

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ELIANE BARONEZA FANTIN

**VEGETAIS TRANSGÊNICOS: HERÓIS OU
VILÕES?**

Arapongas/ Paraná
– 2015 –

ELIANE BARONEZA FANTIN

VEGETAIS TRANSGÊNICOS: HERÓIS OU VILÕES?

Monografia apresentada como requisito parcial à conclusão do Curso de Especialização em Genética para Professores do Ensino Médio, na modalidade de Ensino à Distância, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.^a: Dra Angélica Beate Winter Boldt

Arapongas/ Paraná
– 2015 –

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, a Deus e pai de Jesus Cristo pelo seu favor e por me dar coragem e alegria para prosseguir mesmo diante das adversidades das vidas.

Ao meu esposo, Genilton pelo apoio, incentivo e por ser meu companheiro nos momentos de alegria e dor.

A minha filha Rebeca, pela compreensão nos momentos em que não pode contar com minha atenção e pelo seu riso fácil a alegrar meu lar e meu coração.

Aos meus pais, já idosos, mas que ainda encontro neles um porto seguro de amor e dedicação aos filhos, netos e bisnetos.

Ao meu Pastor Genival Cruz, que me ensina a sonhar a alcançar voos em busca de novos objetivos.

A todos os meus alunos, adolescentes, jovens que despertam em mim o desejo de continuar aprendendo. Obrigada!

RESUMO

A produção de plantas geneticamente modificadas, incluindo os transgênicos, vem aumentando consideravelmente nos últimos anos principalmente no Brasil, segundo maior produtor mundial, atrás apenas do EUA. Atualmente, os transgênicos plantados em escala comercial são: a soja, algodão e o milho. Estes cultivares apresenta resistência aos herbicidas glifosato ou glifosinato de amônio, e ao ataque de insetos da ordem dos Lepidópteros. Empresas multinacionais são as principais produtoras. Dentre elas estão a Monsanto, Bayer, Basf, Syngenta, Du Pont e Dow. No Brasil a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) tem sido a primeira a produzir plantas transgênicas no país. Também desenvolve um projeto com metodologias científicas para avaliar a segurança ambiental e alimentar dos organismos geneticamente modificados (O.G.M.) Segmentos da sociedade tem debatido o uso dos transgênicos, seja defendendo-os ou condenando-os. O presente trabalho além de trazer um breve histórico sobre a produção dos transgênicos faz um levantamento de dados sobre os pontos positivos e negativos da produção, comercialização e consumo de vegetais transgênicos. Também analisa alguns impactos causados ao meio ambiente, à saúde e à economia, com o objetivo de contextualizar o estudo da genética e algumas questões multidisciplinares como fatores sociais e econômicos para estudantes do Ensino Médio, trazendo para a realidade do educando a aplicação biotecnológica dos conceitos básicos que fazem parte da matriz curricular, e desenvolvendo assim cidadãos críticos e consumidores conscientes.

Palavras-chave: Vegetais transgênicos; Benefícios e Riscos dos transgênicos; Organismos geneticamente modificados.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
1.1	JUSTIFICATIVA.....	7
1.2	OBJETIVOS.....	7
1.2.1	Objetivo Geral.....	7
1.2.2	Objetivos Específicos.....	8
1.3	METODOLOGIA	8
2	VEGETAIS TRANSGÊNICOS: HERÓIS OU VILÕES?	9
2.1	Histórico.....	9
2.2	A Tecnologia do DNA Recombinante	13
2.2.1	Transformação Indireta.....	13
2.2.2	Transformação Direta	15
3	BENEFÍCIOS E RISCOS RELACIONADOS COM A INTRODUÇÃO DOS TRANSGÊNICOS	16
	REFERÊNCIAS.....	22
	GLOSSÁRIO	23

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro tem uma contribuição significativa no contexto mundial. Órgãos de pesquisa como a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e o IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná) há muito tem trabalhado e contribuído, através de pesquisas e divulgação de trabalhos científicos, na melhoria da qualidade de nossa agricultura. Estes órgãos já utilizavam técnicas de melhoramento vegetal desde sua fundação, seja através de melhoramento convencional, por seleção natural e/ou artificial, hibridação e, atualmente, na produção de vegetais transgênicos.

De acordo com Ribeiro *et al.* (2012, p. 15):

Melhoramento genético é uma ciência utilizada para a obtenção de indivíduos ou populações com características desejáveis em plantas e animais. O melhoramento se dá por meio da seleção de indivíduos superiores, os quais podem ser vegetativamente multiplicados, ou restabelecidos em um delineamento adequado para a comprovação de sua superioridade genética, para a produção de sementes ou para a propagação comercial.

Os programas convencionais de melhoramento utilizados pelos órgãos de pesquisa apresentam algumas limitações. A tecnologia é realizada através de cruzamentos de indivíduos da mesma espécie ou de espécies bastante aparentadas, sendo necessária a obtenção de várias gerações para que se possa “fixar” as características desejáveis. Necessita-se, portanto, de muito tempo para que o novo cultivar seja desenvolvido e disponibilizado para os agricultores.

Este novo cultivar, para ser aceito no mercado, deverá ser igual ou superior aos já existentes, tornando a técnica quase um “tiro no escuro”, visto que anos de trabalho podem não produzir cultivares com as características desejadas.

A engenharia genética surgiu como forma de tentar reduzir estas limitações. Permite a identificação de genes de interesse, que pode ser oriundo da mesma espécie ou de espécies diferentes, a manipulação desses genes e a introdução diretamente no genoma da espécie selecionada, produzindo assim, as plantas transgênicas (Ribeiro *et al.*,2012).

