

TRANSGÊNICOS, MITOS E FATOS (1)

Ernesto Paterniani (2)

Os países em desenvolvimento têm duas opções: a ciência ou a miséria (Bernardo Houssay)

Agricultura e Manipulação Genética — A sobrevivência da espécie humana só foi garantida com a invenção da agricultura que ocorreu, pelo menos duas vezes, independentemente, no Velho e no Novo Mundo, há cerca de dez mil anos. Tendo o homem, ou seus ancestrais mais próximos, surgido há um milhão e quinhentos mil anos, verifica-se que a agricultura é bastante recente. Isso pode ser melhor visualizado, utilizando uma escala de um ano de 365 dias, na qual o homem apareceu no dia 1º de janeiro, tendo a agricultura surgido às 16 horas e 30 minutos do dia 29 de dezembro. Durante a quase totalidade da sua história o homem viveu essencialmente da caça e, quando disponível, da coleta de frutas. Estima-se que eram necessários 2500 ha de terra para alimentar uma pessoa. Conforme se verifica pela Tabela 1, com o advento da agricultura, e subseqüentes progressos técnicos, houve um crescente aumento na eficiência para a produção de alimentos, sendo que atualmente, apenas 250 ha podem produzir alimentos para cerca de 3600 pessoas. Todo esse progresso ocorreu em função da crescente domesticação e melhoramento genético das plantas juntamente com os avanços das técnicas agrônômicas como nutrição e adubação, controle de pragas e enfermidades, irrigação e demais práticas agrícolas. Mas as modificações genéticas ocorridas nas plantas, sem dúvida, desempenharam papel preponderante em todo esse processo.

As plantas silvestres possuem uma série de atributos que as tornam adaptadas à vida na natureza, porém que são indesejáveis para a agricultura, tais como espinhos, dispersão de sementes, presença de subs-

1 Palestra promovida pela ADAE (Associação dos Docentes Aposentados da ESALQ) no dia 5/7/2002 na ESALQ.

2 Professor Titular de Genética e Melhoramento de Plantas da ESALQ, USP.

tâncias tóxicas, dentre vários outros. Durante a domesticação, tais atributos foram eliminados pela seleção, representando as primeiras manipulações genéticas realizadas pelo homem. A domesticação trouxe, entretanto, alguns inconvenientes, sendo o mais sério, a maior vulnerabilidade das plantas às pragas e enfermidades. Desde tempos bíblicos existem relatos de desastres na produção de alimentos devidos a enfermidades, geralmente atribuídos a desígnios divinos. Talvez o exemplo mais dramático seja a epidemia de requeima da batata causada pelo fungo *Phytophthora infestans*, que atingiu proporções catastróficas em 1845 na Irlanda, cuja população ficou reduzida quase à metade, pela fome e emigração.

O Século da Genética — A redescoberta das leis de Mendel, em 1900, estabelecendo as regras da transmissão hereditária dos caracteres entre as gerações, possibilitou o seu emprego no melhoramento com resultados mais previsíveis e seguros. Progressos subsequentes têm sido tão relevantes para a ciência e o bem-estar da sociedade, que o século 20 foi chamado “o século da Genética”. O uso do vigor de híbrido, primeiramente empregado no milho, e depois em muitas outras espécies, talvez seja a maior contribuição da Genética para a produção de alimentos. Inúmeros métodos de melhoramento genético têm sido desenvolvidos, adaptados a diferentes situações, em função dos sistemas de reprodução das plantas (autogâmicas, alogâmicas, via assexual), bem como em função dos problemas e objetivos a serem alcançados.

Uma excelente visão dos resultados obtidos pelo melhoramento genético nas principais espécies cultivadas no Brasil, pode ser apreciado em Vencovsky e Ramalho (2000). Muller (1927) e Stadler (1930) descobriram que mutações genéticas podiam ser produzidas por raios-X, o que valeu a H. J. Muller o prêmio Nobel de Medicina em 1946, dando início a uma nova área chamada de Radiogenética. Todas essas técnicas têm sido empregadas no melhoramento genético e têm sido denominadas genericamente de métodos convencionais.

