto, em oposição ao recessivo, que permanece latente).

E

Ecosistema: combinação de todos os organismos de um determinado lugar, em interação com o meio ambiente.

Efeito gargalo de garrafa: flutuações das frequências genéticas que surgem devido à contração abrupta de uma grande população em direção a outra menor que, em seguida, volta a se expandir com uma carga genética alterada.

Elemento genético móvel: uma seqüência de ADN que pode se mover de um lugar a outro no genoma de uma célula. Pode chamar-se, também, transpóson.

Endogamia ou cruzamento mono-híbrido: cruzamento de indivíduos estreitamente relacionados.

Epigenético: qualquer processo que não envolva mudanças nas seqüências de bases do ADN, no genoma.

Epistases: interações entre genes.

Espécie: um grupo de organismos de cruzamento geneticamente livre, isolado de fontes estreitamente relacionadas que de outra maneira poderiam trocar genes; em taxonomia: indivíduos dentro de uma ordem que se reproduz livremente entre si.

Espécie biológica: grupo de indivíduos que compartilham livremente uma seqüência comum de genes e que se reproduzem isoladamente, mas que, normalmente, não podem se cruzar.

Estrogênico: que tem as propriedades do estrógeno para estimular o crescimento ou a proliferação celular em tecidos sexuais específicos.

Eucariota: o super-reino de organismos cujas células contêm um núcleo com membrana verdadeira.

Evolução Darwiniana: reprodução de organismos geneticamente variados, com adaptações específicas que lhes permitem uma sobrevivência diferencial.

Exogamia: cruzamento entre membros da mesma espécie, distantemente relacionados.

Expressão genética: em genética molecular significa o aparecimento eventual de um polipeptídeo codificado por um gene.

F

Fenótipo: característica manifestada ou aparência de um organismo que se expressa segundo seu genótipo.

Fixação de nitrogênio: processo de pelo qual o nitrogênio atômico se torna acessível para as plantas, quando se metabolizam substâncias químicas, como o amoníaco.

Flavona: molécula aromática (contém um anel benzênico como núcleo) significativa na comunicação das leguminosas com *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*.

Flavonóides: moléculas de algumas plantas que podem ter propriedades biológicas imperceptíveis, geralmente antioxidantes ou hormonais.

Feijão soja (=soja): *Glycine max* (L.) Merr. Uma leguminosa tropical de ampla utilização na agronomia. Produz nódulos radiculares em simbiose com *Bradyrhizobium japonicum* e *Rhizobium fredii*.

G

Gene: unidade hereditária formada por uma seqüência de bases do ADN com informação “início” e “fim”, ao longo da seqüência de bases, para formar uma proteína específica.

Gene dominante: genes cujos produtos se expressam somente quando uma forma do gene está presente como único alelo.

Genoma: todos os genes que um determinado organismo possui.

Germoplasma: o material das células germinais, supostamente responsável pela manutenção das características hereditárias que se transmitem às gerações seguintes.

Glifosato: o ingrediente ativo do herbicida Round-Up TM.

H

Haplóide: que contém somente a metade do complemento normal de cromossomas; o conteúdo genético dos gametas.

Herbicidas: um agrotóxico que afeta somente às plantas; produto químico com efeito destrutivo ou inibidor do crescimento das plantas.

Heterozigose: condição segundo a qual dois alelos diferentes estão presentes em um indivíduo.

Heterozigoto: indivíduo que tem um gene com dois alelos diferentes.

Hibridação por introgressão: incorporação de genes de uma espécie na carga genética de outra; com freqüência dá origem a uma população de indivíduos, representativa da linhagem progenitora, mas que ao mesmo tempo possui algumas características da linhagem do progenitor doador.

Híbrido: organismo derivado de duas linhagens diferentes de progenitores homozigotos.

Homogeniedade: que tem a mesma forma ou conteúdo.

Homólogo: similar, derivado de um ancestral comum.

Homozigose: que tem os mesmos alelos em ambos cromossomos paternos; o estado de ser homozigoto.

Homozigoto: um indivíduo que tem genes com dois alelos idênticos.

