



**transgénico**  
**de todo día**

No Brasil, mais de 50 organismos geneticamente modificados (OGMs) já foram liberados para comercialização.

Em breve, o feijão – base da alimentação do brasileiro – também estará no mercado.

Longe de ser consenso na comunidade científica, o assunto gera debates intensos de ordem não só técnica, mas política, econômica e social

GISELLE PAULINO

**E**m 1983, o biólogo molecular Marc van Montagu, professor titular e diretor do Laboratório de Genética da Faculdade de Ciências da Universidade de Ghent, na Bélgica, e Jozef Schell, fundador da empresa de biotecnologia Plant Genetic Systems, produziram a primeira planta transgênica. Os cientistas conseguiram introduzir no tabaco os genes de resistência ao antibiótico canamicina. Embora polêmico, o assunto se restringiu às discussões acadêmicas e à comunidade científica. Os debates a respeito do consumo humano desses produtos só ocorreram uma década mais tarde, quando a empresa Calgene obteve a licença do Food and Drug Administration (FDA), nos Estados Unidos, para oferecer ao mercado seus tomates geneticamente modificados.

Apesar de toda polêmica inicial (*veja box na página 25*), produtos que contêm alimentos geneticamente modificados já se tornaram uma realidade no Brasil e no mundo. Biscoitos e bolachas industrializados, óleo de cozinha e derivados do milho (como fubá e amido de milho) são os principais alimentos que levam os chamados Organismos Geneticamente Modificados (OGMs). Hoje, mais de 50 produtos desse tipo foram liberados para comercialização no país. Agora, é a vez do feijão transgênico.

O assunto é controverso e gera dúvidas porque, diferentemente da reprodução sexuada, na qual acontece uma troca aleatória de material genético de forma natural entre cromossomos de indivíduos de mesma espécie, o ser humano desenvolveu a chamada tecnologia do DNA recombinante, um conjunto de métodos que permite a combinação de material genético de diferentes organismos. Seu resultado é uma molécula que muitos geneticistas chamam de DNA quimérico. Com esta tecnologia realizada *in vitro*, é possível isolar pedaços de cromossomos do indivíduo A e combinar com cromossomos do indivíduo B, sendo que os dois indivíduos podem ser até mesmo de espécies diferentes.

Dessa forma, é importante ressaltar que OGM não é sinônimo de transgênico. OGMs são organismos manipulados geneticamente, de modo a favorecer características desejadas, como cor e tamanho. Transgênico é um organismo a cujo DNA se adicionou um trecho de DNA de outra espécie por meio da tecnologia do DNA recombinante.

## O badalado feijão

O tema, que parecia adormecido nos noticiários brasileiros, voltou à tona com o recente anúncio de que uma variedade transgênica de feijão tipo carioquinha deverá chegar ao mercado até 2014. No ano passado, a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), órgão ligado

ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, aprovou o cultivo comercial do feijão transgênico desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

O desenvolvimento do grão custou cerca de US\$ 3,5 milhões. Para os entusiastas da tecnologia, o feijão transgênico foi considerado um marco, pois é a primeira planta com essas características totalmente produzida por instituições públicas de pesquisa brasileiras. A semente em questão é resistente ao vírus do mosaico-dourado, que é transmitido por um pequeno inseto chamado mosca-branca, que atinge a safra de diversas regiões do país. Segundo a Embrapa, o mosaico-dourado é responsável por perdas entre 90 mil e 280 mil toneladas de feijão todos os anos no Brasil.

Para criar o grão mais resistente à praga, os pesquisadores Francisco Aragão, da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, e Josias Farias, da Embrapa Arroz e Feijão, modificaram geneticamente a planta para que ela fosse capaz de produzir pequenos fragmentos de RNA responsáveis pela ativação de seu mecanismo de defesa contra o vírus (*veja infográfico abaixo*). A equipe de cientistas está desenvolvendo pesquisas de campo desde 2006 nas regiões de Sete Lagoas (MG), Londrina (PR) e Santo Antônio de Goiás (GO), onde a produção de feijão é alta. Segundo a Embrapa, os grãos transgênicos infectados pelo mosaico-dourado não apresentam sintomas da doença.