Questionamentos sobre a importância da aprendizagem das leis da genética básica pelos alunos fazem parte da rotina escolar. Eles perguntam: “por que devo apreender isto?”. Levar o educando a compreender as técnicas de Engenharia Genética, bem como quais os órgãos de pesquisa que estão envolvidos neste

processo produtivo, traz a aprendizagem da genética a uma realidade, que muitas vezes, está distante dos conteúdos abordados durante o ano letivo pelo educador.

1.1 JUSTIFICATIVA

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura (FAO) ocorre anualmente no mundo todo, a morte de cinco milhões de crianças devido a fome. A fome, portanto, tem sido uma importante causa de morte no mundo. Além disso, 852 milhões de pessoas são afetadas pela fome crônica. O Brasil, apesar dos problemas na administração de seus recursos, apresenta uma importante contribuição na produção de alimentos, tanto para consumo interno, como para exportação. Estão entre os principais produtores de grãos: soja, milho, trigo, triticale e café.

Segundo dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) “as vendas externas do agronegócio brasileiro aumentaram significativamente ao longo da última década, crescendo em média 9,6% do ano”(MAPA,2008).

Universidades e instituições de pesquisa têm se dedicado à pesquisa e ao desenvolvimento de plantas modificadas geneticamente, contribuindo para alavancar a economia nacional.

Questões relacionadas aos transgênicos têm causado polêmicas, por haver aqueles que os defendem enquanto outros os criticam, devido parcialmente às inseguranças geradas pelo desconhecimento ou veiculação de informações errôneas a respeito.

O tema proposto sugere uma reflexão sobre o assunto, sobre as vantagens e desvantagens da produção de vegetais transgênicos. Também serão abordados quais os avanços que a técnica de geração de transgênicos oferece e quais os impactos ambientais e econômicos que podem vir a ocorrer, devido ao seu desenvolvimento e utilização.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Contextualizar o estudo da genética para estudantes do ensino médio através do conhecimento e utilização da biotecnologia, trazendo para a realidade do educando a aplicação dos conceitos básicos que fazem parte da matriz curricular,

desenvolvendo assim cidadãos críticos e consumidores conscientes.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar as vantagens e desvantagens na produção e utilização de vegetais transgênicos, com relação ao impacto no meio ambiente, ao uso de agrotóxicos, a diminuição da variabilidade genética e uso de implementos agrícolas.
- Descrever alguns processos utilizados na produção de transgênicos. Como ocorre a introdução de um único gene de interesse diretamente na espécie selecionada.
- Levar o aluno do ensino médio a ter uma atitude consciente na utilização desta tecnologia, no respeito ao meio ambiente, bem como a compreender a questão dos transgênicos com relação à aplicação dos conceitos básicos de genética.
- Analisar fatores econômicos e sociais relacionados ao tema em estudo.

1.3 METODOLOGIA

O presente trabalho desenvolve-se através de revisão de literatura relacionada à Genética para o Ensino Médio, a biotecnologia e a produção de alimentos. Será dada ênfase aos vegetais transgênicos produzidos no Brasil.

As fontes utilizadas como base de dados na atividade de pesquisa serão: revistas, sites, livros, teses, artigos, dentre outros.

Após levantamento histórico sobre os transgênicos no Brasil será feito a descrição de conceitos básicos de genética utilizados no Ensino Médio, de tal forma que um estudante deste nível possa compreender o objeto de estudo. Estes conceitos serão descritos no glossário do trabalho.

Alguns métodos visando à modificação genética de plantas serão analisados, bem como as empresas agropecuárias de pesquisa que atuam nesta área. E, finalmente, através de revisão de literatura, selecionaremos quais os pontos positivos e negativos na produção, plantio e consumo de vegetais transgênicos.

2 VEGETAIS TRANSGÊNICOS: HERÓIS OU VILÕES?

De acordo com os dados fornecidos pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), um a cada nove habitantes do planeta sofre por falta de alimento (CAMPOS, 2014).

Para que ocorra a erradicação da fome, é necessário que ocorra desenvolvimento e aplicação de políticas econômicas sérias e investimentos em tecnologias para o aumento da produtividade agrícola.

Uma das bandeiras que as multinacionais têm levantado é a do aumento da produtividade junto com soluções fáceis para o agricultor e medidas ecologicamente corretas. Prometem medidas altruístas diante de uma tarefa de diminuir a falta de alimento de uma boa parcela da humanidade.

Contudo, as grandes empresas produtoras de transgênicos (as mesmas que produzem os agrotóxicos) necessitam de produtores e consumidores dependentes de sua tecnologia.

Uma grande soma de investimentos financeiros e tempo são necessários até conseguir um produto patenteável. Uma vez patenteado e registrado, este produto permite faturar bilhões.

Vivemos em uma sociedade capitalista. Fica difícil não imaginarmos a motivação por trás do desenvolvimento de novas tecnologias.

2.1 HISTÓRICO

Mesmo antes de se conhecer as bases da genética atual, o homem já se beneficiava de conhecimento empírico para o desenvolvimento de seus rebanhos e das suas plantações.

Desde o século XVI, temos relatos de agricultores que utilizavam matrizes de plantas com características desejáveis para que servissem de multiplicadoras. Plantas que tinham alta produtividade geravam plantas com alta produtividade. Plantas resistentes a pragas e doenças também tinha sua prole com as mesmas características.

Cruzamentos eram realizados nos rebanhos visando obter gerações com características ainda mais vantajosas que a geração de seus genitores. Por

exemplo, animais com alta produtividade de carne eram cruzados com outros de alta resistência a doenças para se obter descendentes com as duas qualidades.