I

Impressões digitais genéticas (fingerprinting): um método iniciado, provavelmente por Alec Jeffreys que possibilita o estabelecimento das inter-relações genéticas entre parentes próximos por meio da tecnologia do ADN.

Informação genética: os dados que estão contidos em uma seqüência de bases na molécula do ADN.

Inserção de genes: criação de combinações genéticas pela introdução de uma nova seqüência genética em um genoma preexistente, comumente em bactérias.

Introgressão: introdução de genes de um membro de uma espécie à outra, na qual o doador é geográfica e morfológicamente distante do receptor. Ver hibridação por introgressão.

Isoflavona: substância aromática indicadora que participa na formação de nódulos nas leguminosas.

Isogênico: que tem a mesma estrutura genética.

L

Leguminosas: família de plantas que se caracteriza por uma morfologia floral semelhante à da ervilha. Muitas, mas não todas as leguminosas apresentam nódulos radiculares pela simbiose com bactérias do solo fixadores de nitrogênio, como *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* e *Azorhizobium*.

Lepidoptera: gênero de insetos que agrupa as borboletas e mariposas; larva das mesmas.

Linhagem de um cultivo: os descendentes de um progenitor único de um determinado cultivo alimentício.

Linha endogâmica: uma linhagem produzida por endogamia. Em fitomelhoramento, uma linha quase homocigota originada por contínua autofertilização acompanhada de seleção. (ver linha pura).

Linha Pura: uma população geneticamente uniforme (homocigota).

Locus de tipo qualitativo (QTL): termo dado a uma região do genoma que controla um fenótipo por interação com outros genes (exemplo: o conteúdo de óleo de soja).

M

Marcador genético: qualquer segmento de ADN que pode ser identificado e cuja localização cromossômica é conhecida, de modo que possa ser usado como ponto de referência para elaborar mapas genéticos ou localizar outros genes; qualquer gene tem um fenótipo identificável que possa ser usado para o seguimento da presença ou ausência de outros genes do mesmo fragmento de ADN transferido a uma célula.

Melhoramento: propagação controlada de plantas e animais.

Molécula: organização de átomos em uma estrutura, unidos por enlaces inter-atômicos (por exemplo: ligações de hidrogênio ou carbono-carbono).

Monocultivo: um cultivo ou colônia que contém organismos de somente uma linha genética pura: linhagem de plantas geneticamente uniformes ou organismos derivados de cultura de tecidos.

Mutação: uma variação súbita herdável em um gene ou na estrutura do cromossomo.

Mutação de adaptação ou mutação dirigida: fenômeno pelo qual as leveduras e células bacterianas em fase estacionária (sem crescimento) têm alguma forma de produzir (ou de reter de forma seletiva) somente as mutações mais adequadas que lhes permitem usar novos substratos para o crescimento.

N

Nódulo: sobrecrecimento das raízes (ou talos, em alguns casos) das leguminosas, induzido por bactérias ou agentes exógenos, como os fatores bacterianos derivados da formação de nódulos ou os inibidores do transporte das auxinas.

O

OGM: abreviatura de organismo geneticamente modificado; planta ou animal que contém material genético alterado de modo permanente.

Organismo transgênico: organismo criado por engenharia genética, em cujo genoma tenham sido incorporados um ou mais genes externos.

P

Patógeno: qualquer agente que causa enfermidade.

Plasmídeo: molécula circular de ADN com enlaces covalentes, comuns nas bactérias. Usa-se com frequência como vetor de clonagem em engenharia genética.

Pleiotropia: que tem muitos efeitos diferentes a partir de um único gene.

Poligenes: grupo (hipotético) de genes que controlam uma característica, cada um com um efeito pequeno e aditivo.

Polinização: processo pelo qual as células sexuais masculinas da antera de uma planta fertilizam o estigma.

Procariota: o super-reino que agrupa formas de vida sem parede celular; microorganismos que carecem de membrana no núcleo que contém os cromossomos.

Promotor: região reguladora de um gene envolvida no controle da união da polimerase do ARN com o gene marcado.

Propagação: reprodução assexuada e desenvolvimento de plantas a partir de cultura de tecidos, estacas ou fragmentos de uma planta progenitora.

