

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO VALE DO RIBEIRA
CAMPUS DE REGISTRO

**“A TECNOLOGIA TRANSGÊNICA NA AGRICULTURA
BRASILEIRA”
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

ALBERTO VINICIUS CARNEIRO DOS SANTOS

Trabalho de Conclusão de Curso na
Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do
Ribeira – FCAVR – UNESP/Campus de
Registro, para graduação em Engenharia
Agrônômica.

REGISTRO-SP
2º SEMESTRE/2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO VALE DO RIBEIRA
CAMPUS DE REGISTRO

**“A TECNOLOGIA TRANSGÊNICA NA AGRICULTURA
BRASILEIRA”
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

ALBERTO VINICIUS CARNEIRO DOS SANTOS

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Elza Alves Corrêa

Trabalho de Conclusão de Curso na
Faculdade de Ciências Agrárias do Vale
do Ribeira – FCAVR – UNESP/Campus
de Registro, para graduação em
Engenharia Agrônômica.

REGISTRO-SP
2º SEMESTRE/2023



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira
Câmpus de Registro

CERTIFICADO

TRABALHO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

TÍTULO: "A tecnologia transgênica na agricultura brasileira"

ACADÊMICO: Alberto Vinicius Carneiro dos Santos

ORIENTADORA: Profª. Dra. Elza Alves Corrêa

PERÍODO: 9º Semestre 5º Ano

Aprovado: ☒

Reprovado: ☐

BANCA EXAMINADORA:

Presidente Profª. Dra. Elza Alves Corrêa

Membro

Prof. Dr. Wilson José Oliveira de Souza

Membro

Prof. Dr. Marcelo Domingos Chamma Lopes

Registro, 19 / 12 / 2023

RESUMO

A introdução da tecnologia transgênica no Brasil representa um marco significativo na história da agricultura no país. Desde sua chegada, essa inovação tem transformado radicalmente a maneira como as culturas são cultivadas, gerando benefícios e desafios que moldam o panorama agrícola brasileiro. Este texto explora a evolução do uso de transgênicos no Brasil, as diferentes técnicas de produção, a importância, as principais culturas envolvidas e as estatísticas do setor de biotecnologia agrícola. O Brasil começou a fazer uso dos organismos geneticamente modificados, ou transgênicos, em um processo de intensificação agrícola e com vista aos mercados internacionais, na safra 2021/22 foi o segundo maior produtor e exportador, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, especialmente devido à sua rápida adoção. Existem estudos econômicos, ecológicos e medidas sociais da adoção de transgênicos no Brasil, a maioria dos dedicado à soja Bt. Este trabalho teve por objetivo verificar o histórico e como vem acontecendo o processo de inserção da tecnologia transgênica no cenário agrícola brasileiro e mundial. Para tanto se utilizou como metodologia a pesquisa qualitativa com levantamento de bibliografias relacionadas ao tema, disponíveis em bases de dados. Após a análise concluiu-se que a introdução do cultivo transgênico na agricultura brasileira contribuiu positivamente para o aumento da produção e conseqüentemente da exportação de commodities, bem como o aumento da oferta de empregos e do aquecimento da economia do país. As estatísticas do setor de biotecnologia na agricultura refletem o sucesso dessa revolução. A área cultivada com culturas transgênicas aumentou constantemente, indicando a aceitação e a adoção generalizada por parte dos agricultores. As colheitas de culturas transgênicas demonstram ganhos significativos em produtividade em comparação com as variedades convencionais. Em síntese, a revolução transgênica na agricultura brasileira foi impulsionada por uma convergência de fatores, desde a necessidade de soluções eficientes até incentivos governamentais e condições agronômicas propícias. O Brasil emergiu como um dos líderes globais na adoção de culturas geneticamente modificadas, marcando uma era de inovação que continua a moldar o cenário agrícola do país. À medida que a tecnologia transgênica evolui, é essencial continuar monitorando seus impactos a longo prazo, garantindo que a agricultura brasileira prospere de maneira sustentável.

Palavras-chave: biotecnologia, OGM, soja, milho, algodão

ABSTRACT

The introduction of transgenic technology in Brazil represents a significant milestone in the country's agricultural history. Since its arrival, this innovation has radically transformed the way crops are cultivated, generating benefits and challenges that shape the Brazilian agricultural landscape. This text explores the evolution of transgenic use in Brazil, the different production techniques, the importance, the main involved crops, and the statistics of the agricultural biotechnology sector. Brazil began using genetically modified organisms, or transgenics, as part of an agricultural intensification process and with a view to international markets. In the 2021/22 harvest, Brazil became the second-largest producer and exporter, trailing only the United States, mainly due to its rapid adoption. There are economic, ecological, and social impact studies of transgenic adoption in Brazil, with most dedicated to Bt soybeans. This work aimed to verify the history and how the process of integrating transgenic technology into the Brazilian and global agricultural scenario has been occurring. The methodology used was qualitative research with a survey of bibliographies related to the theme, available in databases. After the analysis, it was concluded that the introduction of transgenic cultivation in Brazilian agriculture contributed positively to increased production and, consequently, commodity exports, as well as the growth of job opportunities and the stimulation of the country's economy. The statistics of the biotechnology sector in agriculture reflect the success of this revolution. The cultivated area with transgenic crops has steadily increased, indicating widespread acceptance and adoption by farmers. Harvests of transgenic crops show significant gains in productivity compared to conventional varieties. In summary, the transgenic revolution in Brazilian agriculture was driven by a convergence of factors, from the need for efficient solutions to government incentives and favorable agronomic conditions. Brazil has emerged as one of the global leaders in adopting genetically modified crops, marking an era of innovation that continues to shape the country's agricultural landscape. As transgenic technology evolves, it is essential to continue monitoring its long-term impacts, ensuring that Brazilian agriculture thrives sustainably.

Keywords: biotechnology, OGM, soybean, corn, cotton

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. METODOLOGIA APLICADA	8
3. DESENVOLVIMENTO DO TEMA.....	11
3.1 A biotecnologia agrícola.....	11
3.2 Culturas transgênicas.....	14
3.3 Características inseridas em plantas transgênicas	16
3.4 Melhor qualidade alimentar e novos produtos para uso humano	18
3.5 Métodos transgênicos: redução de riscos e melhora dos benefícios para o meio ambiente	23
3.6 A evolução da cultura da soja RR E BT	24
3.7 Benefícios do cultivo da soja	26
3.8 O cenário brasileiro	27
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
5. REFERÊNCIAS	38

1. INTRODUÇÃO

A história da tecnologia transgênica no Brasil remonta à década de 1990, quando os primeiros cultivos geneticamente modificados foram introduzidos no país. O algodão resistente a insetos foi uma das primeiras culturas a incorporar transgenes, seguido por soja e milho. A evolução dessas culturas transgênicas ao longo das últimas décadas tem sido notável, com uma expansão significativa da área cultivada com organismos geneticamente modificados (OGMs).

A adoção da tecnologia transgênica desempenhou um papel crucial no aumento da produtividade agrícola no Brasil. Culturas resistentes a pragas e tolerantes a herbicidas proporcionam uma maior eficiência no controle de doenças e insetos, resultando em colheitas mais saudáveis e abundantes. Além disso, a resistência a herbicidas facilita a gestão de plantas daninhas, reduzindo a necessidade de métodos mais agressivos. Os primeiros estados brasileiros a incorporarem culturas transgênicas nas lavouras foram principalmente aqueles com extensas áreas destinadas à produção agrícola. A soja transgênica foi a primeira cultura geneticamente modificada a ser introduzida no Brasil, e sua adoção inicial concentrou-se especialmente nos estados da Região Sul e Centro-Oeste.

O Paraná e o Rio Grande do Sul foram alguns dos estados pioneiros na adoção de soja transgênica. A introdução dessa tecnologia nessas regiões ocorreu na safra 1998/1999, marcando o início da presença de culturas geneticamente modificadas no cenário agrícola brasileiro.

Posteriormente, outros estados da Região Centro-Oeste, como Mato Grosso e Goiás, também se destacaram na adoção de transgênicos, especialmente devido à expansão da soja transgênica e, posteriormente, do milho transgênico. Essas culturas ganharam popularidade devido aos benefícios associados, como resistência a pragas e tolerância a herbicidas, que contribuíram para o aumento da produtividade e eficiência na agricultura.

A produção de transgênicos no Brasil envolve técnicas avançadas de engenharia genética. Os cientistas inserem genes específicos em plantas para conferir características desejadas, como resistência a insetos, tolerância a herbicidas ou melhor qualidade nutricional. A biotecnologia moderna permite uma precisão sem precedentes na modificação genética, garantindo que apenas os genes desejados sejam incorporados, minimizando efeitos colaterais indesejados.

Dentre as culturas transgênicas mais relevantes no Brasil, a soja transgênica ocupa uma posição de destaque. A introdução de variedades resistentes a insetos e herbicidas transformou a soja em uma cultura de alto rendimento. Além disso, o milho transgênico e o algodão geneticamente modificado também desempenham papéis cruciais na agricultura brasileira, proporcionando benefícios semelhantes de resistência a pragas e tolerância a herbicidas.

As estatísticas do setor de biotecnologia na agricultura refletem o impacto positivo da tecnologia transgênica no Brasil. A área cultivada com culturas transgênicas tem aumentado constantemente, indicando a aceitação e adoção generalizada por parte dos agricultores. Além disso, as estatísticas de produtividade mostram ganhos significativos nas colheitas de culturas transgênicas em comparação com suas contrapartes convencionais.

A tecnologia transgênica representa uma revolução na agricultura brasileira, proporcionando soluções inovadoras para desafios antigos. A introdução de culturas geneticamente modificadas trouxe benefícios tangíveis em termos de produtividade, eficiência no uso de recursos e redução do impacto ambiental. No entanto, é fundamental continuar monitorando e avaliando os impactos a longo prazo, garantindo que os benefícios superem os desafios e que a agricultura brasileira prospere de maneira sustentável com o auxílio da biotecnologia.