A técnica de escolher plantas e/ou animais com as características desejadas para serem matrizes é muito antiga, praticada na região da antiga Mesopotâmia pelos primeiros agropecuaristas e conhecida hoje como seleção artificial (MOONEY,1987).

Portanto o homem já modificava os produtos vegetais e animais, desde que teve início o cultivo e pastoreio.

Esta prática empírica tem valor para o desenvolvimento da agricultura até os dias de hoje.

De acordo com Mooney (1987, p. 5):

Os agricultores de subsistência do Terceiro Mundo cultivam as principais plantas alimentícias atuais a mais de dez mil anos. Pela observação do processo natural de mutação e por cuidadosa seleção de sementes através dos séculos, tais agricultores desenvolveram espantosa variabilidade de culturas.

Portanto, os agricultores já eram melhoristas mesmo antes do advento da genética.

O precursor da genética moderna foi o monge Austríaco, Gregor Mendel (1822-1884). Realizou experimentos com ervilhas da espécie *Pisum sativum*. Teve o resultado de seu trabalho de oito anos de pesquisa sobre hibridização de ervilhas publicado em 1866, mas sem o reconhecimento da comunidade científica da época.

Apesar de ter neste período seu trabalho ignorado pelos maiores biólogos da época, Mendel teve seu trabalho “descoberto” 35 anos mais tarde deixando para as futuras gerações um legado precioso sobre as leis de hereditariedade, sendo reconhecido hoje como o “pai da Genética”.

Antes de Mendel, vários pesquisadores tentaram esclarecer como os traços hereditários passavam de pais para filhos, mas a análise de caracteres complexos confundia os resultados. Mendel, que passou sua infância numa fazenda conhecia muitas plantas e utilizou uma leguminosa de fácil cultivo, com características distintas, ciclo de vida curto, obtenção de descendentes férteis, grande número de descendentes e facilidade para se realizar o cruzamento manual.

A partir de cruzamentos entre ervilhas, deduziu a existência de fatores hereditários nos gametas, os quais determinariam as diversas características do indivíduo. Suas leis da hereditariedade deram explicações de como caracteres

existentes nos pais são transferidos para as futuras gerações. De acordo com Amabis (2010, p 14): "a lei da segregação dos fatores estabelece que os fatores condicionantes de uma característica separam-se na formação dos gametas."

No decorrer da história, a distinção entre fenótipo e genótipo foi importante para entender a importância do ambiente na manifestação das características hereditárias, fornecendo bases para a necessidade de adaptação de cultivares em ambientes diferentes de sua origem.

No século 20, as principais plantas cultivadas foram submetidas a programas de melhoramento genéticos convencionais. As linhagens eram cruzadas entre si e selecionadas artificialmente visando reunir características fenotípicas de utilidade para o homem. Com as técnicas de melhoramento conseguiu-se adaptação de plantio em locais distintos de sua origem. Por exemplo, a soja que se desenvolvia apenas em climas restritos, após o trabalho de melhoramento feito pela EMBRAPA foi adaptada a todos os ambientes brasileiros, do Amazonas ao Rio Grande do Sul (CORDEIRO,2003).

O sucesso do melhoramento de plantas depende de fatores abióticos (tipo de solo, precipitação, ciclo de vida, clima etc.), podendo variar de região para região, influenciando significativamente a variedade a ser cultivada. Sendo assim, é necessário fazer ajustes genéticos para cada área nova de cultivo.

Os especialistas em melhoramento convencional levavam anos para desenvolver um cultivar adaptado e com características desejáveis. Hoje, através da engenharia genética, aperfeiçoa-se os mesmos introduzindo diretamente neles genes de outras espécies.

Conforme Alves (2004, p, 4): "A palavra transgênico é utilizada geneticamente, recebendo um gene ou uma sequência genética de um ser vivo de espécie diferente."

Em 1973, surgiram os primeiros Organismos Geneticamente Modificados (OGMs), na forma de transgênicos. Os cientistas, Cohen e Boyer, coordenando um grupo de pesquisa na Califórnia, transferiram um gene de rã para uma bactéria. Foi o início da transgenia, onde se usou a técnica do DNA recombinante (Alves, 2004).

A década de 70 foi um marco no desenvolvimento da engenharia genética. A descoberta da tecnologia do DNA recombinante permitiu a modificação do genoma de uma espécie, introduzindo genes de outra espécie ou inativando um gene indesejável.

Pesquisadores belgas, em 1983, produziram a primeira planta transgênica do mundo. Na planta de tabaco (*Nicotiana tabacum*) foi transferido um gene que confere resistência ao antibiótico canamicina.

A primeira planta transgênica produzida no Brasil foi em 1986 pela EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia (CENARGEN), tratando-se também do tabaco.

Somente em 1992 houve a primeira aprovação do uso e comercialização dos vegetais transgênicos pelos Estados Unidos. Trata-se de um cultivar de tomate (o *Flavr savr*) e, em 1994 da soja *Roundup ready*, produzida pela multinacional MONSANTO.

A pesquisa e o desenvolvimento de plantas transgênicas alçou vôo e alcançou diversas regiões do planeta (Estados Unidos, China, Egito, Argentina, Canadá). A área que os transgênicos ocupam no mundo já é bastante significativa. São utilizadas diferentes espécies de plantas, principalmente aquelas que apresentam valor comercial (RIBEIRO *et al.*,2012)

Em 1996 havia 1,7 milhões de hectares plantados com transgênicos em todo o mundo. Em 2012 foram cultivados 170 milhões de hectares (JAMES,2012).

