

## Plantas transgênicas: que tecnologia é esta?

Fernando Adami Teacenco

Fernando Teacenco, pesquisador da Epagri, responde sobre os múltiplos interesses que a engenharia genética desperta atualmente na sociedade. Esta tecnologia, que nos últimos 25 anos estava confinada nos laboratórios de pesquisa, passou a fazer parte das discussões de camadas cada vez mais amplas de consumidores. A engenharia genética nos permite modificar o código inato das plantas e animais e inclusive desenvolver deliberadamente novos códigos não existentes anteriormente. Esta situação levanta questões como: o que é na realidade uma planta transgênica? Quais as vantagens e desvantagens das plantas transgênicas? Estamos diante de uma nova revolução tecnológica na agricultura? Pesquisador com renomado conhecimento sobre o assunto, Teacenco procura esclarecer estes questionamentos.

**O assunto "plantas transgênicas" tem suscitado muitas dúvidas e discussões. Como poderíamos definir essas plantas e qual a sua relação com outras áreas da ciência?**

Plantas transgênicas são plantas obtidas por técnicas de biologia molecular, através da incorporação, em seu genoma, de genes de outras plantas que não se cruzam sexualmente com ela, ou mesmo provenientes de organismos tão geneticamente diferentes como vírus e bactérias. A geração de plantas transgênicas anda lado a lado com vários outros avanços na ciência que tiveram um desenvolvimento acentuado nas últimas décadas. Através de técnicas de engenharia genética pode-se, por exemplo, obter bactérias com importância industrial e ecológica, como no caso da construção de uma bactéria marinha capaz de metabolizar petróleo, para utilização em casos desastrosos de derramamento de óleo nos oceanos. Pode-se também obter organismos que se especializam na produção em larga escala de drogas medicinais, como o alfa-interferon. Um outro ramo importante é a produção de vacinas sintéticas contra

a gripe e a hepatite, dentre outras.

**O melhoramento genético de plantas é uma ciência antiga, que conta agora com a engenharia genética como uma de suas ferramentas. Você poderia nos dar um apanhado da evolução do melhoramento de plantas até os dias atuais?**

O melhoramento de plantas já vem sendo praticado há milênios, intencionalmente ou não. A própria natureza elimina os indivíduos menos aptos, através da seleção natural, e o homem primitivo, mesmo desconhecendo os princípios científicos, domesticava plantas silvestres. Dentro dos passos para a domesticação das espécies vegetais mais importantes, podemos citar estes:

- coleta de sementes nos ambientes ruderais e colonização, pelas mesmas, das áreas próximas às áreas habitadas pelo homem primitivo;
- colheita de grãos das plantas já adaptadas a esse novo habitat, as quais já sofreram seleção para mutantes que apresentavam ráquis não quebrável ou vagens que não apresentavam deiscência natural;
- sementeira intencional dessas plantas mutantes, gerando então as primeiras lavouras de plantas domesticadas.

**Quando é que se começaram a aplicar os princípios científicos na domesticação ou no melhoramento de plantas?**

Após a redescoberta das leis de Mendel, que sistematizaram as bases científicas do melhoramento genético, os esforços se intensificaram e a agronomia passou a desenvolver ações mais direcionadas no sentido de obter novas cultivares de plantas. O conhecimento dos benefícios advindos do acúmulo de genes positivos e os efeitos da heterose estão entre alguns dos passos importantes nesse progresso. Neste conhecimento baseia-se, por exemplo, a criação de cultivares híbridas de milho, cuja produtividade mais alta

pode ser atribuída a correta combinação de genes ou alelos na planta.

A descoberta do DNA e, posteriormente, das enzimas de restrição deram novo impulso ao melhoramento genético de plantas. O isolamento e a transferência de genes passaram a ser atividades de rotina, e já a partir da década de 90 iniciaram-se os pedidos de registro de plantas transgênicas, principalmente nos Estados Unidos.