## **Questão de segurança**

Uma das grandes dúvidas que ficam é se o vírus pode ou não sofrer mutação. A Embrapa garante que estudos sobre a variabilidade do vírus já vêm sendo feitos há algum tempo no Brasil. De acordo com Aragão, da Embrapa, o vírus precisaria sofrer ao menos cerca de 40 mutações simultâneas para conseguir se multiplicar novamente nesta situação. A probabilidade de isso acontecer, segundo ele, é muito baixa. No Haváí, que faz parte dos Estados Unidos, foi desenvolvido um mamão transgênico que segue o mesmo mecanismo do feijão da Embrapa. Por lá, testes com o vírus vêm sendo feitos desde 1998 sem apresentar problemas. Por aqui, embora a taxa de mutações nesses organismos tenha sido baixa durante o período de estudos, os cientistas não descartam a possibilidade de aparecer outro tipo de vírus também capaz de provocar a doença do mosaico-dourado no feijão.

A política brasileira para produtos geneticamente modificados determina que estes sejam submetidos a uma comissão técnica, a CTNBio, criada com a finalidade de prestar apoio técnico consultivo e assessoramento ao Governo Federal na formulação, atualização e implementação da Política Nacional de Biossegurança relativa a OGMs. A CTNBio é a grande responsável em verificar a possibilidade de comercialização do produto. São 27 membros ligados a universidades, centros de pesquisas e entidades da sociedade civil que fazem

essa avaliação até sua liberação comercial. A instância se encarrega das avaliações técnicas, ou seja, de analisar os potenciais riscos ao meio ambiente, ao agricultor, à população e aos animais que vão consumir os produtos.

A empresa que deseja colocar no mercado um OGM precisa estar registrada como empresa atuante no setor, fazer estudos de campo e ensaios em condições isoladas. O monitoramento pode variar entre seis meses e um ano. O Ministério da Agricultura deve fazer visitas regulares às plantações. Uma avaliação dessa natureza pode levar cerca de três anos, dependendo da complexidade do material. A CTNBio tem casos de plantas que estão em análise há mais de oito anos que ainda não foram liberadas, como os eucaliptos transgênicos. "A CTNBio analisa dados sobre saúde humana e animal, impactos na área vegetal e ambiental. Olhamos questões de alergicidade, valor nutricional e a resistência a insetos agrícolas", diz Flávio Finardi, presidente da CNTBio. Segundo ele, o feijão transgênico aprovado no ano passado ainda não entrou no mercado porque é necessária uma quantidade suficiente de sementes antes de ser comercializado aos produtores. O órgão que faz a liberação do produto é o Conselho Nacional de Biossegurança, formado por onze ministros de Estado.

A próxima etapa é a própria empresa colocá-lo no mercado.

## Símbolo obrigatório

O Brasil criou em 2003 um decreto (4.680/03) que determina que todo produto com mais de 1% de material geneticamente modificado em sua fórmula traga estampado na embalagem o símbolo do transgênico (à esquerda). É possível ver esse símbolo em produtos como óleo de cozinha, ração animal, alimentos com amido de milho ou salgadinhos à base de milho. A CTNBio se posiciona contra o símbolo que traz a letra T em um triângulo amarelo. "Acredito que o consumidor deva ser informado de que há produto geneticamente modificado no alimento, mas não há a necessidade de colocar um sinal de alerta", diz Finardi. A instância defende que os transgênicos passem por um longo protocolo de avaliação. De acordo com a CTNBio, ensaios que atestam a segurança dos produtos estão disponíveis no site da instituição para toda a sociedade.

No entanto, há visões muito distintas sobre a segurança com os alimentos geneticamente modificados. "Desde a primeira planta transgênica, o homem nunca conseguiu dominar a técnica de transferir exatamente aquilo que recombinou *in vitro*

para dentro de uma célula. Uma sequência exótica na planta promove inúmeras consequências que nós ainda não conhecemos bem”, explica Rubens Nodari, professor do departamento de fitotecnia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). “O homem é capaz de isolar o DNA, combinar moléculas de diferentes espécies, sintetizar, cortar e colar. Mas ainda não foi possível fazer numa planta exatamente igual àquilo que foi previsto *in vitro*”, afirma. Engenheiro agrônomo com doutorado em genética pela Universidade da Califórnia, Nodari estuda possíveis impactos dos transgênicos no meio ambiente. Ele afirma que o volume de arquivos científicos que mostram efeitos adversos de transgênicos em diferentes ecossistemas é grande.