R

Recombinação: formação de novas combinações de alelos ou novos genes que se apresentam quando dois fragmentos de ADN se unem ou trocam frações.

Recursos genéticos: neste livro se usou esta expressão essencialmente como sinônimo de germoplasma, exceto pelo fato de levar em si a forte implicação de que o material é considerado com um valor econômico ou utilitário.

Reduccionismo: doutrina segundo a qual um sistema complexo pode ser completamente entendido em termos de suas partes mais simples, por exemplo: um organismo deve ser totalmente entendido a partir do estudo de seus genes, ou uma sociedade a partir dos seus indivíduos.

Regulador de crescimento vegetal: amplo grupo de substâncias químicas que controlam o crescimento das plantas. Muitas são, também, compostos naturais que se encontram dentro das plantas, onde funcionam como hormônios.

Rhizobium: bactéria capaz de induzir a formação de nódulos em leguminosas como ervilha, alfafa e trevo.

Ribonuclease: enzima que degrada o ARN.

Ribossoma: uma organela celular necessária para a síntese das proteínas.

Round-Up Ready TM: a marca das plantas de soja produzidas por engenharia genética, resistentes aos efeitos herbicidas do glifosato (Round-UP TM).

S

Seqüência do ADN: organização linear das bases de um gene (ATGC) que conforma o código genético.

Seleção artificial: eleição de um genótipo que passará a formar parte dos tipos genéticos que darão origem a subseqüentes gerações de um dado organismo.

Silenciamento genético: processo (ou processos) pelo qual certos genes do genoma são impedidos de se expressar, por modificações químicas ou outros meios.

I

Teratogênico: capaz de produzir defeitos congênitos ou outros danos reprodutivos que se manifestam em um defeito visível em forma ou tamanho.

Toxóide Bt: proteína cristalina derivada de algumas cepas de *Bacillus thuringiensis*, que se ativa e se converte em veneno no ambiente alcalino do trato intestinal das larvas de insetos.

Transcrição: processo pelo qual se fabrica uma seqüência complementar à seqüência de um gene no genoma, que se pode usar diretamente – como no caso do ARN ribossômico e de transferência – ou que continua seu processo em direção ao ARN mensageiro e se traduz em uma proteína. O processo é catalisado pela enzima polimerase do ARN dependente do ADN.

Transcrição inversa: é o contrário do processo de transcrição de uma cópia do ADN complementar (ADNc), a partir de uma seqüência de ARN, é catalisada pela enzima transcriptase inversa.

Transdução: em genética, a transferência de genes de um organismo a outro por meio de vírus.

Transferência horizontal de genes: transferência de genes de um indivíduo a outro da mesma espécie ou de espécie diferente, geralmente por meios diferentes do cruzamento.

Transformação: em genética, quando um organismo adquire o ADN de outro organismo da mesma espécie ou de espécie diferente.

Transgene: um gene que se trasladou entre diferentes linhas de espécies dentro das células germinais de um hospedeiro.

Transgênese: a ciência do movimento interespecífico de genes individuais.

Transgênico: adjetivo que descreve um organismo que contém genes estranhos a sua estrutura genética natural.

V

Variedade local: população de plantas geneticamente heterogêneas, geralmente desenvolvidas por muitos anos, inclusive por séculos – na agricultura tradicional por seleção direta do agricultor, a qual está adaptada especificamente às condições locais.

Variedades: sub-tipos morfológicamente diferentes de uma determinada espécie ou gênero. Exemplo: uma nova variedade de milho.

Vetor: portador de uma enfermidade ou um gene; por exemplo: o mosquito é o vetor da malária. Os vírus, plasmídeos e transpósons são vetores de genes. Os afídios são vetores que transferem doenças de uma planta para outra.

Vetor transportador (shuttle): vetor construído artificialmente que pode transferir genes entre duas espécies geneticamente distantes.

Vírus: elemento genético parasitário incluído em uma cobertura protéica que pode replicar-se dentro das células e formar partículas infecciosas ou permanecer em dormência dentro delas. Seu material genético pode integrar-se ao genoma celular para formar provírus.