**Até recentemente os melhoristas se contentavam com cruzamentos entre plantas sexualmente compatíveis, baseando-se portanto no acúmulo de genes já existentes no "pool" genético da espécie. Com a evolução da ciência, genes artificiais passaram a ser introduzidos nas plantas?**

Para a geração de plantas transgênicas, são utilizados vários genes já existentes na natureza mas que, por força de barreiras genéticas, não fazem parte do "pool" genético da espécie que se deseja melhorar. É necessário ressaltar que os genes utilizados em engenharia genética de plantas são todos genes "naturais", isto é, já existentes na natureza. O que a engenharia genética faz é transferi-los entre organismos que normalmente não se cruzariam. Assim, pode-se transferir um gene de uma castanheira para um feijoeiro, plantas que não se cruzariam de forma sexuada na natureza.

**E como se dá essa transferência de genes entre organismos tão distintos?**

Os passos para a transformação genética de plantas podem ser resumidos assim:

- a detecção, o isolamento e a caracterização do gene de interesse, por exemplo, um gene para o aumento da resistência a insetos, e a introdução do gene em vetores que possam ser utilizados para a transformação genética;
- a transformação genética

propriamente dita, sendo aqui utilizados vários mecanismos, incluindo a aceleração de partículas de metal contendo o DNA, ou o uso da bactéria *Agrobacterium tumefaciens*, dentre muitos outros:

- a regeneração de plantas a partir do órgão ou das células transformadas;
- a seleção das melhores plantas contendo o transgene, com testes para estabilidade e fidelidade genética;
- a realização de testes para possíveis efeitos negativos das plantas transgênicas no ambiente e no homem, como será detalhado mais adiante.

**Esta parece ser, então, uma tecnologia extremamente útil na solução de vários problemas da agricultura.**

A tecnologia de transgenia é uma ferramenta poderosa não só para a criação de plantas com maior valor agrônomico, mas também para estudos básicos de vários fenômenos biológicos, podendo culminar com a cura de muitas doenças. Na área de geração de plantas resistentes a herbicidas, por exemplo, espera-se que haja uma redução substancial na quantidade de produto utilizada, já que em muitos casos um único tratamento poderá significar o controle efetivo de uma gama de plantas daninhas, antes controladas por vários tratamentos. Isto está intimamente associado à estratégia de aplicação dos herbicidas: em condições normais, são feitas aplicações preventivas, pre-emergência, as quais independem da ocorrência ou não de ervas daninhas, ao passo que, em condições de lavouras com plantas transgênicas resistentes a herbicidas, as aplicações são feitas em pós-emergência, somente quando e se houver ocorrência de plantas daninhas. Da mesma forma, podem-se utilizar herbicidas com menor impacto ambiental negativo.

**A resistência a herbicidas é uma das áreas mais comuns e mais polêmicas de transformação genética. Há exemplos em outras áreas?**

Outras áreas onde as pesquisas já se encontram em fase adiantada incluem a geração de plantas resistentes a insetos, o que redundará em menor uso de inseticidas, sendo que alguns exemplos práticos desta tecnologia já podem ser vistos no caso do algodão, onde plantas

transgênicas já estão sendo utilizadas em escala comercial nos Estados Unidos. Da mesma forma, já existem plantas resistentes a diversas viroses, sem contar o material que, através da introdução de genes de outras plantas ou de outros organismos, apresenta um maior valor nutricional. Neste caso, encontram-se linhagens experimentais de arroz contendo o gene que codifica para a enzima dihidropicolinato-sintase, que aumenta a quantidade de proteínas contendo aminoácidos essenciais no arroz; há também experimentos com a introdução de beta-faseolin em arroz, visando ao aumento da qualidade nutricional dos grãos.

**Economicamente, essas são técnicas viáveis e passíveis de ser utilizadas em larga escala?**

O aumento na rentabilidade e na produtividade das lavouras é um efeito benéfico que pode advir da utilização de plantas transgênicas. Assim, a redução no número de aplicações de herbicidas, por exemplo, deve redundar em menores custos de produção, os quais deverão, para que a tecnologia possa ser considerada economicamente viável, compensar eventuais custos adicionais com a aquisição de sementes transgênicas. Os aumentos na produtividade deverão advir, na maior parte dos casos, de um melhor manejo das lavouras, e não diretamente do uso de plantas transgênicas com mais alto potencial produtivo, embora este último fenômeno também seja tecnicamente possível de ser obtido através da tecnologia de plantas transgênicas. Aqui, o maior problema está associado ao alto número de genes que controlam a produtividade em plantas:

**As plantas transgênicas, pelo exposto até o momento, apresentam altos benefícios para a agricultura. No entanto, há muita polêmica em torno do assunto. Isto está ligado a riscos potenciais desta tecnologia?**

Sim, há também alguns riscos, reais ou potenciais, associados à esta nova tecnologia, e dentre eles destacam-se e feitos genéticos, tais como silenciamento ou a supressão de genes, ou mudanças na sequência gênica causados pela introdução do transgene no genoma da planta, além do aparecimento de mutações durante o processo de regeneração de plantas em cultura de tecidos. Em um relatório

altamente debatido nos meios científicos, fruto do trabalho do pesquisador Arpad Pusztai, do Rowe Institute da Grã-Bretanha, é feita menção a este tipo de problema com batatas transgênicas, as quais teriam causado deficiências imunológicas e redução no crescimento em cobaias de laboratório.

**Sim, esse problema causou, em um determinado momento, muita preocupação nos meios científicos, já que ele parecia indicar efeitos extremamente negativos para a saúde.**

Um estudo mais aprofundado daquele relatório, no entanto, revelou que apenas poucas linhagens de batata transgênica foram utilizadas e que muitas delas apresentavam defeitos genéticos, fruto de mutações de natureza independente da transgenia, invalidando portanto as conclusões do relatório. Essas variantes não seriam, em hipótese nenhuma, lançadas como cultivares comerciais. No entanto, esse tipo de alerta é muito importante e ressalta a necessidade de estudos aprofundados sobre os efeitos de plantas transgênicas nos consumidores, sejam eles homens ou animais.

Outro problema que pode apresentar algum risco é a presença de genes marcadores e genes seletivos nas plantas transgênicas. Por força da metodologia de transformação, os cientistas precisam recorrer a genes que facilitam a seleção dessas plantas. Esses genes muitas vezes codificam para enzimas que provocam resistência a antibióticos em plantas, sendo que apenas as plantas transformadas sobrevivem nas etapas de cultura de tecidos em laboratório. Essas plantas sobreviventes são então avaliadas do ponto de vista agrônomico para se verificar se elas se mantêm geneticamente idênticas às plantas de origem, exceto pela presença dos transgenes. Embora existam algumas técnicas para se eliminarem esses genes de resistência, na maioria das vezes os mesmos são transferidos e passam a fazer parte do produto transgênico final.

**O consumidor final estaria então consumindo genes de resistência a antibióticos. Isto não leva à geração de resistência em humanos?**

Com essa transferência, o consu-

## Registro

midor passa também a consumir o gene ou as enzimas codificadas pelo gene de resistência ao antibiótico. No entanto, é importante frisar que isto não tem efeito nenhum no organismo consumidor, do ponto de vista de resistência, por várias razões.

Em primeiro lugar, os antibióticos utilizados na seleção de plantas transgênicas não são utilizados no tratamento de infecções em homens ou animais. Em segundo lugar, o produto transgênico é degradado pelo organismo e transformado, pelo processo de digestão, tanto o gene quanto a enzima codificada pelo gene, em componentes básicos. Desta forma, não há o menor risco de serem incorporados pelo organismo, mesmo porque, ao ingerir qualquer fruta, vegetal ou carne, o homem está também ingerindo milhares de genes, sem que se tenha notícia de sua incorporação em seus cromossomos. Veja-se também o exemplo do iogurte, onde bactérias vivas são ingeridas sem que os seus genes sejam incorporados ao genoma do homem.

Uma outra preocupação levantada por alguns seria a criação de resistência em microorganismos que habitam nosso trato intestinal, mas também aqui as alegações me parecem infundadas. A verdadeira resistência a antibióticos é criada pela administração de doses subletais, o que leva ao acúmulo de indivíduos pertencentes a cepas resistentes, podendo inclusive inviabilizar a utilização de determinados antibióticos para o combate de doenças no homem.

### Há referências na literatura sobre fluxo gênico e sobre alergias causadas por plantas transgênicas. Estes são riscos sérios?