## Os fins e os meios

No início, havia a crença de que as sementes modificadas poderiam aumentar o valor nutricional dos alimentos. No entanto, a maioria se limita a ser resistente a herbicidas ou a produzir toxinas para matar pragas. Segundo Nodari, a demanda por defensivos pode diminuir no início, mas após alguns anos poderá aumentar por dois motivos: a praga pode se tornar resistente ao veneno e as plantas são suscetíveis a mais de um tipo de inseto. “Pragas secundárias podem se tornar primárias. Na China, conseguiram o controle da lagarta no algodão por meio de plantas transgênicas, mas, hoje, as lavouras enfrentam problemas com o percevejo, que é muito pior”, exemplifica. O professor lembra, ainda, que é preciso abordar o assunto levando em conta as relações socioeconômicas e de dominação política. Hoje, seis grandes indústrias de defensivos agrícolas são as maiores produtoras dessas sementes. Outra preocupação é a dependência que os agricultores criam da tecnologia. Para adquirir as sementes, eles precisam pagar *royalties* às empresas todos os anos. E a semente usada em uma safra não serve para o plantio da safra seguinte.

Outra crítica feita pelo pesquisador é a falta de acesso às informações sobre os transgênicos antes de o produto ser liberado. Nodari destaca que os dados fornecidos pelas empresas são insuficientes ou com pouca qualidade científica e que, por isso, é preciso esperar o produto estar no mercado para poder comprar a semente e estudá-la. “Estamos praticando uma ciência omissa e legitimando o desconhecido. Os transgênicos são lançados e, aos poucos, os pesquisadores vão encontrando problemas quando o produto já foi liberado.”

Estudos realizados pela equipe de Nodari em Santa Catarina com o milho que contém a toxina BT em *Daphnia magna* (pequenos crustáceos utilizados para testes de toxinas) mostram que organismos que foram alimentados com a variedade transgênica têm menos filhos do que os que receberam alimentação convencional. Em setembro, a revista

francesa *Food and Chemical Toxicology* publicou uma pesquisa coordenada por Gilles-Eric Seralini, professor da Universidade de Caen, na França. Nela, camundongos alimentados por um tipo de milho transgênico, já no mercado internacional, apresentaram câncer com mais frequência e morrem antes que os demais. Os resultados, no entanto, foram imediatamente contestados por outros cientistas.

As opiniões sobre a segurança dos alimentos transgênicos são diversas. Por vezes, o público acompanha o debate sem muita informação, o que causa insegurança. Por isso, o Ministério Público Federal determinou em agosto deste ano que toda empresa de alimentos deve informar aos consumidores a existência de organismos transgênicos na composição dos alimentos, independentemente de percentual ou qualquer outra condicionante. Até então, a questão da rotulagem desses alimentos obedecia ao decreto de 2003, que definiu que apenas alimentos com OGMs acima do limite de 1% deveriam ser rotulados.

### Outros contrapontos

A notícia de que sementes transgênicas do feijão devem chegar ao mercado até 2014 colocou em alerta organizações da sociedade civil, associações de direito do consumidor, como o Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (Idec), e associações de pequenos agricultores. Ao lado do arroz, o feijão é o grão mais consumido no país e faz parte da dieta brasileira. “É fundamental que os agricultores tenham acesso aos alimentos que consomem culturalmente. Uma sociedade deve ter controle daquilo que é necessário para a produção do seu próprio alimento”, diz Ana Carolina de Almeida, assessora jurídica da Terra de Direitos, organização não governamental de direitos humanos que trabalha com questões relacionadas à soberania alimentar. “A tecnologia transgênica é uma forma de dificultar o acesso a sementes”, alerta.

A contaminação por polinização é mais uma questão polêmica. No México, um estudo liderado por Elena Álvarez-Buylla, da Universidade Nacional Autônoma do México (Unam), constatou a presença de transgenes em variedades crioulas de milho em diversas plantações no país. A contaminação teria sido feita por plantações transgênicas dos Estados Unidos, já que o México não tinha tal tipo de semente. O resultado do estudo foi publica-

do pela revista *Nature* em 2001 e causou mal-estar. O México é considerado um centro de origem do milho e o mais importante centro de diversidade genética da espécie. Além disso, o milho é o alimento básico mais importante do país, tendo também grande importância cultural e até mesmo religiosa para sua população, sobretudo os indígenas. Por este motivo, o governo mexicano não permitia o plantio de milho transgênico.