Os conhecimentos obtidos com relação ao material genético, em especial depois da descoberta da hélice dupla do DNA (ácido

Tabela 1. Valores da produção de alimentos comparados à caça e aos vários tipos de agricultura. (Adaptado de Stork e Teague, 1952, e Borlaug, 1972)

Sistema	Área necessária (ha)	Nº de pessoas alimentadas
Caça (1)	2500	1
Pastoreio (2)	250	1
Agricultura de covas (3)	250	3
Agricultura de arado (4)	250	750
Agricultura de alta tecnologia (5)	250	3600

(1) Índios da América do Norte em época pré-colombiana.

(2) Índios californianos anteriores à influência européia.

(3) Índios do Leste da América do Norte antes da influência européia.

(4) Agricultura do antigo Egito.

(5) Agricultura de alta tecnologia dos Estados Unidos.

desoxirribonuclêico), por Watson e Crick em 1953, agraciados com o Prêmio Nobel de Medicina de 1962, conduziram ao desenvolvimento da técnica da Engenharia Genética, que possibilita a incorporação no genoma de uma espécie, de genes de outras espécies, sem o concurso da reprodução sexual, resultando nos chamados transgênicos, obtidos a partir de 1970. Assim, foi natural que as novas técnicas de Engenharia Genética fossem também empregadas para a obtenção de plantas com características mais desejáveis. Com o crescente desenvolvimento da Genética, novas técnicas de manipulação gênica têm sido pesquisadas. A seguir, resumidamente, são relacionadas as técnicas disponíveis, em função do emprego ou não da reprodução sexuada:

1. Com reprodução sexuada:

- Seleção — Intra e interpopulacional,
- Hibridação — Intra e interespecífica,
- Heterose — Vigor de híbridos.

2. Sem reprodução sexual

- Ploidia — Alterações no número de cromossomos,
- Mutagênese — Indução artificial de mutações,
- Variação somaclonal — Reprodução de indivíduos a partir de células somáticas,
- Hibridação somática — Fusão de protoplastos,
- Cíbridos — Citoplasma e organelas da espécie A e núcleo da espécie B,
- Transgenia — Transferência de genes exógenos,
- Transplastomia — Transferência de plastídeos exógenos.

Dentre as formas que não requerem reprodução sexual, a ploidia e a mutagênese vêm sendo empregadas há muitas décadas. A transgenia é a que está mais em evidência no momento. As demais ainda se encontram em fase bastante experimental. A novidade, o desconhecimento e outros fatores não bem definidos levaram setores da sociedade a questionar o uso das plantas transgênicas em geral. A seguir, alguns dos principais questionamentos.

Por que os transgênicos? — Como foi visto, basicamente no melhoramento convencional, são utilizados primariamente processos de seleção visando a eliminar os genes e seus respectivos caracteres não desejáveis, aumentando, ao mesmo tempo a frequência dos atributos desejáveis. Em seqüência, cruzamentos entre variedades da mesma espécie permitem a incorporação de genes na variedade desejada. Numa etapa posterior, são produzidos cruzamentos inter-específicos, seja para transferência de genes, seja para a obtenção de novas espécies, como o *triticale* (trigo x centeio) e o *tritordeum* (trigo x aveia) Também tem sido amplamente utilizadas as técnicas de indução artificial de mutações por meio de radiações ionizantes e não-ionizantes, além de fatores físicos e químicos, isso tudo, sob a denominação genérica de Radiogenética, é evidente, não há reprodução sexual.