Desta forma este texto tem como objetivo explorar a evolução do uso de transgênicos no Brasil, as diferentes técnicas de produção, a importância, as principais culturas envolvidas e as estatísticas do setor de biotecnologia agrícola.

2. METODOLOGIA APLICADA

Tratou-se de um estudo de revisão de literatura com abordagem qualitativa. Nesse tipo de pesquisa é feito uma busca, análise e descrição das ideias buscadas em livros, artigos de periódicos, artigos de jornais, registros históricos, teses e dissertações e outros.

É importante ressaltar que na revisão narrativa não se faz necessário critérios explícitos e sistemáticos para a busca e análise crítica da literatura, sendo assim o autor realiza a interpretação dos achados mais relevantes e os expõem de maneira que expressam da melhor forma os objetivos proposto.

A espécie-alvo foi selecionada, com base no seu potencial agronômico para impulsionar a agricultura brasileira a níveis mundiais de produção e sustentabilidade.

A revisão bibliográfica foi realizada conforme as recomendações de Pullin e Stewart (2006), formulando inicialmente as perguntas de pesquisa (Quadro 1) e definindo o Google acadêmico como base de dados para a busca dos trabalhos, devido à sua maior abrangência, incluindo artigos, teses e dissertações.

Quadro 1. Descrição das perguntas a serem respondidas por meio da revisão sistemática de literatura, elaborada com base na metodologia proposta por Pullin e Stewart (2006).

Perguntas de pesquisa	
P1	Qual a espécie ideal para utilização da tecnologia transgênica no Brasil?
P2	Quais os efeitos negativos para o desenvolvimento da tecnologia transgênica no Brasil?

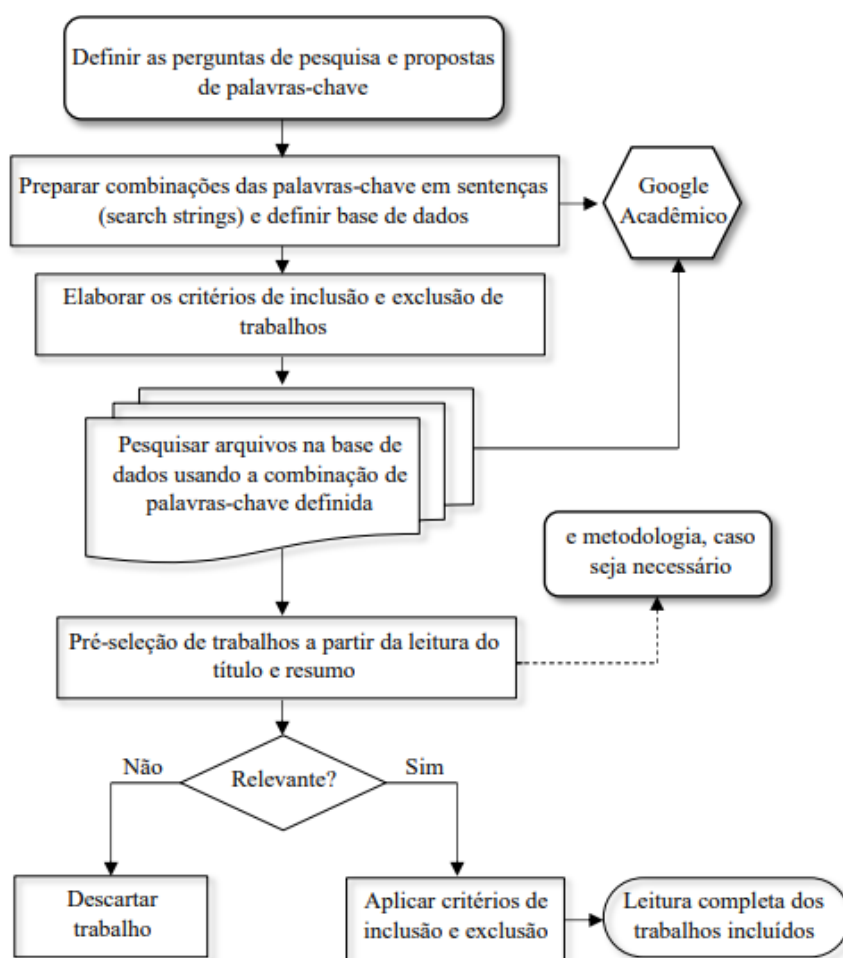


Figura 1. Fluxograma das etapas para a realização da revisão bibliográfica. Levantamentos a serem realizados na base de dados do Google Acadêmico.

Quadro 2. Critérios de inclusão e exclusão de trabalhos científicos para a revisão bibliográfica, usando a base de dados do Google Acadêmico.

Inclusão	Exclusão
Artigos, dissertações e teses.	Trabalhos de conclusão de curso, notas científicas, circular técnica, relatórios e anais de congresso.
Estudos que incluem adequação do uso da tecnologia transgênica em culturas de interesse agrônômico.	Estudos que não sejam sobre a tecnologia transgênica.
Estudos que apresentem o mínimo de informação sobre o uso da tecnologia.	Estudos que não apresentam informações específicas sobre transgenia.
Estudos que abordam mais de um aspecto do uso da tecnologia transgênica no Brasil.	Estudos que não tenham como tema utilização da tecnologia transgênica no Brasil.

3. DESENVOLVIMENTO DO TEMA

3.1 A biotecnologia agrícola

A partir do início dos anos 2000 a aplicação da engenharia genética na agricultura tornou-se cada vez mais proeminente, os genes foram inseridos pela primeira vez no milho utilizando técnicas moleculares em 1989 e, no final da década de 1990, os agricultores cultivavam milhões de hectares de milho transgênico. É evidente que a ciência da biotecnologia para a agricultura está na sua infância, mas mostra uma influência que vai além da sua idade (CARRER et al., 2010).

A engenharia genética é uma área do conhecimento que atua na modificação da constituição genética de um organismo por meio de diferentes técnicas moleculares. Essa modificação pode ser gerada por métodos que alteram, removem ou introduzem genes para produzir organismos com características desejáveis. As principais técnicas da engenharia genética são: transgenia; cisgenia; silenciamento gênico; CRISPR-Cas9; clonagem (CROPLIFE, 2019).

A produção de uma planta transgênica pode ser dividida em algumas fases que passam pela seleção e manipulação do gene de interesse, introdução e confirmação de integração do gene no genoma do organismo receptor. Cabendo ainda citar que o desenvolvimento precisa considerar as avaliações da planta transgênica no campo, atendendo aos requisitos de biossegurança desde as fases iniciais de pesquisa.

Características fenotípicas específicas de uma determinada planta transgênica determinam as suas prováveis interações ambientais; o fato de métodos de DNA recombinante terem sido utilizados em seu desenvolvimento afeta apenas indiretamente essas interações, influenciando as características fenotípicas da planta transgênica. Na verdade, a importância da biotecnologia para o risco ambiental reside principalmente no fato de uma gama muito mais ampla de características fenotípicas podem ser incorporada nas plantas cultivadas.

A primeira fase na produção de um transgênico é a identificação de um gene de interesse, que deve ter uma função importante para o organismo no qual ele será introduzido. Hoje, essa fase foi simplificada graças à enorme quantidade de genomas sequenciados, os quais estão disponíveis em bancos de dados públicos (CROPLIFE, 2019).

Dessa forma, é possível acessar os bancos de dados, fazer uma busca pelo nome de um gene e assim encontrar sua sequência e função. Selecionado o gene, o cientista precisa de uma amostra do genoma do organismo que o possui. Com a amostra em mãos, é possível utilizar técnicas de DNA recombinante e retirar apenas a sequência de DNA específica (CROPLIFE, 2019).

Após obter o gene de interesse é necessário introduzi-lo no genoma do organismo receptor. A introdução do gene selecionado é conhecida como a etapa de transformação genética (CROPLIFE, 2019).

A transformação genética é a introdução controlada do gene selecionado, no genoma do organismo receptor, sem causar danos. Para que a transformação ocorra, o gene deve ser introduzido em células aptas a regenerar um organismo completo, o que é comum para a maioria das células vegetais.