BIBLIOGRAFÍA

ALTIERI, M.A. *Biodiversity and pest management in Agroecosystems*. New York: Haworth Press, 1994.

ALTIERI, M.A. *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Boulder: Westview Press, 1996.

ALTIERI, M.A. *The ecological impacts of transgenic crops on agroecosystem health*. *Ecosystem Health*, v.6, p.13-23, 2000.

ALTIERI, M.A. Developing sustainable agricultural systems for small farmers in Latin America. *Natural Resources Forum*, v. 24, p. 97-105, 2000.

ALTIERI, M.A.; ROSSET, P; THRUPP, L.A. *The potential of Agroecology to combat hunger in the developing world*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute, 1998. (IFPRI 2020 Brief No. 55)

ANDOW, D.A. Vegetation diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology*, v. 36, p.561-586, 1991.

ARISTIDE, J.B. *Eyes of the heart: seeking a path for the poor in the age of globalization*. Monroe, ME: Common Courage Press, 2000.

AUDIRAC, Y. *Rural sustainable development in America*. New York: John Wiley and Sons, 1997.

BOUCHER, D.H. (ed.) *The paradox of plenty: hunger in a bountiful world*. Oakland, CA: Food First Books, 1999.

BRUMMER, E.C. Diversity, stability and sustainable American agriculture. *Agronomy Journal*, v. 90, p. 1-2, 1998.

BURKS, A.W. ; FUCHS. R.L. Assessment of the endogenous allergens in glyphosate-tolerant and commercial soybean varieties. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, v. 96, p. 6-13, 1995.

BUSCH, L.; LACY, W.B.; BURKHARDT, J.; LACY, L. *Plants, power and profit*. Oxford, UK: Basil Blackwell, 1990.

CARPENTER, J.E.; GIANESSI, L.P. Herbicide tolerant soybeans: why growers are adopting roundup ready varieties. *Agbioforum*, v. 2, p. 2-9, 1999.

CASPER, R.; LANDSMANN, J. The biosafety results of field tests of genetically modified plants and microorganisms. In: LAUNDERS, P.K (ed.). *Proceeding of the Second International Symposium Goslar*. Braunschweig, Germany: Biologische Bundensantalt, 1992. p. 89-97.

CONROY, M.T.; MURRAY, D.L.; ROSSET, P. *A cautionary fable: Failed US Development Policy in Central America*. Boulder, CO: Lynne Rienner Publishers, 1996.

CONWAY, G.R. *The doubly green revolution: food for all in the 21st century*. London, UK: Penguin Books, 1997.

DARMENCY, H. The impact of hybrids between genetically modified crop plants and their related species: introgression and weediness. *Molecular Ecology*, v. 3, p.37-40, 1994.

DONNEGAN, K.K., PALM, C.J.; FIELAND, V.J.; PORTEUS, L.A.; GANIS, L.M.; SCHELLER, D.L.; SEIDLER, R.J. Changes in levels, species, and DNA fingerprints of soil micro organisms associated with cotton expressing the *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* endotoxin. *Applied Soil Ecology*, v. 2, p.111-124, 1995.

DONNEGAN, K.K.; SEIDLER, R. Effects of transgenic plants on soil and plant microorganisms. *Recent Research Developments in Microbiology*, v. 3, p.415-424, 1999.

DUFFY, M. Does planting GMO seed boost farmers' profits? *Leopold Center for Sustainable Agriculture Letter*, v. 11, n.3, p.1-5, 1999.

DUKE, S.O. *Herbicide resistant crops: agricultural, environmental, economic, regulatory, and technical aspects*. Boca Raton, LA: Lewis Publishers, 1996. p. 420

FOWLER, C.; MOONEY, P. *Shattering: food, politics, and the loss of genetic diversity*. Tucson: University of Arizona Press, 1990.

GHAFFARZADEH, M.F.; PRECHAC, G.; CRUSE, R.M. Grain yield response of corn, soybean and oat grain in a strip intercropping system. *American Journal of Alternative Agriculture*, v. 4, p. 171-175, 1999.

GILL, D.S. Development of herbicide resistance in annual ryegrass populations in the cropping belt of western Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v. 3, p. 67-72, 1995.