Como o código genético é universal, isto é, é idêntico para todos os seres vivos, os genes transferidos de uma espécie para outra vão produzir as mesmas características que produziam na espécie doadora. É

por isso que o gene da insulina, transferido para a bactéria *Escherichia coli*, faz com que esta produza essa substância amplamente empregada no tratamento de pessoas diabéticas. Muitas características desejáveis, como, por exemplo, resistência a pragas e enfermidades, além de outras, não são encontradas numa determinada espécie cultivada, o que impossibilita o uso das técnicas convencionais nesses casos. Uma vez que esses atributos são identificados em outra espécie, é natural que a técnica de engenharia genética seja utilizada para a transferência dessas qualidades para a espécie de interesse agrícola resultando assim as plantas transgênicas. Utilizando a técnica em questão, foram obtidas inicialmente plantas resistentes a herbicidas e a insetos pragas. Inúmeras plantas transgênicas com maior teor de proteína de boa qualidade, ricas em vitaminas e sais minerais, ácidos graxos mais saudáveis, etc. já obtidas, encontram-se em experimentação.

Segurança para a saúde — Todas as novas variedades, sejam transgênicas ou não, são adequadamente avaliadas pelos pesquisadores, antes da sua liberação. Neste aspecto, por constituir uma inovação tecnológica, os transgênicos têm sido avaliados com muito maior rigor (princípio da precaução). Uma vez obtida uma planta transgênica destinada ao consumo humano ou animal, é a mesma avaliada sob vários critérios. Assim, de início a composição química é determinada e comparada com a correspondente não-transgênica, verificando-se se há equivalência substancial, o que indica semelhança em todos os seus componentes com exceção da nova proteína específica do gene inserido. A seguir, testes com animais alimentados com altas doses da nova proteína são conduzidos. Finalmente, como segurança adicional para a saúde humana, os produtos transgênicos são digeridos *in vitro* com suco gástrico humano e comparados com a digestão dos correspondentes não transgênicos.

A experiência de vários anos com milhões de pessoas consumindo produtos transgênicos, não revelou um único caso de dano à saúde. Assim, os riscos que têm sido anunciados, são apenas hipotéticos. Uma preocupação dos pesquisadores, é com a possibilidade de novos alimen-

tos causarem efeitos alergênicos. Neste caso, também é conduzida uma série de análises e testes específicos. Um feijão transgênico com melhor composição protéica, maior teor de metionina, um aminoácido essencial, foi obtido incorporando um gene da castanha do Pará. Devido à possibilidade de que certas pessoas, alérgicas à castanha do Pará, também fossem alérgicas a esse feijão transgênico, a pesquisa foi interrompida e o produto nunca foi liberado ao público (princípio da precaução).

Vários transgênicos resistentes a pragas têm-se mostrado mais livres de certas toxinas, o que os torna mais saudáveis. Assim, em conclusão, os transgênicos são tão ou mais seguros do que os correspondentes não transgênicos.

Segurança para o meio ambiente — Até o presente, as variedades transgênicas liberadas resistentes a herbicidas e a insetos pragas, têm reduzido o uso de agroquímicos, como comprovam as estatísticas dos países onde essas plantas estão sendo cultivadas normalmente. Por exemplo, o milho Bt, no qual foi incorporado um gene da bactéria *Bacillus thuringiensis*, produz uma toxina nas folhas que mata as lagartas, dispensando, ou diminuindo, o emprego de inseticidas. Nos campos de algodão Bt nos Estados Unidos, observa-se uma grande quantidade de pássaros e insetos que batem nos pára-brisas dos carros. Por outro lado, nos campos de algodão não-transgênico, os agricultores precisam usar inseticidas que matam tanto os insetos pragas como os úteis, como as abelhas. Considerando que o consumo anual de agroquímicos no mundo é da ordem de US \$ 35 bilhões e no Brasil é de US \$ 2,5 bilhões, os transgênicos podem representar significativa economia e proteção ao meio ambiente. Com relação às plantas resistentes a herbicidas, estas são as maiores aliadas da conservação do solo no sistema de plantio direto, onde o solo não é revolvido, evitando a erosão, o maior problema de conservação do solo em regiões tropicais.