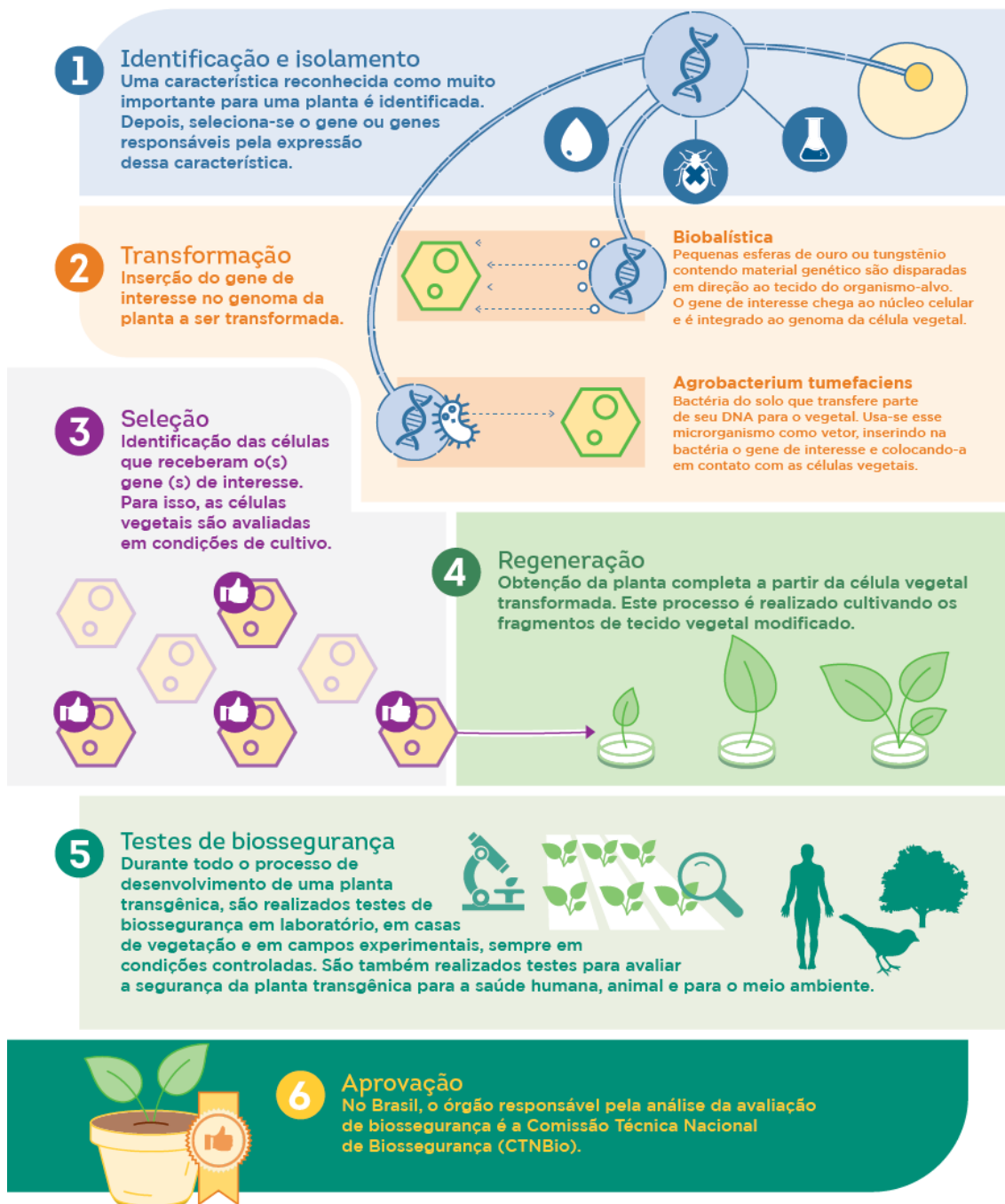
No entanto, existem diferentes técnicas de regeneração e por isso devem ser padronizadas de acordo com a espécie vegetal a ser transformada. Dessa forma, transformar uma célula nada mais é do que “abrir uma porta” para que o gene de interesse consiga “entrar” e se integrar com o genoma dessa célula. As técnicas de biobalística e *Agrobacterium tumefaciens* são as mais utilizadas para realizar a transformação genética de plantas (Figura 2).

Após o crescimento do tecido vegetal em laboratório é preciso confirmar a eficiência de expressão das características genéticas e proceder aos testes de avaliação de biossegurança, garantindo que o organismo não represente nenhum risco à saúde e ao meio ambiente antes que seja inserido no sistema produtivo.

Todas as plantas transgênicas precisam ser analisadas quanto à biossegurança antes de serem aprovadas para uso. No Brasil a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) é o órgão responsável por realizar a avaliação, caso a caso, de cada organismo geneticamente modificado (OGM), seguindo os ritos estabelecidos pela Lei de biossegurança (Lei 11.105/05).

A legislação também prevê a necessidade de autorização prévia, registro de instalações e de profissionais habilitados para as atividades de pesquisa. Nenhuma instituição pode trabalhar com biotecnologia no Brasil sem o certificado de Qualidade em Biossegurança (CQB), que também é emitido pela CTNBio.

COMO SE PRODUZ UMA PLANTA TRANSGÊNICA?



CropLife
BRASIL

Figura 2. Transformação genética é a introdução controlada do gene selecionado (CROPLIFE, 2019).

3.2 Culturas transgênicas

As primeiras culturas transgênicas produzidas comercialmente basearam-se em características de um único gene. Entre estes estava o tomate “Flavr-Savr”, que utilizava silenciamento de genes para inibir a expressão de uma enzima envolvida no amadurecimento dos frutos. O tomate Flavr-Savr não foi um sucesso comercial, mas a tecnologia foi eficaz porque a fruta não só tinha um ritmo de amadurecimento lento, mas também era menos suscetível a infecções por patógenos.

Outros produtos transgênicos iniciais baseavam-se em características que influenciavam o desempenho agrônomo (isto é, resistência a patógenos, insetos e herbicidas). A rápida e ampla utilização pelos agricultores americanos de soja resistente ao glifosato e de algodão e milho que expressam Bt atesta o sucesso comercial destas culturas transgênicas (TRIGO, 2002).

Com base no sucesso destas culturas transgênicas iniciais, laboratórios de investigação em todo o mundo estudam uma grande variedade de características/genes que poderiam expandir enormemente o espectro de produtos dessas plantas. Tal como aconteceu com as primeiras culturas geneticamente modificadas, a taxa à qual se pode esperar que novas características transgênicas aparecessem no futuro depende em grande parte do número de genes que as codificam. Assim, características controladas por genes únicos, ou características que podem ser reduzidas ou eliminadas pela perda de expressão através do silenciamento gênico de um único gene ou grupo de genes relacionados, provavelmente se tornarão as primeiras disponíveis (ABLIN; PAZ, 2001).

O próximo passo para a expansão é a integração de características monogênicas. Já estão em uso culturas com um conjunto de genes únicos para uma série de características distintas. Só podemos especular sobre o número de genes que controlam o desenvolvimento e a arquitetura das plantas e os vários processos fisiológicos que impactam o rendimento. Parece seguro assumir, no entanto, que características geneticamente complexas exigirão anos adicionais de investigação para serem compreendidas, e muito menos expressas e reguladas numa espécie de cultura geneticamente modificada (CARRER et al., 2010).

No entanto, características complexas, incluindo aquelas que controlam a adaptação a estresses abióticos, como a seca e a salinidade, a floração e a reprodução, e o vigor híbrido, estão a ser ativamente investigadas, e não seria surpreendente se algumas

delas pudessem ser reguladas nas plantas cultivadas por meio genético, engenharia nos próximos 5 a 10 anos.

Estes produtos têm o potencial não só de melhorar o desempenho agrônômico, mas também de aumentar o valor nutricional dos cereais consumidos pelos seres humanos e pelo gado, eliminar alergênicos e fatores antinutricionais, melhorar o prazo de validade de frutas e vegetais e aumentar a concentração de vitaminas e micronutrientes encontrados nos alimentos, sementes, criando alimentos mais saudáveis (TRIGO, 2002).

Embora existam muitos tipos diferentes de culturas transgênicas em desenvolvimento, a maioria visa responder a uma de quatro grandes necessidades sociais: melhores características agrícolas, maior adaptação às práticas de processamento pós-colheita, melhoria da qualidade dos alimentos e outras utilizações de valor para os seres humanos, e melhor mitigação dos danos ambientais, poluição. Na verdade, tantas características atualmente sob investigação poderiam ser incorporadas em plantas transgênicas que o espaço limita a consideração aqui a apenas algumas (ORTEGA, 2016).

Entre as características transgênicas estão genes Bt que fornecem proteção contra tipos adicionais de pragas de insetos. Um deles é um gene que protege o milho contra danos causados pela lagarta da raiz do milho. Estima-se que os danos causados às raízes do milho por esta praga resultem em perdas que se aproximam de mil milhões de dólares anualmente.

Ao reduzir o impacto desta praga, espera-se que não só haja melhores rendimentos de milho, mas também melhor tolerância à seca e utilização de fertilizantes devido ao sistema radicular mais saudável. Também estão sendo feitas pesquisas para modificar geneticamente as plantações de árvores para torná-las resistentes a insetos e herbicidas e aumentar sua taxa de crescimento. Por exemplo, um gene Bt foi inserido em choupos híbridos para protegê-los contra a desfolha causada por um besouro das folhas (CARRER et al., 2010).

Em longo prazo, novos conhecimentos sobre a fisiologia e o desenvolvimento das plantas e a sua interação com os microrganismos poderão eventualmente fornecer a base para modificar a estrutura e a reprodução das plantas. Poderá tornar-se possível modificar geneticamente plantas agrícolas que sejam mais tolerantes à seca, à salinidade e a outros estresses abióticos que são capazes de crescer mais eficientemente em solos ácidos contendo alumínio encontrado em áreas tropicais; que possam competir de forma mais eficaz com as plantas daninhas; que pode se reproduzir em menor tempo; e isso pode potencialmente fixar seu próprio nitrogênio (ORTEGA, 2016).

Segundo a CTNBio (2020), entre 2006 e 2020, foram aprovadas 106 das 108 plantas geneticamente modificadas autorizadas para cultivo no Brasil. As culturas para as quais existem tecnologias OGM aprovadas no país são: Algodão, Cana-de-açúcar, Eucalipto, Feijão, Milho e Soja (Figura 3).

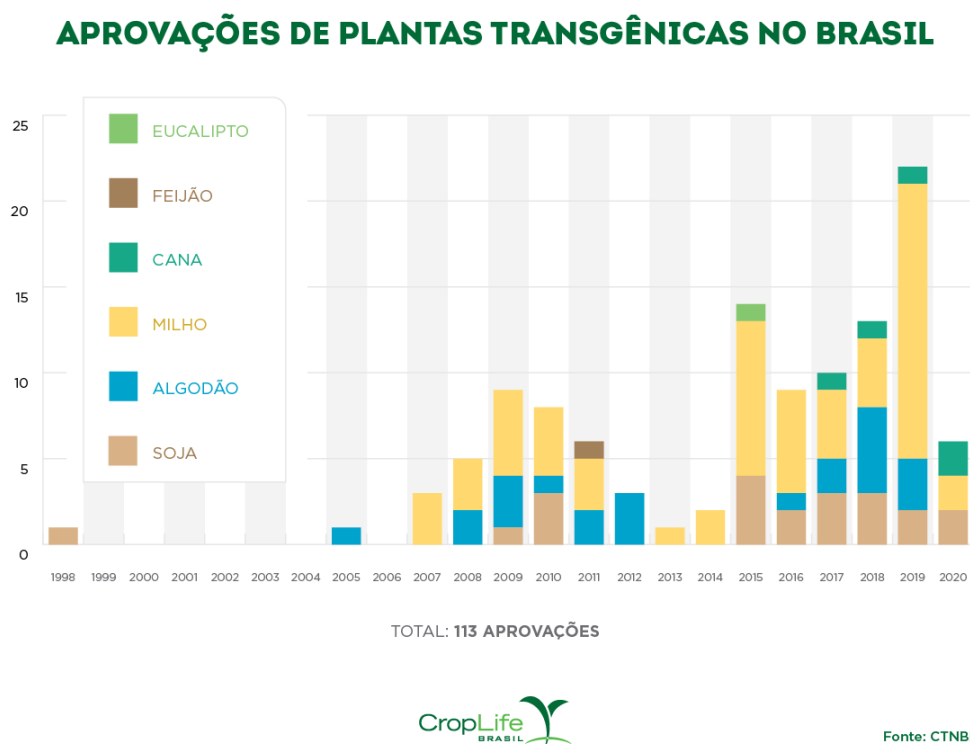


Figura 3. Plantas transgênicas aprovadas no Brasil entre os anos de 2006 e 2020 (CTNBio).