GOLDBERG, R.J. Environmental concerns with the development of herbicide-tolerant plants. *Weed Technology*, v. 6, p. 647-652, 1992.

GOULD, F. Potential and problems with high-dose strategies for pesticidal engineered crops. *Biocontrol Science and Technology*, v. 4, p. 451-461, 1994.

GREEN, M.B.; LEBARON, A.M.; MOBERG, W.K. (eds.) *Managing Resistance to Agrochemicals*. Washington, DC: American Chemical Society, 1990.

GREENLAND, D.J. *The sustainability of rice farming*. Wallingford, England: CAB International, 1997.

HANSEN, M.K. *Genetic engineering is not an extension of conventional plant breeding*. New York: Consumer Policy Institute, 1999.

HILBECK, A.; BAUMGARTNET, A.M.; FRIED, P.M.; BIGLER, F. Effects of transgenic *Bacillus thuringiensis* corn fed prey on mortality and development time of immature

Crysoperla carnea (Neuroptera: Chrysopidae). *Environmental Entomology*, v. 27, p. 460-487, 1998.

HILBECK, A.; MOAR, W.J.; PUTZAI-CAREY, M.; FILIPPINI, A.; BIGLER, F. Prey-mediated effects of Cry1Ab toxin and protoxin on the predator *Crysoperla carnea*. *Entomology, Experimental and Applied*, v. 91, p. 305-316, 1999.

HINDMARSH, R. The flawed sustainable promise of genetic engineering. *The Ecologist*, v. 21, p. 196-205, 1991.

HOBBELINK, H. *Biotechnology and the future of world agriculture*. London: Zed Books, 1991. p. 159.

HOLT, J.S.; POWLES, S.; HOLTUM, J. A.M. Mechanisms and agronomic aspects of herbicide resistance. *Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology*, v. 44, p. 203-229, 1993.

HOLT, J.S. AND H.M. LE BARON Significance and distribution of herbicide resistance. *Weed Technology*, v. 4, p. 141-149, 1990.

KENDALL, H.W.; BEACHY, R.; EISMER, T.; GOULD, F.; HERDT, R.; RAVON, P.H.; SCHELL, J.; SWAMINATHAN, M.S. *Biotechnology of crops: report of the World Bank Panel on Transgenic Crops*. Washington DC: World Bank, 1997. p. 1-30.

KLOPPENBURG, J. *First the seed: the political economy of plant technology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. p. 1492-2000.

KRIMSKY, S.; WRUBEL, R.P. *Agricultural Biotechnology and the environment: science, policy and social issues*. Urbana, IL: University of Illinois Press, 1996.

LAMPKIN, N. *Organic farming*. Ipswich, NY: Farming Press, 1990.

LAPPE, F.M. AND B. BAILEY *Against the grain: Biotechnology and the Corporate Takeover of Food*. Monroe, ME: Common Courage Press. 1998.

LAPPE, F.M.; COLLINS, J.; ROSSET, P.; ESPARZA, L. *World Hunger: Twelve Myths*. 2.ed. New York: Grove Press, 1998. p. 270.

LAPPE, M.A.; BAILEY, E.B.; CHILDERS, C.H.; SETCHELL, K.G.R. Alterations in clinically important phytoestrogens in genetically modified, herbicide tolerant soybeans. *Journal of Medicinal Food*, v. 1, p. 241-245, 1999.

LOSEY, J.J.E.; RAYOR, L.S.; CARTER, M.E. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature*, v. 399, p. 214, 1999.

LUTMAN, P.J.W. (ed.) Gene flow and agriculture: relevance for transgenic crops. *British Crop Protection Council Symposium Proceedings No. 72*. Staffordshire, England: British Crop Protection Council, 1999. p.43-64.

MALLET, J.; PORTER, P. Preventing insect adaptations to insect resistant crops: are seed mixtures or refuge the best strategy? *Proceeding of the Royal Society of London*

Series B Biology Science, v. 250, p. 165-169, 1992.