Segundo relatório de Serviço Internacional para Aquisição de Biotecnologia (ISAAA) em 2013 o primeiro maior produtor de transgênicos é os EUA cultivando 40% (70,3 milhões ha) do total mundial. Em segundo lugar está o Brasil com aproximadamente 23% do cultivo global (40,3 milhões de ha). A Argentina ocupa o terceiro lugar, produzindo 24,4 milhões de ha, seguida pela Índia, que ocupa 11 milhões de ha, pelo Canadá (10,8 milhões de ha), China (4,2 milhões de ha), Paraguai (3,6 milhões de ha) dentre outros de menor expressão global.

O quadro 1, abaixo ilustrado, de acordo com o ISAAA, representa a realidade brasileira:

Adoção de transgênicos no Brasil					
Cultura	Anos				
	2009	2010	2011	2012	2013
Soja	71%	75%	83%	89%	92%
Hectares*	16,2	17,8	20,6	23,9	27,0
Milho	31%	55%	65%	76%	90%
Hectares*	5,0	7,3	9,1	12,1	12,9
Algodão	16%	26%	39%	50%	47%
Hectares*	0,15	0,25	0,6	0,6	0,5

*milhões de ha

Quadro 1- Adoção de transgênicos no Brasil

Fonte: ISAAA, 2012.

No Paraná, segundo dados do Departamento de Economia Rural (DERAL) cerca de 95% da soja produzida e 100% das lavouras de milho são transgênicos.

2.2 A TECNOLOGIA DO DNA RECOMBINANTE

A técnica do DNA recombinante pode ser definida de forma simples como sendo a transferência de um gene de um organismo para outro. É a recombinação de DNA de espécies distintas. Um organismo que recebeu e incorporou o gene estranho em seu DNA é um organismo transgênico (LINHARES,2013).

Os métodos para a transformação genética de plantas envolvem basicamente dois estágios: a transferência do DNA exógeno para o organismo a ser transformado e a sua integração no genoma do hospedeiro.

Estes métodos podem ser divididos em duas categorias: a transformação indireta e a transformação direta.

2.2.1 Transformação Indireta

São usados vetores para promover a transferência do DNA exógeno para o genoma das plantas. Pode ser feita a transferência via *Agrobacterium (tumefaciens* ou *rhizogenes*) ou via vírus.

A utilização de *Agrobacterium spp* na transformação genética de plantas é uma técnica bastante difundida por ser de fácil execução, alta eficiência e baixo

custo quando comparada a outras técnicas.

É o método de transferência indireto mais utilizado em experimentos de transformação genética de plantas.

Conforme Ribeiro *et. al.* (2012, p. 29): “Bactérias do gênero *Agrobacterium* possuem uma capacidade natural de introduzir parte do seu DNA (T-DNA) em plantas hospedeiras que passa a ser expresso como parte do genoma da planta.”

A infecção de células vegetais pela *Agrobacterium spp* é um evento que ocorre naturalmente e que apenas foi adaptado para ser realizado *in vitro*.

Agrobacterium tumefaciens possui propriedade de transferir parte do seu material genético para o genoma da planta hospedeira. Quando isso acontece, ocorre a formação de um tumor conhecido como galha-da-coroa. A transgenia permitiu que os genes responsáveis pela formação do tumor fossem substituídos por genes de interesse e transferidos para a planta através da bactéria ou, ainda, o plasmídeo da bactéria é posto em contato com as células vegetais de explantes, sendo transferido para seu interior, possibilitando a regeneração da planta (DANTAS, 2014).

A introdução do gene na bactéria para posterior produção de vegetal transgênico pode ser ilustrada conforme a figura 1:

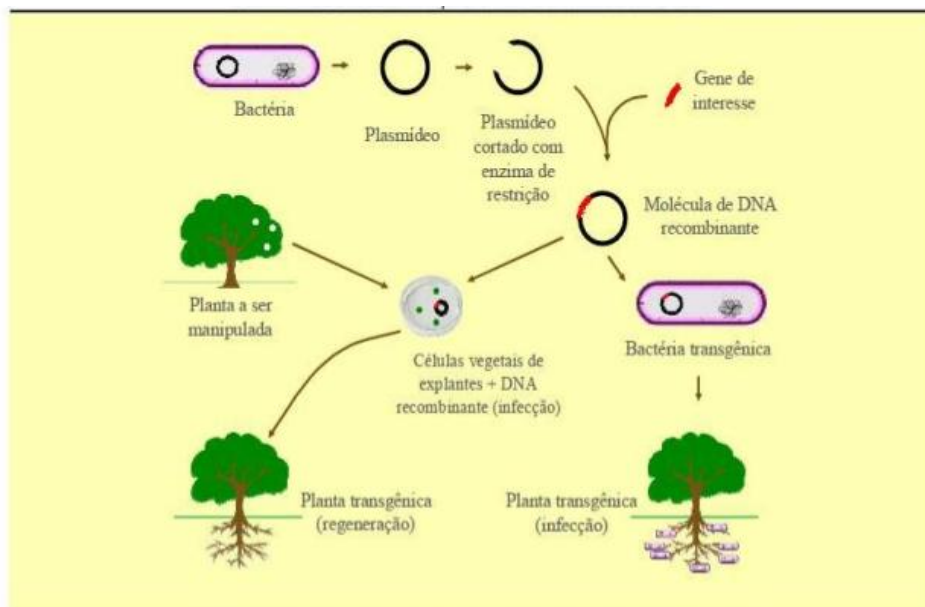


Figura 1. Representação esquemática da construção de plantas transgênicas através de infecção por *Agrobacterium*.

Fonte: Adaptado por (Dantas, 2014) de (Malajovich, 2004) e (Guerrante, 2003).