3.3 Características inseridas em plantas transgênicas

De acordo com a CropLife (2021) os produtos contemplam diferentes cultivares desenvolvidas via melhoramento genético que receberam novos atributos ao passarem pela engenharia genética. Características essas que não poderiam ser alcançadas sem o uso da biotecnologia, sendo elas: aumento na produção de celulose; qualidade de óleo melhorada; tolerância à seca; resistência à vírus; tolerância ou resistência a diferentes herbicidas; restauração de fertilidade; tolerância ou resistência a diferentes insetos (Figura 4).

Em 2007 houve a aprovação dos primeiros eventos de milho transgênico no Brasil, uma dessas plantas apresenta a combinação de tolerância a herbicida e resistência

a insetos, tecnologia que proporciona uma melhor proteção à planta e redução das perdas de produtividade.

Além disso, o agricultor economiza em aplicações de inseticidas, gastos com combustível e água. A rápida adoção do milho transgênico no Brasil revela o quanto os produtores identificaram tais benefícios.

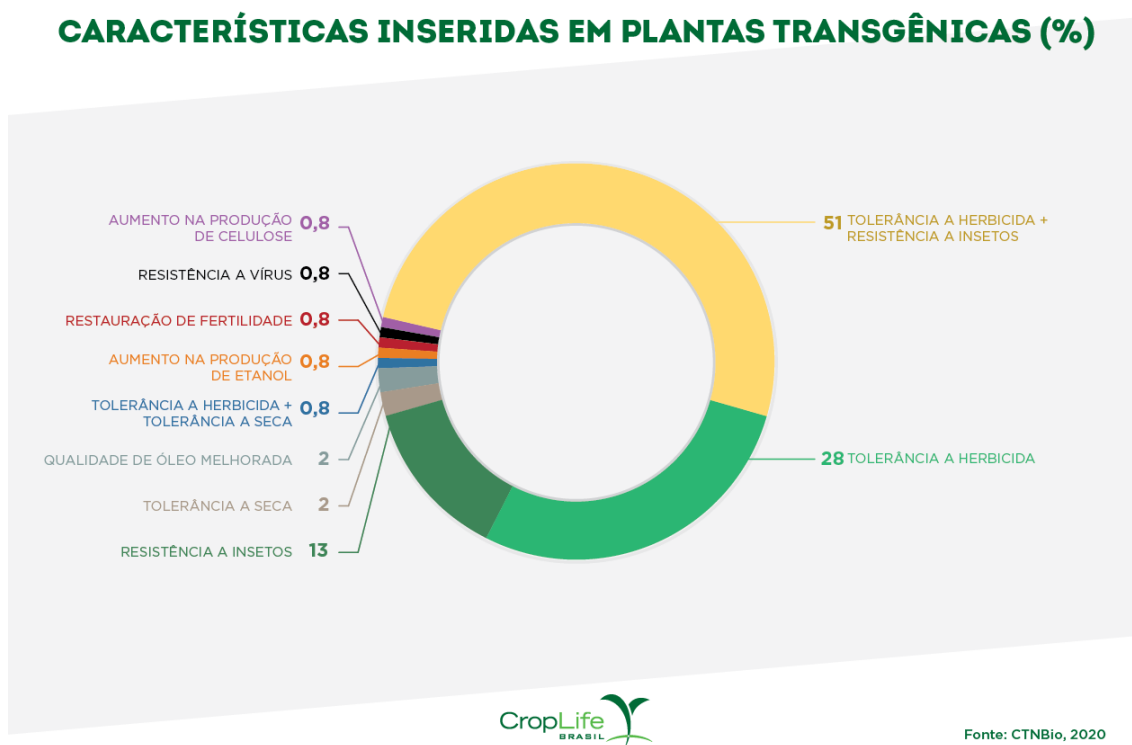


Figura 4. Características inseridas em plantas transgênicas

As primeiras características geneticamente modificadas nas árvores são a tolerância a herbicidas e a resistência a insetos, que são úteis para estabelecer e manter árvores jovens. Várias características estão em desenvolvimento para melhor adaptar as árvores ao processamento pós-colheita, e estas poderão tornar-se comercialmente disponíveis num futuro próximo. Por exemplo, está em curso de pesquisas para modificar o teor de lignina de certas espécies de árvores, a fim de melhorar a polpação, processo pelo qual as fibras de madeira são separadas para fazer papel. A lignina reduzida pode melhorar a eficiência da produção de papel e reduzir a poluição ambiental proveniente do processo de produção de papel (ABLIN; PAZ, 2001).

Para restringir a transferência de características transgênicas para populações de florestas selvagens e árvores de pomar, geralmente é considerado essencial manipular

simultaneamente a esterilidade reprodutiva geneticamente. Atualmente existem métodos para fazer isso em plantas cultivadas, portanto esta tecnologia está disponível. Além de restringir o fluxo genético, espera-se que a esterilidade faça com que as árvores cresçam mais rapidamente e produzam mais madeira, uma vez que não seria desperdiçada energia na produção de flores ou frutos. Esta questão seja investigada por um futuro comitê do Conselho Nacional de Pesquisa (NRC).

Há também interesse em utilizar tecnologia de engenharia genética para transformar plantas de culturas anuais em fábricas que produzem produtos químicos valiosos e anticorpos. As plantas têm a capacidade de sintetizar uma variedade de moléculas complexas, dadas as entradas simples de alguns minerais, dióxido de carbono, água e luz solar. É amplamente considerado que as plantas poderiam fornecer uma fonte renovável “verde” de produtos químicos para substituir os atualmente obtidos a partir do petróleo. Isto também poderia ser um mecanismo para criar novos mercados para produtos vegetais, bem como utilizar o excesso de produção de produtos agrícolas (ORTEGA, 2016).

A pesquisa também é direcionada para a redução da poluição na produção pós-colheita. Por exemplo, há pesquisas em andamento para reduzir o teor de ácido fítico no milho. O ácido fítico armazena fósforo na semente em desenvolvimento. Grande parte deste complexo mineral não é digerida pelo gado, por isso acaba no fluxo de resíduos. Em última análise, é libertado em lagoas e lagos, onde o fósforo pode criar proliferação de algas. Várias abordagens moleculares, incluindo engenharia genética, estão sendo aplicadas para reduzir o teor de fitato do milho (CARRER et al., 2010).

3.4 Melhor qualidade alimentar e novos produtos para uso humano

A Organização Mundial da Saúde (OMS) reconhece que os alimentos transgênicos comercializados não apresentam riscos à saúde humana. Tais produtos já fazem parte de nossas vidas há mais de duas décadas.

A maior parte de soja e milho cultivadas no mundo são transgênicas e os seus grãos são utilizados em grande parte dos alimentos processados, assim como em bebidas. Além disso, há muitos anos bactérias, leveduras e fungos transgênicos atuam diretamente nos processos de fermentação, preservação e formação de sabor e aromas de comidas e bebidas.

Também há outros cultivos transgênicos em alguns países. Nos Estados Unidos, são plantadas variedades transgênicas de mamão, abóbora e beterraba. No Canadá,

chegou ao mercado em 2017 o salmão transgênico. Já em Bangladesh, há uma variedade de berinjela resistente a insetos que está sendo cultivada (CROPLIFE, 2020).

A semente de milho possui alta densidade calórica devido ao alto teor de amido e óleo, mas a proteína que contém é deficiente em vários aminoácidos (lisina, metionina, triptofano) essenciais para a nutrição de suínos, aves e humanos. Foram criadas linhagens de milho transgênico que contêm níveis superiores ao normal desses aminoácidos e/ou que produzem proteínas com maiores teores desses ácidos, embora ainda não estejam em produção comercial (CARRER et al., 2010).

Variedades de milho com alto teor de óleo foram desenvolvidas através de tecnologia não transgênica, mas a tecnologia transgênica também está sendo usada para aumentar a quantidade e a qualidade do óleo de milho. Tal como acontece também com o óleo de soja (ver abaixo), a estabilidade e o valor nutricional do óleo de milho poderiam ser melhorados através do aumento da proporção de ácidos gordos monoinsaturados, e há esforços em curso para fazer através da engenharia genética.

O óleo de soja natural contém uma proporção significativa de ácidos graxos di e tri insaturados (linoleico e linolênico) e, embora esses ácidos graxos insaturados sejam geralmente considerados mais saudáveis para consumo do que os ácidos graxos saturados encontrados principalmente na gordura animal, eles têm tendência a oxidar e ficar rançoso. Esses ácidos graxos insaturados também são líquidos à temperatura ambiente, o que limita suas propriedades funcionais na fabricação de certos tipos de alimentos, como a margarina (CARRER et al., 2010).

A estabilidade do óleo de soja e suas propriedades funcionais são melhoradas pela hidrogenação do óleo. Isto reduz as ligações duplas nos ácidos graxos insaturados, produzindo ácidos graxos trans monoinsaturados. Embora os ácidos graxos trans saturados sejam consumidos há muitos anos, há evidências crescentes de que eles não são saudáveis. Para resolver este problema, a soja foi geneticamente modificada para produzir um óleo que contém predominantemente um ácido graxo cis monoinsaturado.