No Brasil, a legislação determina que as plantações de OGMs estejam a pelo menos 100 metros das convencionais. Mas, com base em experiências como a do México, é muito provável que lavouras de pequenos agricultores que usam sementes crioulas possam ser contaminadas. Estima-se que cerca de 80% do milho plantado no Brasil seja transgênicos. “Sabemos que o pólen do milho viaja por muitos quilômetros. Ou seja, a contaminação pode ocorrer. De norte a sul, o milho é uma das culturas mais plantadas no país e é muito utilizado nos produtos industrializados”, diz Paulo Kageyama, professor do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), da Universidade de São Paulo. Especialista em fluxo gênico, Kageyama estuda a dispersão de pólen de sementes. Com técnicas de genética molecular é possível analisar a distância que o pólen “caminha”. Na visão da CTNBio, a contaminação por polinização pode ser resolvida se medidas forem seguidas de forma rigorosa. Uma delas é que os agricultores combinem entre eles a data de plantio para não haver coincidência de floração nas lavouras. Outra recomendação da CTNBio seria fazer uma bordadura e impedir o escape do pólen para uma plantação convencional.

**“O PÓLEN VIAJA POR  
QUILÔMETROS. OU SEJA,  
A CONTAMINAÇÃO DO  
MILHO PODE OCORRER.”**  
(PAULO KAGEYAMA)

## Mosquitos condenados

A manipulação genética tem avançado com rapidez e as polêmicas extrapolam o universo da agricultura. Cientistas da Universidade de Oxford, na Inglaterra, desenvolveram em laboratório um mosquito transgênico do *Aedes aegypti*, transmissor do vírus da dengue com a finalidade de combater a doença. Para isso, um gene letal é introduzido no ovo do mosquito. Quando adulto, o macho copula, mas sua cria morre ainda em fase de larva e jamais chegará à idade adulta. Dessa forma, as próximas gerações do mosquito estarão comprometidas. O mosquito encontra-se em fase de testes e tende a virar um produto. Sua eficiência no combate à dengue depende de ser introduzido no ecossistema um grande número de indivíduos, o que aumenta as chances de as fêmeas copularem com o macho geneticamente modificado. No Brasil, os testes são realizados em quatro bairros na cidade de Juazeiro, na Bahia, desde fevereiro de 2011. Desde então, houve entre 80% e 90% de supressão da dengue. Os mosquitos são soltos três vezes por semana, sendo que apenas a fêmea pica e transmite a doença.

De origem africana, o *Aedes aegypti* não faz parte da cadeia alimentar de nenhum outro animal. Nos anos 1950, o mosquito foi erradicado no país graças a uma campanha contra a febre amarela, pois o mosquito também é vetor da doença. No entanto, voltou a aparecer, provavelmente reintroduzido com as movimentações humanas entre continentes. “A finalidade não é erradicar a dengue, mas conseguir deixar a doença em níveis baixos. Produzir um mosquito transgênico sai mais barato do que desenvolver um novo inseticida”, afirma Margareth Capurro, professora de genética da Universidade de São Paulo, coordenadora do projeto no Brasil.

Por aqui, o mosquito está sendo produzido pela biofábrica Moscamed, um laboratório de insetos transgênicos, reconhecido pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio). Mesmo havendo testes em laboratório há dez

anos, possibilidades de mutações no mosquito sempre existem. Mas todo o processo é feito com controle de qualidade. “Se alguma coisa der errado, é possível perceber antes de sua liberação. Os mosquitos morrem dentro de quatro dias. Alguns conseguem sobreviver até 14 dias, mas vivem muito pouco”, explica Margareth.

Pesquisas como essa levantam questionamentos sobre até que ponto o cientista tem o direito de interferir na vida de um ser vivo. Para a geneticista Margareth Capurro, isso depende da proposta de cada cientista. Na opinião de Maria Antonia Malajovich, coordenadora de biotecnologia do Instituto de Tecnologia ORT do Rio de Janeiro, as tecnologias não são nem boas nem ruins, o que importa é o uso que fazemos delas. Maria Antonia ensina que o homem sempre manipulou a vida, desde que começou a cultivar plantas, domesticar animais e tratar de algum modo suas doenças. “Hoje, a manipulação de microrganismos nos permite, por exemplo, elaborar vacinas e produzir antibióticos, mas também possibilita a preparação de armas biológicas”, compara. “A transformação da sociedade de forma positiva depende dos valores e das prioridades que ela define, e não da tecnologia disponível”, completa. ●