MELLON, M.; RISSLER, J. *Now or Never: serious new plans to save a natural pest control*. Washington, DC: Union of Concerned Scientists, 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL *Ecologically based pest management*. Washington, DC. National Academy of Sciences, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Alternative Agriculture*. Washington, DC: National Academy Press, 1984.

NICHOLLS, C.I.; ALTIERI, M.A. Conventional agricultural development models and the persistence of the pesticide treadmill in Latin America. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, v. 4, p. 93-111, 1997.

OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT *A new technological era for American Agriculture*. Washington DC: US Government Printing Office, 1992.

ONSTAD, D.W. ; GOULD, F. Do dynamics of crop maturation and herbivorous insect life cycle influence the risk of adaptation to toxins in transgenic host plants? *Environmental Entomology*, v. 27, p. 517-522, 1998.

PALM, C.J.; SCHALLER, D.L.; DONEGAN, K.K.; SEIDLER, R.J. Persistence in soil of transgenic plant produced *Bacillus thuringiensis* var. *Kustaki* endotoxin. *Canadian Journal of Microbiology*, v. 42, p. 1258-1262, 1996.

PAOLETTI, M.G.; PIMENTEL, D. Genetic engineering in agriculture and the environment: assessing risks and benefits. *BioScience*, v. 46, p. 665-671, 1996.

PERSLEY, G.J.; LANTIN, M.M. *Agricultural Biotechnology and the poor*. Washington DC: Consultative Group on International Agricultural Research, 2000.

PIMENTEL, D. ; LEHMAN, H. *The pesticide question*. Chapman and Hall. New York, 1993.

PRETTY, J. *Regenerating Agriculture: policies and practices for sustainability and self-reliance*. London, UK: Earthscan, 1995.

RADOSEVICH, S.R.; HOLT, J.S.; GHERSA, C.M. *Weed Ecology: implications for weed management* (second edition). New York: John Wiley and Sons, 1996.

RISSLER, J.; MELLON, M. *The ecological risks of engineered crops*. Cambridge, MA: MIT Press, 1996.

ROBINSON, R.A. *Return to resistance: breeding crops to reduce pesticide resistance*. Davis, California: AgAccess, 1996.

ROSSET, P. *The multiple functions and benefits of small farm agriculture in the context of global trade negotiations*. Oakland, CA: Institute for Food and Development Policy, 1999. Food First Policy Brief No. 4.

ROYAL SOCIETY *Genetically modified plants for food use*. London, UK: Royal Society, 1998. Statement 2/98.

SAXENA, D.; FLORES, S.; STOTZKY, G. Insecticidal toxin in root exudates from Bt corn. *Nature*, v. 40, p. 480, 1999.

SCHULER, T.H.; POTTING, R.P.J.; DUNHOLM, I.; POPPY, G.M. Parasitic behavior and Bt plants. *Nature*, v. 400, p. 825, 1999.

SNOW, A.A.; MORAN, D.P. Commercialization of transgenic plants: potential ecological risks. *BioScience*, v. 47, p. 86-96, 1997.

STEINBRECHER, R.A. From green to gene revolution: the environmental risks of genetically engineered crops. *The Ecologist*, v. 26, p. 273-282, 1996.

TABASHNIK, B.E. Genetics of resistance to *Bacillus thuringiensis*. *Annual Review of Entomology*, v. 39, p. 47-49, 1994a.

TABASHNIK, B.E. Delaying insect adaptation to transgenic plants: seed mixtures and refugia reconsidered. *Proceedings of the Royal Society*, London, v. 255, p. 7-12, 1994b.

TICCIATI, L.; TICCIATI, R. *Genetically Engineered Foods: Are They Safe?* New Canaan, CT: Keats Publishing, 1998.

THRUPP, L.A. *cultivating biodiversity: agrobiodiversity for food security*. Washington DC: World Resources Institute, 1998.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. *Genetically engineered crops for pest management*. Washington DC: USDA Economic Research Service, 1999.

UPHOFF, N.; ALTIERI, M. A. *Alternatives to conventional modern agriculture for meeting world food needs in the next century (Report of a Bellagio Conference)*. Ithaca, NY: Cornell International Institute for Food, Agriculture and Development, 1999.