Isto foi conseguido através da engenharia genética, silenciando os genes que produzem ácido linoleico e linolênico a partir do ácido oleico por uma reação de desnaturação. O novo produto é o óleo de soja com aproximadamente 85% de ácidos graxos monoinsaturados, que apresenta boa estabilidade, sabor reduzido e é mais saudável para o consumo (ABLIN; PAZ, 2001).

O farelo recuperado após a extração do óleo de soja é rico em proteínas que possuem excelentes características funcionais para a elaboração de diversos alimentos.

No entanto, várias das proteínas de soja mais abundantes são deficientes em aminoácidos contendo enxofre (metionina e cisteína), que são aminoácidos essenciais para humanos e alguns animais. Outras proteínas da soja são fatores antinutricionais e uma delas é um alérgeno alimentar comum. Assim, pesquisas transgênicas têm sido feitas para remover os fatores antinutricionais e as proteínas alergênicas da soja e melhorar sua qualidade proteica (ORTEGA, 2016).

A deficiência de aminoácidos essenciais contendo enxofre na proteína de soja não pode ser resolvida através do melhoramento convencional porque simplesmente não existem genes melhores no pool genético natural. No entanto, o problema pode ser abordado através da engenharia genética, alterando a atividade das enzimas que sintetizam a metionina e a cisteína ou pela superprodução de uma proteína que as contém. Uma abordagem complementar é bloquear a expressão das principais proteínas da soja que carecem de metionina e cisteína, aumentando assim a percentagem destes aminoácidos nas restantes proteínas.

Ambas as estratégias estão sendo exploradas. A viabilidade de produzir uma proteína rica em metionina em soja transgênica e outras sementes de leguminosas foi demonstrada, mas a característica não foi comercializada. Outras proteínas antinutricionais foram removidas por mutagênese. O promotor usado para silenciar os genes da desnaturasse de ácidos graxos na soja transgênica com alto teor de ácido oleico elimina efetivamente a expressão de uma das principais classes de proteínas de soja que não contém metionina e cisteína. Consequentemente, a semente transgênica que foi modificada para obter alto teor de ácido oleico também apresenta uma qualidade proteica melhorada (ORTEGA, 2016).

Além dos macros nutrientes, amido, proteína e óleo, os alimentos vegetais fornecem muitos dos micronutrientes essenciais na dieta humana. Existem 17 minerais e 13 vitaminas necessários em níveis mínimos para prevenir distúrbios nutricionais e todos estes atraíram a investigação biotecnológica. Estudos clínicos e epidemiológicos mostram um papel importante na manutenção da saúde para vários minerais (ferro, cálcio, selênio e iodo) e vitaminas (A, B6, E e ácido fólico), mas estes normalmente não estão presentes em quantidades suficientes em muitas dietas. Em todo o mundo (JAMES, 2017).

Ainda há muito a aprender sobre a absorção e acumulação de minerais e a síntese de vitaminas nas plantas, mas estão a ser feitos progressos significativos em algumas áreas de investigação, tais como a criação de plantas transgênicas que produzem níveis aumentados de vários micronutrientes. Por exemplo, os grãos de arroz quente não contêm

beta-caroteno, mas foram geneticamente modificados pela introdução de três genes, um de narciso e dois de bactérias, para produzir níveis significativos de beta-caroteno, que é transformado em vitamina A (ABLIN; PAZ, 2001).

Pode ser necessária engenharia genética adicional para aumentar o nível de beta-caroteno no arroz transgênico, de modo que uma porção diária forneça à dose diária recomendada (RDA) de vitamina A. A eficácia desta abordagem para reduzir as deficiências de vitamina A permanece controversa.

Abordagens genéticas semelhantes foram usadas para aumentar o nível de tocoferol, o antioxidante lipossolúvel conhecido como vitamina E, em óleos vegetais. A RDA para vitamina E é de 10 a 13,4 unidades internacionais (equivalente a cerca de 7 a 9 mg de α -tocoferol), que geralmente é acessível através do consumo de componentes dietéticos derivados de plantas, incluindo óleo de soja.

Ao expressar o gene responsável pela última etapa na síntese da vitamina E na planta modelo *Arabidopsis thaliana*, o nível efetivo de vitamina E aumentou quase 10 vezes. Uma abordagem semelhante está sendo usada agora para criar plantas transgênicas de soja e canola com níveis aumentados de vitamina E (SCHUNEMANN et al., 2014).

As plantas contribuem com uma série de outros produtos químicos que promovem a saúde para a nossa dieta. Acredita-se que os glucosinolatos encontrados nos brócolis e vegetais crucíferos relacionados ajudem a desintoxicar substâncias cancerígenas indutoras de câncer. As isoflavonas encontradas na soja são fitoestrógenos e parecem reduzir a incidência de câncer de mama, próstata e cólon; osteoporose; e doenças cardiovasculares.

Os carotenóides, os pigmentos vermelhos, laranja e amarelos presentes nos tomates e nos vegetais de folhas verdes, parecem reduzir o risco de certos tipos de cancro, doenças cardiovasculares e cegueira causada pela degeneração macular. Os fatores genéticos e metabólicos que influenciam os níveis de glucosinolatos, isoflavonas e carotenóides de diversas fontes vegetais são pouco compreendidos, assim como o nível apropriado em que devem ser consumidos para obter máximos benefícios à saúde. As dietas ocidentais contêm normalmente quantidades limitadas destes produtos químicos, e há um interesse crescente em encontrar formas de aumentar o seu conteúdo nos alimentos e determinar os seus níveis adequados de promoção da saúde.

Alimentos vegetais também poderiam ser usados como vacinas comestíveis. Muitas sementes contêm proteínas que são alergênicas em certas pessoas. Quando essas proteínas alergênicas são digeridas, pequenos fragmentos delas derivados são absorvidos

em manchas de células do intestino delgado que fazem parte do sistema imunológico. São produzidos anticorpos contra estas proteínas, o que leva a uma resposta imunitária no indivíduo, com consequências potencialmente graves após exposição subsequente às proteínas alergênicas (SCHUNEMANN et al., 2014).

Este mesmo processo pode ser usado para criar imunidade contra patógenos virais e bacterianos comuns, produzindo proteínas antigênicas derivadas deles em partes comestíveis de plantas. De particular interesse é um grupo de agentes patogênicos – vírus Norwalk, *Vibrio cholerae* (a causa da cólera) e *Escherichia coli* enterotoxigênica (uma fonte de “diarreia do viajante”) – que causam a morte de vários milhões de crianças todos os anos, principalmente nos países em desenvolvimento (ROGGIA et al., 2016).

Estudos preliminares indicam que alimentos vegetais não cozidos, como batatas ou bananas, podem ser usados para produzir proteínas derivadas de patógenos (como proteínas do revestimento de vírus). Esses alimentos podem então ser usados para inocular crianças e adultos contra uma variedade de doenças comuns. Embora ainda haja muita investigação a fazer para demonstrar a eficácia e a viabilidade econômica desta abordagem, os resultados de experiências preliminares são promissores (ROGGIA et al., 2016).

Há também interesse em utilizar plantas para produzir anticorpos monoclonais humanos. Pesquisas preliminares demonstraram que vários tipos de tecidos vegetais, incluindo sementes e folhas, têm a capacidade de expressar genes que codificam as subunidades proteicas de anticorpos monoclonais e montá-los em complexos funcionais. Resta saber se as plantas podem produzir estes anticorpos em quantidades suficientes para satisfazer as necessidades terapêuticas. No entanto, se for possível, a tecnologia terá um enorme potencial devido ao custo da produção de anticorpos monoclonais em culturas de tecidos de mamíferos. Seria essencial cultivar estas plantas em locais restritos, mas o valor dos produtos seria facilmente suficiente para compensar o custo do cultivo isolado (JAMES, 2017).

Estas diversas modificações nos alimentos levantam uma série de questões, muitas das quais estão além do escopo deste estudo. Uma classe de modificações aborda as deficiências nutricionais aumentando a concentração do nutriente ou precursor deficiente na planta. Como sugere uma análise das deficiências de vitamina A, o alívio de tais deficiências pode exigir mais do que apenas aumentar o nutriente num alimento. Uma abordagem cuidadosa e ponderada à utilização da biotecnologia para resolver deficiências nutricionais pode começar por considerar todas as alternativas e desenvolver uma

abordagem sistêmica para aliviar a deficiência na população identificada. Uma segunda classe de modificações visa otimizar a qualidade dos alimentos através de melhorias incrementais (JAMES, 2017).

Mais uma vez, pode ser difícil saber se uma melhoria antecipada na qualidade dos alimentos conduzirá realmente a uma melhoria, tal como a alteração do conteúdo de compostos “produtores de saúde” nas plantas, em vez de um declínio no bem-estar humano. É evidente que há muitas questões que outros cientistas, incluindo nutricionistas e especialistas em saúde pública, precisam abordar para garantir que a biotecnologia conduzirá a uma melhor saúde humana (JAMES, 2017).

Todos estes produtos futuros levantam questões paralelas relacionadas com o impacto ambiental. Poderão existir riscos indiretos para a saúde humana, mediados pelo ambiente, que exigiriam uma nova análise especializada. Os riscos não alvos associados a estas plantas com características nutricionais alteradas (tanto macronutrientes como micronutrientes), concentrações aumentadas de compostos “produtores de saúde” ou vacinas comestíveis podem ser consideravelmente mais sutis do que os riscos diretos de mortalidade associados a plantas produtoras de toxinas inseticidas, que estão a ser avaliados atualmente (SCHUNEMANN et al., 2014).

3.5 Métodos transgênicos: redução de riscos e melhora dos benefícios para o meio ambiente

Algumas das preocupações levantadas sobre as primeiras variedades de culturas derivadas da biotecnologia podem ser evitadas no futuro com a expansão da nossa base de conhecimentos. Por exemplo, os problemas de fluxo de pólen poderiam ser reduzidos se houver avanços na transformação dos plastídios, se sistemas de esterilidade forem introduzidos nas variedades, ou se fatores gametofíticos (isto é, genes expressos no pólen ou no ovo) puderem ser usados para restringir a fertilização do ovo (ROGGIA et al., 2016).