Na transformação indireta via vírus, o DNA de interesse deve ser incorporado ao genoma do vírus que irá infectar a planta hospedeira. Este DNA é integrado ao genoma do vírus, replicado e, após o processo de infecção é transferido ao genoma da planta hospedeira e integrado ao mesmo.

2.2.2 Transformação Direta

Como o próprio nome sugere, são métodos de transferência direta de genes para a célula vegetal. São utilizados processos físicos ou químicos. Esses processos promovem mudanças nas células vegetais (paredes, membranas celulares e envelope nuclear) facilitando assim, a introdução do DNA exógeno. Não é necessária a utilização de vetores para a inserção e integração do DNA exógeno no genoma da planta. Um processo de transformação direta é ilustrado conforme a figura 2.

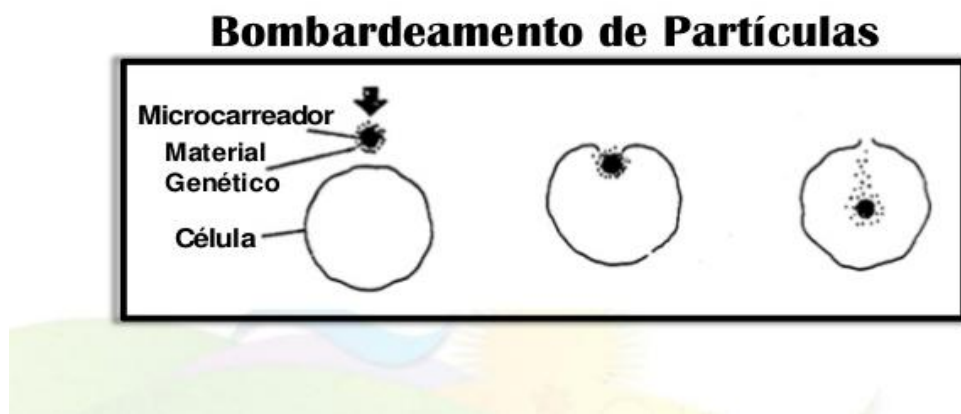


Figura 2- Transformação Genética de Plantas. Transferência Direta de DNA.” Pode-se introduzir DNA em células vegetais bombardeando-as com minúsculas partículas de metal com DNA aderido em sua superfície. As células que incorporam os genes são introduzidas, por hormônios vegetais, a se multiplicar e originar plantas completas, que serão transgênicas”(AMABIS; MARTHO, 2010,p.137)

Fonte: EMBRAPA, 2015

3 BENEFÍCIOS E RISCOS RELACIONADOS COM A INTRODUÇÃO DOS TRANSGÊNICOS

Existe uma grande polêmica entre cientistas, ambientalistas e a sociedade em geral sobre o uso de transgênicos. Faltam informações que esclareçam os consumidores, quanto ao emprego dos transgênicos na indústria de alimentos e mesmo sobre seu consumo “*in natura*”.

Conforme pesquisa feita sobre a opinião de professores e alunos de curso técnico em nutrição no estado de São Paulo, por Mendonça (2005): “a maioria dos entrevistados não souberam afirmar se alimentos/ produtos transgênicos são benéficos ou maléficos ao homem”.

A pesquisadora constatou que mesmo em um meio onde a maioria dos professores é graduada na área biológica, apesar de terem sido registradas respostas pertinentes ao tema transgênicos por parte dos professores, ainda faltou um conhecimento mais aprofundado sobre esta questão.

Na população, em geral, os críticos dizem que não há provas suficientes de que esses produtos não causam danos à saúde ou desequilíbrio ao ambiente. Já com relação à saúde, os defensores argumentam que os estudos não indicam nenhum problema. Alegam que a maioria das proteínas de DNA é fragmentado em aminoácido e nucleotídeo, respectivamente, pelo cozimento ou pela digestão (LINHARES, 2013).

Para o cidadão da nação brasileira, que acompanha de forma bastante restrita as questões relacionadas ao tema em questão, “ não faz parte da cultura do brasileiro exercer um controle de segurança e qualidade sobre os alimentos que consomem, ou exigir dos órgãos competentes a fiscalização do cumprimento da legislação, referente a segurança alimentar” (CAVALLI, 2001).

Assim sendo, iremos analisar alguns pontos que tornam os transgênicos benéficos e alguns riscos que os tornam desfavoráveis.

3.1 Benefícios relacionados aos transgênicos.

Constata-se que alguns cultivares de algodão, soja e milho transgênicos

apresentam resistência ao herbicida glifosato. Com este gene para a resistência, a planta não é afetada quando se utiliza este herbicida, apenas as plantas invasoras são prejudicadas. Essa resistência faz com que o herbicida possa ser usado depois da soja, milho ou algodão já terem germinado, sem nenhum dano aos mesmos. Nas plantações convencionais, é necessária a utilização de vários herbicidas seletivos: para folhas largas (dicotiledôneas) ou para folhas estreitas (monocotiledôneas) e em períodos específicos. Assim, uma das principais vantagens na utilização dos transgênicos é a utilização de menos agrotóxicos, economia de combustível, menor necessidade de utilização de mão-de-obra na aplicação de herbicidas devido a menor necessidade de tratos culturais.

Outro ponto importante se refere à conservação do solo. No plantio onde se utiliza as sementes não modificadas, o maior uso de máquinas agrícolas transitando sobre o solo promove uma compactação na camada subsuperficial dificultando a permeabilidade e diminuindo a infiltração das águas das chuvas, contribuindo com o aumento de processos erosivos.

Alguns benefícios socioambientais também foram constatados.