Benefícios ao consumidor — Nenhuma inovação tecnológica beneficia o consumidor de imediato. Leva um certo tempo até que seja adotada por uma parcela dos produtores, quando, devido à maior eficiên-

cia e diminuição dos custos, pode resultar em benefício ao consumidor. Sempre tem sido desejável a redução dos custos de produção, que de início beneficia o produtor e, como tem sido regra geral, mais tarde o consumidor também é beneficiado. Além do mais, proibir uma tecnologia porque, de início, beneficia apenas o agricultor, parece uma posição demasiadamente fisiológica, representando uma grande falta de consideração para com o agricultor, o qual também é um consumidor que não deve ser desprezado pela sociedade. Novos transgênicos em fase experimental de avaliação, prometem benefícios mais evidentes para o consumidor, destacando-se o arroz dourado, com elevado teor de caroteno, precursor da vitamina A, oleaginosas com ácidos graxos mais saudáveis, alimentos mais nutritivos dentre outros.

Consenso entre os cientistas — Raramente na ciência há unanimidade. No caso dos transgênicos, é significativo que a quase totalidade dos geneticistas considera os transgênicos um novo e importante auxiliar tanto na medicina, como na agricultura e na indústria, para promover uma melhor qualidade de vida para a sociedade. Mais de 3000 cientistas, inclusive Prêmios Nobel, assinaram declaração nesse sentido, destacando-se o seguinte trecho:

Nenhum produto alimentar, seja produzido por técnicas de DNA recombinante ou por métodos mais tradicionais, é totalmente sem risco. Os riscos apresentados por alimentos, são uma função das características biológicas dos alimentos e dos genes que foram utilizados e não do processo empregado para o seu desenvolvimento. Nosso objetivo, como cientistas, é assegurar que qualquer novo alimento produzido com a utilização do DNA recombinante, seja tão ou mais seguro do que aqueles que já vêm sendo consumidos.

A Associação Médica Americana (AMA) tem a seguinte posição:

É política da AMA apoiar e implementar programas que irão convencer o público e agentes governamentais, de que a manipulação genética não é inerentemente perigosa e que os benefícios do DNA recombinante, tanto em termos econômicos como para a saúde, excedem em muito qualquer risco anunciado para a sociedade. A idéia

atual de que os organismos DNA-engenheirados representam maior perigo para o ambiente ou para a saúde humana, não é apoiada nem pela pesquisa científica e nem pela maioria da comunidade científica.

A Academia de Ciências do Vaticano também se posicionou sobre o assunto, declarando que a nova tecnologia pode contribuir para uma diminuição da fome no mundo, e que os países em desenvolvimento devem ter acesso a essa tecnologia. Finalmente, o Dr. Norman E. Borlaug, pai da Revolução Verde e Prêmio Nobel da Paz de 1970, assim se expressou (Borlaug, E. N. 2000. **Plant Physiology**, 124:487- 490):

A questão mais pertinente no momento, é se os produtores poderão utilizar essa tecnologia. Os extremistas do movimento ambiental, principalmente de nações ricas e/ou de classes privilegiadas da sociedade de nações pobres, parecem estar fazendo todo o possível para impedir o progresso científico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Borlaug, N. E. 1972. Human Population, Food Demands and Wildlife Needs. North American Wildlife and Natural Resource Conference, 37. Mimeo. 27 p.
- Muller, H. J. 1927. Artificial Transmutation of the Gene. **Science**, Washington, 66:84—87.
- Stadler, L. J. 1930. Some Genetic Effects of X-Rays in Plants. **Journal of Heredity**, Washington, 30: 3—19.
- Stork, J. e W. D. Teague. 1952. **Flour for Man's Bread**. Minnesota, Univ. Minnesota Press, 382p.
- Vencovsky, R. e M. A. P. Ramalho. 2000. Contribuição do Melhoramento Genético de Plantas no Brasil. In Paterniani, E. (Ed.) **Agricultura Brasileira e Pesquisa Agropecuária**. Brasília: Embrapa: 57 — 89.