À medida que métodos de cultura não tecidual são desenvolvidos para transferência de genes, como o cultivo de flores em desenvolvimento com *A. tumefaciens* a transformação genética em diversas espécies de plantas pode se tornar muito menos dependente do genótipo, talvez até ao ponto de usar uma cultura de elite. Cultivar para o evento de transformação inicial, evitando assim o arrasto de ligação como resultado de procedimentos de melhoramento subsequentes. Além disso, a própria cultura de tecidos

introduz frequentemente variações genéticas e epigenéticas indesejadas e imprevisíveis em plantas transgênicas que tais métodos podem evitar.

Alternativamente, diferentes promotores poderiam permitir um maior controle sobre o local da planta em que o produto gênico é produzido; promotores específicos de tecidos poderiam impedir a expressão de proteínas pesticidas, por exemplo, em pólen e outros tecidos. A regulação temporal e espacial da expressão genética também pode ser controlada, por vezes, através de um indutor exógeno (ROGGIA et al., 2016).

A capacidade de identificar e transferir genes de coleções de elite de germoplasma da mesma espécie poderia melhorar dramaticamente como resultado do conhecimento adquirido a partir da investigação genômica e proteômica. A tecnologia antisense melhorará a nossa capacidade de eliminar a função dos genes expressos. Espera-se que as tecnologias de recombinação direcionada e de substituição de genes melhorem, o que permitirá maior precisão na inserção de genes após a transformação. Nossa capacidade de produzir eventos de transformação primária com marcadores selecionáveis que podem ser removidos através de cruzamentos genéticos ou que fazem uso de marcadores selecionáveis benignos (mais aceitáveis) será aprimorada. Melhorias no sequenciamento de DNA já permitem a análise completa da sequência de eventos de transformação primária, de modo que os ótimos com inserções simples de um único gene sejam selecionados no início do processo de engenharia de características transgênicas (ROGGIA et al., 2016).

3.6 A evolução da cultura da soja RR E BT

Os transgênicos surgiram durante um período de intensificação da atividade agrícola que começou nos anos 70 e se aprofundou no final dos anos 90, quando duas barreiras simbólicas foram superadas no Brasil: a superfície de 25 milhões de hectares destinados à agricultura e os 60 milhões de hectares cultivados (BEGENSIC, 2002). Nessa época adicionou-se o aumento dos preços internacionais dos produtos de exportação tradicionais do Brasil (como trigo, milho e soja), particularmente na primeira metade da década de 1990. A "agricultura" do campo e a diminuição correlativa da atividade do gado levaram também ao aumento da lucratividade das explorações (RECA; PARRELLADA, 2001).

A velocidade de adoção da soja no Brasil não teve precedente, mesmo em comparação com outras introduções bem sucedidas, como híbridos de milho e trigo (PENNA E LEMA; 2003).

Um aspecto importante que explica os benefícios econômicos que incentivaram o cultivo da soja para os produtores é o baixo custo do pacote tecnológico. Por sua vez, este baixo custo é atribuído, fundamentalmente os seus dois principais componentes, a semente e o glifosato, que não estavam sujeitos a um mercado monopolista desde o início da sua introdução no país. Esta situação não é usual no caso das tecnologias OGM: a natureza monopolística da evolução da biotecnologia agrícola, que, além disso, está em mãos de um punhado de multinacionais que se expandiram na década de 1990 é certamente um dos os fatores cruciais que os tornam o alvo da crítica (JAMES, 2017).

Primeiro, a patente de glyphosate havia expirado no país em 1991. Embora durante a década de 1980 o glyphosate fosse mais caro do que nos países desenvolvidos - 40 dólares por litro - essa situação mudou drasticamente no início da década de 1990, quando seu preço caiu de cerca de 10 dólares por litro no início da década para menos de 3 em 2001 - menos de um terço do preço nos Estados Unidos, onde custou 9,5 dólares L⁻¹ (JAMES, 2017).

Quando a soja foi introduzida no país em 1996, já havia 14 empresas que forneciam glyphosate, um número que chegou a 22 em 2001. Ablin; Paz (2001) atribui a diminuição do preço do glifosato à flexibilidade dos fornecedores de insumos em prol do preço internacional da soja. Mas Trigo (2002) está mais inclinado a se correlacionar com o aumento da concorrência, o que também contribui para a redução das tarifas de importação.

Este mercado competitivo, no entanto, não deslocou a Monsanto, que concentra 50% das vendas de glyphosate, mesmo que seus preços sejam um pouco superiores aos preços genéricos, uma situação atribuída ao peso da marca. Uma acusação de dumping para o glifosato importado da China de que a Monsanto começou em 2003 não prosperou, embora tenha sido ouvido um protesto semelhante no Brasil, o que impôs uma taxa de 35% sobre a importação desse produto da China (JAMES, 2017).

Em relação ao não monopólio da soja no final da década de 1980, a Asgrow International - na época, de propriedade da Upjohn - assinou um acordo com a Monsanto para apresentar o gene para tolerância ao glyphosate nas cultivares de soja. Pouco tempo depois, a Upjohn vendeu suas subsidiárias. A multinacional Nidera comprou a Asgrow, e assim teve acesso a todo o seu germoplasma. É por isso que a Nidera foi a empresa que

apresentou a autorização para a aprovação da soja antes do organismo criado em 1991 para supervisionar a liberação de OGMs no meio ambiente (TRIGO, 2002).

Em meados da década de 1990, a Monsanto comprou a área de negócios de grãos e oleaginosas da Asgrow International; A Nidera perdeu o acesso a novas tecnologias, mas manteve o acesso aos que já tinha. Assim, quando a Monsanto tentou patentear o gene, não poderia fazê-lo, porque já estava "liberado" (TRIGO, 2002). Outras empresas também entraram no mercado de soja desenvolvendo suas próprias variedades e pagando à Monsanto uma taxa pelo uso do gene de resistência para o glyphosate.

Em 2001, sete empresas já ofereceram mais de 50 variedades de soja, sendo que todas pagavam uma taxa à Monsanto. Estima-se que o pagamento desta taxa seja uma amostra de boa vontade das empresas de sementes para essa empresa, para assegurar o acesso a outros desenvolvimentos tecnológicos protegidos por patentes (JAMES, 2017).

O cultivo da soja cresceu, em princípio, à custa das pastagens (deslocando a rotação tradicional agricultura-pecuária) e outras culturas. Embora em algumas áreas a rotação com milho e trigo tenha sido sustentada, principalmente em áreas de monocultura, com rotação esporádica com milho. Mas a soja também avançou em áreas anteriormente inexploradas e marginais mesmo em áreas que foram desmatadas (TRIGO, 2002).

3.7 Benefícios do cultivo da soja

Expectativas favoráveis dos produtores contribuíram para a rápida adoção da soja, que foi incentivada também pelas pesquisas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Soja. Um dos motivos que levaram os produtores a adotarem a soja foi a simplicidade no controle de plantas daninhas e os baixos custos do cultivo. As expectativas em relação ao aumento dos rendimentos eram pequenas e, em alguns casos, eles estavam mesmo dispostos a enfrentar alguma redução neles, em vista de outros benefícios (RECA; PARRELLADA, 2001).

Em geral, os autores destacam um aumento nos benefícios econômicos para os produtores que adotaram a soja para simplificar e reduzir os custos na gestão de plantas daninha e não para um aumento nos rendimentos. Reca; Parrellada (2001) avaliam positivamente o cenário da cultura, uma vez que a magnitude da expansão dessa safra poderia afetar os rendimentos, embora também existam relatos de períodos em que a cultura esteve em baixa.

Meninato (2001) estima a redução de custo da soja em relação a convencional a 27 dólares/ha. Penna e Lema (2003) calculam que, na soja em primeiro lugar, a diferença

nas margens brutas da soja varia entre 15 e 17 dólares por ano (sendo muito menor na segunda plantação). Trigo e Cap (2003) calculam a redução geral dos custos de produção de soja a 20 dólares/ha, um benefício que, segundo eles, é responsável pela adoção desta safra.

Significativamente, esses autores argumentam que a adoção do pacote de tecnologia da soja não afetou pequenos produtores e que gerou emprego, duas preocupações quanto ao impacto social do organismo geneticamente modificado. Alguns autores afirmam que, uma vez que a genética é uma "tecnologia divisível", ela pode ser aplicada independentemente do tamanho da fazenda - especialmente quando equipamentos podem ser empregados. Eles mencionam um estudo a partir do ano 2000 em que os pequenos produtores representam 90% dos adotantes de soja BT, sendo que os pequenos produtores se beneficiam um pouco mais do que os maiores produtores (SCHUNEMANN et al., 2014).

Em relação à criação de emprego, embora a tendência histórica tenha sido claramente negativa - de 1,86 milhão de empregos em 1926, atingiram 783 mil em 1993 - desde esse ano a tendência reverteu para 966.000 em 1999, última data para a qual se têm informações. Esta diferença positiva é atribuída aos "processos paralelos de agricultura e intensificação da produção [...] onde a introdução e expansão rápida de soja de segunda safra (plantada após a colheita de trigo) tem desempenhado um papel substancial" (SCHUNEMANN et al., 2014).

Uma estimativa dos mesmos autores sobre os benefícios da introdução da soja RR entre 1998 e 2003 fala de 5,188 milhões de dólares, dos quais 87% teriam sido dos produtores - por aumento de produção e redução de custos - e 13% aos vendedores de sementes e glyphosate. Apesar das vantagens que a soja BT ofereceu aos produtores, as tendências quanto à concentração da terra não foram revertidas, de acordo com os estudos citados por eles (SCHUNEMANN et al., 2014).