De acordo com Ribeiro et al (2012, p.70):

Uma vez que as variedades geneticamente modificadas demandam menor quantidade de aplicações de defensivos, ocorreu uma redução no consumo de água utilizada nas pulverizações e óleo diesel. O estudo constatou que nos últimos 13 anos houve redução de 12,6 bilhões de litros de água e 104,8 milhões de litros de óleo diesel. A diminuição da queima de óleo diesel representou uma queda de 270,4 mil toneladas de gás carbônico na atmosfera.

As previsões climáticas para as próximas décadas indicam que haverá um aumento dos períodos de seca acompanhados de altas temperaturas, comprometendo a produtividade agrícola, afetando a sociedade como um todo e causando instabilidade no mercado financeiro.

O emprego da biotecnologia promete auxiliar as plantas a tolerarem períodos prolongados de estiagem e calor intenso, aumentando a produtividade dos cultivares para alimentar uma população em constante crescimento.

Produção de alimentos com maior valor nutricional e a produção de medicamentos como a insulina humana e antígenos de vírus causadores de doenças respiratórias são outras bandeiras hasteadas pela biotecnologia. A produção de plásticos biodegradáveis derivados de plantas transgênicas já é uma realidade.

O arroz dourado, mais rico em betacaroteno, o agente construtor da vitamina A, teve seu genótipo modificado visando fornecer este nutriente tão essencial para o organismo. A *Oryza sativa* representa 50% a 80% da ingestão de calorias dos países asiáticos. Alimentação pobre em vitamina A leva os indivíduos a terem dificuldades de visão e até mesmo leva crianças, que apresentam deficiência no consumo, a cegueira. Este mal atinge mais de 350 000 crianças subnutridas no mundo. Outra característica da vitamina A é fortalecer o organismo humano contra doenças infecciosas (JOMAR, 2000).

Em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais, a EMBRAPA produz alface com propriedade de imunizar contra a leishmaniose e soja capaz de produzir insulina e hormônio de crescimento, oferecendo assim a possibilidade de multivacinação através do consumo de alimentos transgênicos (JOMAR, 2000).

Países da Europa e Japão tem oferecido resistência aos transgênicos, porém a pesquisa nesta área está sendo realizada. De acordo como Ribeiro *et al.* (2012), para que o Brasil não corra o risco de ter uma agricultura dependente de royalties, é necessário que os centros de pesquisas continuem investindo nesta tecnologia.

3.2 Possíveis riscos relacionados aos transgênicos

A transgenia provavelmente seja a aplicação da engenharia genética onde se observa mais controvérsias, na atualidade. São plantas resistentes a herbicidas, ao ataque de pragas e doenças, com inserção de genes que possibilitam maior enriquecimento nutricional, frutas com maior durabilidade permitindo um aumento no tempo de comercialização, são algumas conquistas da técnica de produção de transgênicos.

No entanto, a indústria não trabalha por idealismo. Normalmente não procuram soluções fáceis para o agricultor, ecologicamente corretas, baratas e são para o consumidor. A produção de plantas transgênicas envolve propriedade intelectual e *royalties*, portanto os países mais desenvolvidos apresentam vantagens significativas, com relação aos que não detém essa tecnologia.

O risco de que ocorra diminuição da variabilidade genética dos cultivares está crescendo. Portanto, é necessário que haja critérios mundiais para que não se perca o patrimônio genético do planeta e que a segurança alimentar seja garantida ao

consumidor, sendo-lhes dada a escolha entre alimentos transgênicos e não transgênicos.

Os testes sobre segurança alimentar dos OGM têm como base a toxicidade e capacidade de causarem alergias. De acordo com a Organização Mundial de Saúde, alimentos como leite, ovos, pescados, crustáceos, trigo, nozes e leguminosas como soja e amendoim são responsáveis por 90% dos casos de alergias, que vitimam 2% da população mundial. Portanto, não é encorajado o uso de genes provenientes destes alimentos (AMORIM, 2003).

Segundo Amorin, 2003: “Em 1989, uma epidemia da síndrome de eosinofilia-mialgia (que provoca dor muscular e aumento dos leucócitos) causou a morte de 37 pessoas e a invalidez de outras 1.500 nos EUA. O FDA, agência americana que regula remédios e alimentos, ligou os casos a um complemento alimentar, o triptofano L, produzido por bactérias geneticamente modificadas. Os testes prévios realizados pelo fabricante, a empresa japonesa Showa-Denko, não haviam detectado a capacidade de essa bactéria criar um aminoácido extremamente tóxico”.

Após testes com soro de pessoas alérgicas provocarem reações, foi interrompido um projeto desenvolvido pela Embrapa Recursos Genéticos de um cultivar de soja com gene de castanha-do-pará.

Apesar de haver uma grande quantidade de literatura sobre a tecnologia transgênica, ainda são necessários mais estudos para garantir que eles não apresentem riscos ao meio ambiente e à saúde humana (CAMARA *et al.*, 2009).

Em todo o mundo há um cenário de incertezas. De um lado, objetivos políticos e comerciais de empresas produtoras de OGMS, criando métodos para tranquilizar os consumidores e os produtores. Por outro lado, a insegurança da população com relação aos impactos no meio ambiente e na saúde.

A Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) é o órgão brasileiro responsável em avaliar os possíveis riscos para fins experimentais e comerciais (CAMARA *et al.*, 2009).