O fluxo gênico, ou seja, a passagem do transgene a outras plantas pode ocorrer quando há parentes selvagens crescendo nas vizinhanças da lavoura transgênica, como ocorreu por exemplo com *Brassica* na Europa. Problemas com alergia causada pela incorporação de transgenes em cultura de alto consumo também podem ser encontrados. Para aumentar a qualidade nutricional do feijão, nele foi incorporado um gene proveniente da castanha-do-pará. Algumas pessoas, alérgicas à castanha, também se tornaram alérgicas a este feijão

transgênico. Isto indica a necessidade não só de cuidados extremos com o tipo de manipulação genética que se está fazendo, mas também de rotulagem dos produtos transgênicos, evitando o seu consumo inadvertido. Há uma parcela da população que é também sensível a produtos lácteos e a algumas proteínas provenientes de peixes e crustáceos.

### Como é feita no Brasil a regulamentação de plantas transgênicas?

A Comissão Técnica Nacional de Biossegurança-CTNBio, é o órgão do Governo Federal encarregado de estabelecer as normas de segurança e os mecanismos de fiscalização no uso das técnicas de engenharia genética na construção, cultivo, manipulação, transporte, comercialização, consumo, liberação e descarte de organismos cujo material genético tenha sido modificado por qualquer técnica de engenharia genética, os quais passam a ser chamados de organismos geneticamente modificados-OGM. As propostas são analisadas por uma Comissão Setorial Específica da CTNBio, a qual poderá solicitar o parecer de consultores "ad hoc" quando considerar necessário. Se a CTNBio considerar que a liberação proposta provocará efeito negativo ao meio ambiente, poderá ser exigido um Estudo de Impacto Ambiental - EIA/RIMA.

### Cite alguns tipos de questões que são feitas quando do pedido junto à CTNBio.

O rol de questões a serem dirimidas é bastante longo, incluindo itens como:

- genes introduzidos e quais as suas funções específicas;
- evidências de que a nova característica possa ser transferida para outros organismos que ocorrem no local da liberação planejada e no ambiente ao redor;
- efeitos perigosos ou deletérios potenciais que poderão ser postulados e como estes efeitos poderão ser avaliados durante o experimento de liberação;
- efeitos ecológicos secundários que poderiam resultar da liberação do OGM, por exemplo, efeito nas espécies nativas em extinção, resistência de populações de insetos a um inseticida, redução ou aumento no número de predadores ou parasitas;
- efeitos pleiotrópicos que poderão

resultar da expressão do transgene no OGM, por exemplo, fertilidade reduzida, aumento de incidência de doenças, perda de produtividade;

- metabólitos que possam causar efeitos adversos ao consumidor (humano ou animal), fornecendo informações em relação a toxicologia, reações alérgicas e outros efeitos adversos;

- e, finalmente, esclarecimentos sobre a possibilidade de o OGM concentrar-se na cadeia alimentar e tornar-se tóxico.

### O que há realmente de produtos transgênicos em Santa Catarina?

A CTNBio só liberou até o momento, no Brasil, a produção de milho da AgrEvo e de soja da Monsanto, ambos geneticamente modificados para resistência a herbicidas, e esta liberação vale também para Santa Catarina. Não sei, no entanto, se há produção comercial, e qual a área. Em Santa Catarina, há permissão para testes com milho da Cargill, AgrEvo, Braskalib e Agrocereis, com resistência a insetos e a herbicidas, testes esses conduzidos em propriedades particulares. O tomate longa-vida tem gerado muita polêmica em Santa Catarina. Esse foi o primeiro produto transgênico a ser lançado no mercado mundial, inicialmente na Califórnia, e há vários produtores em Santa Catarina produzindo tomate longa-vida. No entanto, até onde se sabe, o que se produz aqui no Estado é uma outra variedade de tomate longa-vida, obtida através de cruzamentos genéticos entre linhagens de mais alta resistência à degradação após a colheita, não sendo, portanto, um produto transgênico. A CTNBio não expediu ainda autorização para o plantio do verdadeiro tomate longa-vida.

### O que mais você diria sobre o assunto para os nossos leitores?

É importante nos darmos conta de que estamos lidando com algo muito sério, do ponto de vista econômico, social e ambiental, e é somente com a união de esforços que chegaremos às melhores respostas para as muitas dúvidas que ainda temos. A geração de informações, através da pesquisa, e a divulgação e o debate através da imprensa e de seminários são aspectos muito importantes que devem ser incentivados.