3.8 O cenário brasileiro

A biotecnologia é uma nova forma de produção que surgiu quando o capital atingiu os limites da produção industrial e começou a entrar no que se pode chamar de fase orgânica: uma fase em que a capital faz branco nas dimensões reprodutivas da vida cultural e como loci para a intensificação da produção. (SCHUNEMANN et al., 2014).

A intensa relação entre academia e indústria, a possibilidade de patentear organismos vivos e suas partes, o poder crescente das empresas multinacionais

agroquímicos e sementes foram algumas das novas realidades que emergiram por trás de um fato: que as tecnologias de OGMs são basicamente um produto da indústria privada da era da globalização, um dos aspectos que motivou a oposição a essas tecnologias (VITTA et al., 2003).

Praticamente todos os OGMs em uso atualmente no mundo pertencem a multinacionais, na verdade, a Academia China Science desenvolveu a única fonte de resistência a insetos independente dos genes Bt patentados pela Monsanto - mas na Argentina, México e África do Sul, entre outros países, são apenas variedades disponíveis com Transgen Cryl Ac da Monsanto (ROGGIA et al., 2016).

No Brasil, além dos OGMs aprovados e em uso, mais de 80% dos pedidos de autorização para a liberação correspondem a empresas multinacionais. Dois números permitem vislumbrar a magnitude dos investimentos envolvidos no desenvolvimento de transgênicos e as diferenças entre os setores público e privado, particularmente em relacionamento com os países em desenvolvimento: apenas a Monsanto tem mais de duas vezes o número de pesquisadores em biotecnologia do que em toda a América Latina e Caribe (TRIGO, 2000), e o custo da aprovação de um transgênico cresceu de 5 a 10 milhões de dólares para entre 20 e 30 milhões de dólares no presente.

Segundo o Serviço Internacional para Aquisição de Aplicações de Agrobiotecnologia (ISAAA, 2019), o Brasil cultivou 50,2 milhões de hectares (ha) com culturas transgênicas em 2017, um crescimento de 2% em relação a 2016 ou o equivalente a 1,1 milhão de ha. Essa área representa 26% de todo o cultivo global de biotecnologia e estão divididos em lavouras de soja, milho e algodão, sendo: 33,7 milhões de hectares (ha) plantados com a oleaginosa; 15,6 milhões de ha com milho (safras de verão e inverno) e 940 mil ha com algodão. A taxa de adoção, considerando essas três culturas, foi de 94%.

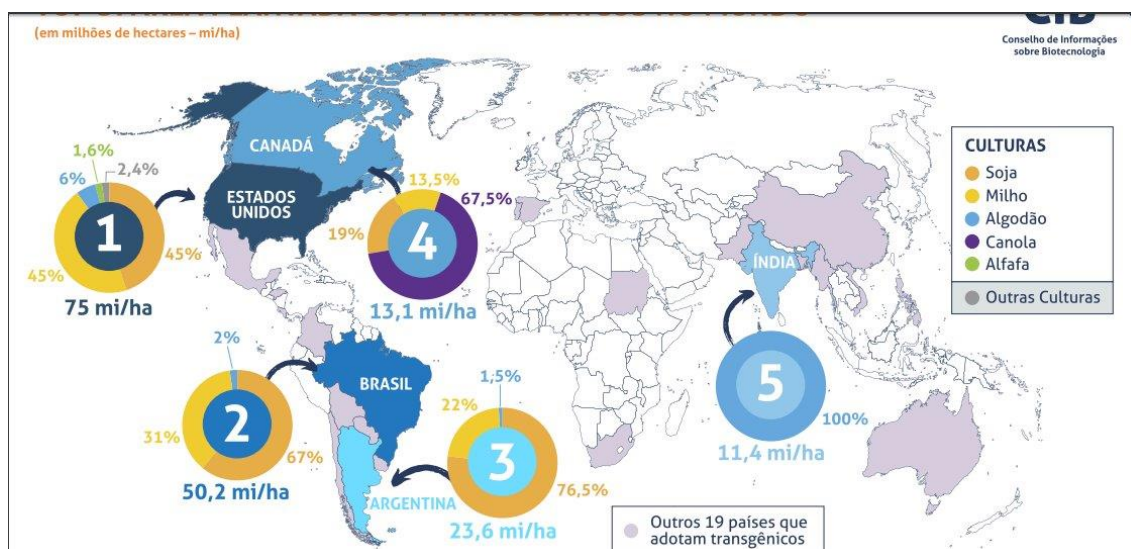


Figura 5. Área plantada com organismos geneticamente modificados pelo mundo.

No ano de 2016, o Brasil foi o propulsor mundial pelo oitavo ano consecutivo, aumentando sua área cultivada com culturas biotecnológicas mais que qualquer outro país, com 49,1 milhões de hectares (ha), o que representou um aumento de 11% em relação a 2015. Esse aumento corresponde a 4,9 milhões de hectares repercutiu em todo o mundo, tornando o Brasil o motor do crescimento em culturas biotecnológicas internacionalmente. Nesse contexto, a soja Bt potencializou tal crescimento, devido à economia de inseticidas, à tecnologia de plantio direto e ao aumento da produtividade (JAMES, 2017).

Nesse sentido, o processo de adoção de transgênicos representa um caso de interesse para seguir algumas das alternativas complexas de colocar o uso desta tecnologia em um país em desenvolvimento. Em princípio, pode-se dizer que várias críticas marcaram esse processo e as avaliações feitas sobre a adoção de OGMs. A primeira foi, sem dúvida, a natureza "excepcional" da adoção da soja Bt. Além do que, os atores que favoreceram esse processo ou poderiam se beneficiar com isso por causa do não monopólio do pacote tecnológico e suas consequências, não representam um exemplo que pode ser extrapolado para prever a aceitabilidade por parte de produtores e o impacto econômico, ecológico ou social de outros produtos transgênicos que poderiam ser introduzidos no país.

Sem dúvida, o caso das sojas RR e Bt merece ser analisado e discutido intensivamente, dado o peso que a agricultura da soja tem na economia nacional. No entanto, é improvável que este debate sugerisse pontos que podem ser generalizadas para

entender a adoção de outros transgênicos. Em termos comparativos, este caso também parece fazer suposições sobre o que pode acontecer em outros países em desenvolvimento, um processo que poderia ter um impacto vital na aceitação da soja transgênica no mundo e, portanto, na situação futura de outros países no mercado internacional (POHL NIELSEN, 2002; ROGGIA et al., 2016).

É importante, então, destacar a escassez de pesquisas acadêmicas que exploram esses casos a partir da perspectiva do relacionamento ciência-sociedade e a necessidade de cobrir essa falta. Também é importante alertar sobre a falta de debate público sobre esses dois casos. Enquanto uma pesquisa recente na percepção pública da ciência mostra o pouco conhecimento do público sobre a existência de soja transgênica no país, é revelador que, nesta pesquisa, não houve dúvida sobre o milho e algodão (ALBORNOZ, et al., 2004).

Uma segunda crítica relacionada à natureza excepcional do caso da soja RR, do ponto de vista técnico, é que este transgênico foi desenvolvido – e adotado – para generalizar o uso de um herbicida de baixa toxicidade. A adoção deste pacote tecnológico está promovendo mudanças maciças na distribuição de plantas daninhas e a detecção de plantas daninha tolerantes, o que poderia estar motivando a reincorporação dos herbicidas que vieram para substituir mais pesticidas devido à fraqueza de monoculturas contra pragas.

Outro aspecto fundamental em relação à natureza excepcional da adoção da soja Bt tem a ver com críticas sobre os efeitos sociais dos transgênicos, em particular, o despovoamento do campo e a concentração de propriedade, que se concentra no caso da soja. Os estudos sobre a soja Bt realizados até o momento não são necessariamente conclusivos em relação ao quanto esses fenômenos foram exacerbados em cada safra. Alguns autores argumentam na direção oposta de que ainda não há evidências conclusivas para exaltar a soja Bt dos males sociais do campo, mas nem para condená-la. Aquelas evidências claras podem surgir a partir da análise do caso do milho e, sobretudo, do algodão Bt - sendo interessante também analisar a interação com a soja Bt.

Em relação a essas críticas, por outro lado, são razoável especular que pode ser que o impacto da soja Bt seja diferente em áreas de baixa desigualdade socioeconômica, as áreas mais férteis do país, do que nas terras marginais ou aquelas tradicionalmente marcadas pela desigualdade. Para que se tenham conclusões representativas das diversas realidades do país em termos de impacto da soja Bt, é preciso estudar diferentes áreas. É provável que esses estudos diferenciados contribuam para reconciliar, embora em partes,

as perspectivas divergentes oferecidas por atores pró e anti-transgênicos, que parecem se concentrar de forma privilegiada em diferentes cenários (MOSCARDI et al., 2012).

De acordo com o segundo relatório sobre tecnologias OGM da Nuffield Council on Bioethics (2003), dedicado aos países em desenvolvimento, em relação a afirmações que vinculam sobre a adoção de soja transgênica com processos de desmatamento, desemprego rural e insegurança alimentar, a complexa interação de fatores tecnológicos com processos sociais, políticos e regulatórios, implica que é difícil avaliar essas afirmações variadas. A comparação das conclusões do mesmo relatório é interessante no que diz respeito aos diferentes impactos que a tolerância ao glifosato ou, em geral, a soja tolerante pode ter sobre a redução da necessidade de trabalho, em relação à práticas tradicionais de remoção de plantas daninhas e disponibilidade de mão-de-obra.

Finalmente, a questão do comércio internacional é fundamental para a compreensão e para avaliar a situação dos transgênicos. É uma associação que só recentemente começou a se estabelecer no debate internacional sobre transgênicos - sem dúvida, acelerado pelas leis de rastreabilidade e rotulagem e pela entrada em vigor do Protocolo de Cartagena, que regula o comércio de OGMs que, historicamente, teve um forte eixo de discussão no assunto de segurança alimentar em um sentido estrito.