Como prova de seu altruísmo, as empresas produtoras de OGMS apresentam sua disposição ao sacrifício diante da tarefa de alimentar os bilhões que já somos e os que estão por vir. Porém essa tecnologia cria dependência de produtores e consumidores que dificilmente escapam do “pacote de soluções” oferecidos na sua quase totalidade por multinacionais detentoras da tecnologia. Neste “pacote” estão inseridas as sementes, os herbicidas, os inseticidas, os fungicidas, ou seja, todos os

defensivos agrícolas necessários à produção deste produto. Todos oriundos da mesma empresa. Relacionado ao aumento de produtividade decorrente do uso de transgênicos, Camara *et al.* (2009, p.674) ressaltam que “ o aumento da produção de alimentos não possibilitará a segurança alimentar e nutricional, uma vez que tal problema não decorre da produção de alimentos, mas sim de sua distribuição para a população”.

Para a humanidade, o que interessa são técnicas desenvolvidas para satisfação de necessidades reais e que sejam sustentáveis. O que a indústria procura nem sempre são soluções para a população, mas sim produtos patenteáveis e registrados permitindo a fatura de bilhões.

Também não se pode descartar a possibilidade de que ocorra a contaminação de espécies silvestres pelo cruzamento com as culturas transgênicas, provocando um desequilíbrio ambiental de consequências imprevisíveis. Em 1996, na Escócia, foi constatado o cruzamento de canola (*Brasica napus*) com uma erva daninha (*Brasica campestris*). O pólen da canola era encontrado num raio de dois quilômetros (Alves, 2004). O desaparecimento de espécies nativas que fazem parte da cadeia alimentar contribui para alteração na dinâmica dos ecossistemas.

Logo, ativistas do Greenpeace defendem que os organismos não sejam modificados, permanecendo como foram encontrados na natureza. Este ativistas defendem o uso de controle biológico numa agricultura sustentável (JOMAR, 2000). Além disso, plantas invasoras resistentes ao uso de herbicidas e gerações de novas pragas poderão surgir devido à alteração dos genes. Genes modificados também poderão impossibilitar a degradação completa dos agroquímicos, deixando resíduos para o consumidor.

Por fim o Brasil vivenciou problemas na exportação de produtos e sementes transgênicas devido a falta de aceitação por parte de países importadores. A mídia noticiava sobre carregamentos de grãos sendo barrados nos portos devido a lotes de transgênicos ou lotes “contaminados” (misturados).

4- CONCLUSÕES

O uso de tecnologia para criação de transgênicos é uma realidade irrevogável. Conforme analisado, os maiores riscos gerados por esta biotecnologia,

além de questões políticas, estão relacionados com seus efeitos inesperados sobre a saúde humana e ao meio ambiente. A falta de informações concretas relativas ao tema por grande parte da população ou mesmo por aqueles que estão de alguma maneira, envolvidos com a pesquisa e utilização dos transgênicos, tem causado inseguranças e incertezas.

Apesar do movimento em oposição aos transgênicos, a promessa de melhoria na qualidade de vida através da Engenharia Genética não pode ser descartada. Novas tecnologias sempre envolvem riscos e não há desenvolvimento sem riscos. O que se espera é que neste percurso de consolidação, os benefícios e riscos sejam sempre analisados visando o benefício da humanidade.

Levar o educando a pesquisar e debater este tema são formas de incentivá-lo à compreensão de diversos conceitos básicos que fazem parte do conteúdo de genética do Ensino Médio tais como os listados no glossário do presente trabalho (Anexo 1). Como sugestão este estudo, poderá ser feito em sala de aulas dividindo a turma em grupos onde, cada grupo será responsável pela pesquisa de um tópico (conceitos de transgênicos, histórico, centros de pesquisas envolvidos, metodologias, riscos, benefícios). Após a pesquisa, os grupos se reunirão para apresentarem os temas e, concluídas as apresentações, poderá ser conduzido um debate sobre o tema num grande grupo, onde será oportunizado um momento para a reflexão e exposição de opiniões sobre o tema proposto.

Também, poderá ser utilizado o glossário (Anexo 1), para que os alunos monte um “dominó” com os termos e joguem entre os grupos. A montagem de “palavras cruzadas” com os conceitos pode ser outra forma para que ocorra a fixação de conceitos básicos da genética no ensino médio.

A importância do cuidado com o meio ambiente através do uso racional do solo, utilização de agroquímicos, contaminação varietal de espécies silvestres, diminuição da variabilidade genética e mudanças na cadeia alimentar também são temáticas que podem ser utilizadas para discussões.

Além disso, questões multidisciplinares relacionadas a fatores econômicos e sociais poderão ser aproveitadas para possíveis debates, viabilizando o estudo do tema para estudantes do ensino médio.

REFERÊNCIAS

- ALVES, G. S. **A biotecnologia dos transgênicos precaução é a palavra de ordem. Holo**, ano 20, outubro, 2004. Disponível em: <http://www.agrolink.com.br>. Acesso em 03/02/2015.
- AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia das Populações**. 3 ed. São Paulo: Moderna, 2010.
- AMORIM, Cristina. **Transgênicos- os dois lados da moeda**. Rev. Galileu. Nov.2003, n148. Disponível em <http://revistagalileu.globo.com/> Acesso em 03/07/2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Intercâmbio Comercial do Agronegócio: Principais Mercados de Destino**. Secretaria de Relações Internacionais do Agronegócio. Brasília: MAPA, 2008.
- CAMARA, Maria Clara Coelho et al. **Transgênicos: avaliação da possível (in) segurança alimentar através da produção científica**. Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, jul-set, 2009, p. 669-681.
- CAMPOS, Ana Cristina. **FAO:805 milhões de pessoas passam fome no mundo**. Disponível em: [HTTP://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticias](http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticias). Acesso em 04/04/2015.
- CAVALLI, S. B. **Segurança alimentar: a abordagem dos alimentos transgênicos**. Ver. Nutri., Campinas, 14 (suplemento): 41- 46, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acesso em: 03/07/15.
- Conselho de informações sobre biotecnologia: **Estatística**. Disponível em :<http://cib.org.br>. Acesso em 01/06/2015.
- CORDEIRO, Maria Cristina Rocha. **Engenharia Genética: conceitos básicos, ferramentas e aplicações**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2003.
- DANTAS, Adriana. **Segurança alimentar e organismos geneticamente modificados**. Disponível em: <http://pt.slideshare.net/AdrianaDantas2>. Acesso em 10/06/15
- DASHEFSKY, H. Steven. **Dicionário de ciência ambiental**. 3 ed. São Paulo: Gaia, 2003.
- GIMENES, Erick. **Transgênicos dominam quase 100% das lavouras de soja e milho do Pr**. Disponível em: <http://g1.globo.com/pr/norto-noroeste/noticia/2013>. Acesso em: 03/02/2015.
- JAMES, Clive. **Status Global das Culturas Transgênicas Comercializadas: 2012**. Disponível em <http://www.isaaa.org>. Acesso em 05/05/2015.

LINHARES, Sérgio; GEWANDSZNAJADER, Fernando. **Biologia Hoje**. 2 ed. São Paulo: Ática, 2013.

MENDONÇA, Ana Clara Coelho *et al.* **Transgênicos: avaliação da possível (in)segurança alimentar através da produção científica**, Rio de Janeiro v16, n3 jul.-set. 2009, p.667-681.

MONEY, Patrick Roy. **O escândalo das sementes: o domínio na produção de alimentos**. São Paulo: Nobel, 1987.

MORAIS, Jomar. **Comida Frankenstein**. Revista Super Interessante. n.11, novembro de 2000.

PESSOA, Oswaldo Frota. **Os caminhos da vida: biologia no ensino médio: genética e evolução**. São Paulo: Scipione, 2001.

RIBEIRO, Juliana Martins *et al.* **Produção e análise de plantas transgênicas: conceitos e informações básicas**. Guaíba: Agrolivros, 2012.

GLOSSÁRIO

Agronegócios: Processos ou operações relacionadas à agricultura e à pecuária desde a produção de seus produtos até à comercialização dos mesmos.

Alimento seguro: produtos livres de contaminantes de natureza química (agroquímicos), biológicas (organismos patogênicos), física ou de outras substâncias que podem causar riscos a sua saúde.

Altruísmo: Altruísmo é o substantivo masculino com origem na palavra em francês altruisme que indica uma atitude de amor ao próximo ou ausência de egoísmo.

Cariótipo: Conjunto das características dos cromossomos de uma célula, como número, forma e tamanho.

Cultivar: é o resultado de melhoramento em uma variedade de planta que a torne diferentes das demais em sua coloração, porte e resistência a doenças/ variedade vegetal melhorada.

Empírico: Baseado apenas na experiência, sem caráter científico.

Engenharia genética: Constitui um conjunto de técnicas de análises moleculares que permitem estudos de caracterização, expressão e modificações do material

genético (DNA e RNA) dos seres vivos (Cordeiro, 2003). .

Erradicar: arrancar pela raiz, desarraigar. No sentido figurado significa eliminar, provocar o desaparecimento, fazer com que acabe completamente, destruir na totalidade.

Explantar: (ex+plantar) vtd Biol Tirar (tecido vivo) do corpo, colocando-o num meio fora do seu habitat natural, para proceder à cultura de tecido.

Fenótipo: Conjunto de características morfológicas ou funcionais do indivíduo.

Gene: Regiões do cromossomo responsável pela produção de proteínas.

Genoma: Conjunto de cromossomos de uma célula haploide.

Genótipo: Conjunto de genes que um indivíduo possui em suas células.

Greenpeace: Organização com mais de 4 milhões de associados em todo o mundo. Ela promove agressivamente, e algumas vezes dramaticamente, manifestações públicas acerca dos problemas ambientais e suas possíveis soluções (Dashefsky, 2003).

Impacto ambiental: é uma mudança no meio ambiente que é causada graças à atividade do ser humano. Esse impacto pode ser positivo ou negativo, sendo que o negativo representa uma quebra no equilíbrio ecológico.

In natura: loc. adv. (do lat.) Que está no estado natural, sem processamento industrial

Leguminosas: plantas que constituem uma família da classe das dicotiledôneas e que apresentam como principal característica o fruto em forma de vagem ou fava.

Organismos patogênicos: agentes biológicos capazes de causar doenças.

Plasmídeo : pequeno fragmento de DNA, circular, encontrado em bactérias, que codificam proteínas não essenciais a bactéria e se encontram fora do cromossomo. São utilizados como vetores na transformação genética de plantas.

Produtividade: Produção por hectare.

Segurança alimentar: é a garantia de acesso ao consumo de alimentos e abrange todo o conjunto de necessidade para a obtenção de uma nutrição adequada a saúde (CAVALLI, 2001).

Seleção natural: Processo pelo qual uma espécie gradualmente se adapta ao seu meio ambiental./ Sobrevivência das variedades animais ou vegetais mais adaptáveis, com sacrifício das menos aptas, que terminam desaparecendo.

Seleção Artificial: é o processo conduzido pelo ser humano de cruzamentos seletivos com o objetivo de selecionar características desejáveis em animais, plantas e outros seres vivos.

Vetor: é todo ser vivo capaz de transmitir um agente infectante (parasita, protozoário, bactéria ou vírus). Ex.: O vetor do vírus da Dengue e da febre amarela e o mosquito *Aedes aegypti*.