Assim, é auspicioso incluir uma apresentação mais ampla desta questão em vários relatórios internacionais sobre tecnologias de OGM em países em desenvolvimento, como o trabalho preliminar do Governo da Grã-Bretanha, ou o mais avançado produzido pelo Governo da Austrália. Em particular, o referido relatório da Nuffield Council on Bioethics (2003), que argumenta que a redução de obstáculos às importações agrícolas de países pobres, bem como a redução dos subsídios agrícolas dos países desenvolvidos aos seus agricultores podem ajudar os agricultores dos países em desenvolvimento em busca de segurança alimentar.

No mesmo sentido, é importante refletir sobre o fato de que o Brasil adotou os transgênicos como parte de uma estratégia para competir por mercados agrícolas com os Estados Unidos e para ter sua produção subsidiada. As críticas no país ligam a sua adoção com a competitividade e a questão dos subsídios agrícolas nos países desenvolvidos (ORTEGA, 2016). As políticas adotadas espelham a aprovação de eventos aprovados na União Européia e mostram que, apesar das coincidências com o que estava sendo feito nos Estados Unidos nos mesmos anos, as decisões no início do processo de adoção dos transgênicos conservou certa independência.

O Brasil abandonou sua política de independência relativa precisamente como resposta à resistência do mercado europeu contra transgênicos e de certa forma acabou acompanhando os Estados Unidos em seu protesto perante o Mundo Trade para a moratória, embora não tenha sido diretamente prejudicado por isso (MOSCARDI et al., 2012).

Finalmente, uma observação que surge da análise do caso brasileiro da soja Bt, é a grande influência dos consumidores e produtores do sul do Brasil exerceram e continuam a exercer na controvérsia internacional em tecnologias OGM. Além disso, estes são apenas dois dos múltiplos atores envolvidos, tendo também os órgãos técnicos e políticos e os setores científicos, as empresas multinacionais, as ONGS ambientalistas e ruralistas, os produtores de alimentos e varejistas e outros meios de comunicação como “não consumidores” (SCHUNEMANN et al., 2014).

Os europeus se posicionaram contra os transgênicos e comprometeram a posição brasileira no comércio internacional da soja, foi o sim dos produtores brasileiros que pareceu inclinar novamente o equilíbrio a seu favor. Na verdade, quando os consumidores europeus disseram não à tecnologia dos OGMs e a soja transgênica já não era usada na produção de produtos para consumo humano, apesar do fato de a soja Bt ter sido aprovada na União Européia, demonstrou independência de julgamento em relação a as autoridades reguladoras.

Quase simetricamente, mas com um sinal inverso, o produtores do sul do Brasil, com seus sim para a soja Bt - que foram aprovados por autoridades sanitárias do país, mas não pela sua comercialização, devido a uma decisão judicial - eles também mostraram uma atitude de independência em relação ao seu sistema legal.

Embora existam, sem dúvida, várias e complexas razões por trás das decisões tomadas por esses dois atores, uma análise simples da distribuição custo-benefício (MENINATO, 2001) já é orientação para compreendê-los. Nesta perspectiva, os consumidores assumem o risco de uma nova tecnologia, enquanto os produtores se beneficiam de uma tecnologia que reduz seus custos. A soja Bt foi cultivada ilegalmente no Brasil com 17% mais barato por hectare que a soja convencional, embora isso tenha mudado quando seu uso foi provisoriamente autorizado e a Monsanto reivindicou o pagamento de propriedade intelectual (MOSCARDI et al., 2012).

Em relação com a situação de um país exportador como o Brasil, uma conclusão importante tem a ver com o destaque de que esses atores não foram estritamente guiados devido a questões técnicas e de risco, e que adotaram decisões independentemente

daqueles que tomaram os sistemas legais de seus países. Qual, em última análise exemplo, marca os limites das decisões dos órgãos nacionais e internacionais.

Uma das características das culturas geneticamente modificadas é a resistência aos insetos e a tolerância aos herbicidas. Em termos de culturas geneticamente modificadas, a soja domina outras culturas geneticamente modificadas. No entanto, enfatiza a defesa da segurança alimentar e nutricional e da própria saúde, uma vez que todos os esforços para garantir a saúde devem centrar-se no tipo de alimentos consumidos e na biodiversidade (flora e fauna selvagens, diversidade genética, espécies agrícolas e sistemas ecológicos cultivados) combater a inconsciência biológica e genética na agricultura, bem como a crescente desnutrição, a poluição da água, a erosão do solo, a desertificação e a destruição das florestas segundo afirma os achados de Santilli (2009).

Enquanto o Brasil incentiva a produção de soja geneticamente modificada e ganha espaço internacional, a Organização Mundial da Saúde (OMS) está cada vez mais focada em garantir que os alimentos sejam ricos em nutrientes essenciais para combater doenças e desnutrição, além de controlar as mudanças climáticas causadas pelo desmatamento e pelas queimadas, além do superaquecimento. Além disso, as mudanças climáticas estão levando à propagação de insetos e doenças como dengue, malária e esquistossomose. Segundo Piana (2013) a atividade dos transgênicos no Brasil ainda é relativamente recente e levanta muitas questões sobre seus benefícios e riscos (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2011).

Tanto os aspectos sanitários quanto os ambientais precisam ser analisados e respeitados para que o consumidor conheça tudo sobre o produto e tome medidas para combater os abusos ambientais. Ele acredita que existe uma linha tênue entre os efeitos positivos e negativos dos produtos geneticamente modificados, e tudo depende de como eles são produzidos e se cumprem os padrões de segurança alimentar, já que as novas biotecnologias permitem que maiores concentrações de nutrientes sejam incorporadas aos produtos, assim tornando a comida mais rica e completa. Sem controle, supervisão e sensibilização, podem surgir riscos, pelo que os consumidores precisam compreender estes produtos e salvaguardar os seus direitos quanto ao consumo dos mesmos de acordo com Lavorente (2011).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) está obrigada a adotar posicionamento na proteção da saúde e do meio ambiente, bem como nos aspectos jurídicos, conforme dispõe o Artigo. 6º inciso I, do Código de Defesa do Consumidor, relativo às garantias fundamentais em favor da vida, da saúde e da segurança Revista

Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente, o mesmo artigo não menciona o consumo de organismos geneticamente modificados, portanto estes devem ser impostos ao produto, para um melhor monitoramento (PEDRANCINI et al., 2008).

Ainda assim, Piana (2013) acredita que no que diz respeito à saúde e ao meio ambiente, destaca que a modificação genética afeta os aspectos produtivos, a vida selvagem e a biodiversidade das florestas, e que através de melhorias convencionais é possível produzir maiores quantidades dentro de um mesmo espaço terrestre, assim evitar a destruição de novas áreas, desenvolvimento, para não mencionar a redução do uso de pesticidas nas plantas e, portanto, nos rios e águas costeiras. No entanto, destacou que poderiam surgir problemas ambientais devido à degradação de áreas florestais que requerem proteção legal, uma vez que se pretende expandir o cultivo de soja geneticamente modificada.

A produção de transgênicos deve respeitar o equilíbrio dos ecossistemas e do ambiente para que os insetos, as plantas ou outros organismos sejam protegidos e este tipo de produção possa continuar a dominar o sector alimentar e contribuir para o desenvolvimento econômico nacional. Para garantir a resistência a pragas e doenças, ou mesmo para evitar a resistência aos próprios pesticidas, os agricultores geneticamente modificados devem assegurar a rotação de culturas para que os nutrientes do solo permaneçam equilibrados (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2011).

Os efeitos e impactos da agricultura geneticamente modificada devem ser controlados através de medidas preventivas e de biossegurança, respeitando os limites de conservação, nascentes, águas costeiras, encostas e outros recursos naturais, e garantindo que informações aprofundadas sobre propriedades terapêuticas e nutricionais sejam pesquisadas e testadas, bem como tanto quanto possível da poluição ambiental de acordo com Lavorente (2011).

Com base em informações cientificamente não fundamentadas e apenas em opiniões diferentes sobre os transgênicos, determina-se que estes contêm genes de resistência a antibióticos, espalhando assim a resistência bacteriana, têm baixo valor nutricional, representam um risco desequilibrado para o ambiente, são prejudiciais à saúde humana e podem causar alergias, envenenamento e várias doenças. Estes autores observam também que, do ponto de vista ambiental, estes alimentos ameaçam a biodiversidade porque, ao transferir genes de uma população para outra, podem deslocar ou eliminar espécies selvagens, expor outras espécies, criar plantas daninhas e contaminar

o solo. Já os agrotóxicos podem eliminar insetos importantes para a polinização e a cadeia alimentar (PIANA, 2013).

Por outro lado, alguns cientistas afirmaram que a possibilidade dos alimentos geneticamente modificados causarem quaisquer alterações como intoxicações, alergias ou outras doenças é a mesma que a dos alimentos cultivados com alimentos geneticamente modificados. Portanto, os métodos convencionais não podem atribuir qualquer risco aos transgênicos. Eles também enfatizam que, assim como o fluxo gênico entre diferentes espécies é extremamente complexo e não se quebra tão facilmente devido à existência de cadeias reprodutivas que fornecem barreiras ao controle e ao isolamento, a comunidade científica também vê a erradicação dos insetos e as mudanças na biodiversidade agrícola como incertas (PEDRANCINI et al., 2008)

Pedrancini et al., (2008) apresentam informações contraditórias, e os cientistas acreditam que tanto a soja convencional como a transgênica apresentam os mesmos riscos, e tal como a Organização Mundial de Saúde está sempre preocupada com os transgênicos, são feitos testes rigorosos para detectar substâncias alergênicas antes de serem colocadas no mercado. Em termos de valor nutricional, enfatizam que não existem diferenças nutricionais entre a soja geneticamente modificada e a soja convencional. Eles também acreditam que a mídia tem uma forte influência nos pensamentos e posições sobre os transgênicos, criando muitos conflitos de interesse e desviando o foco da pesquisa sobre os mesmos.

No mesmo sentido, Costa et al., (2011) ressaltam que os efeitos positivos da soja transgênica brasileira são detalhados no processo produtivo, este parece ser um motivo para promover a modificação genética dos produtos para prolongar sua vida útil, reduzir custos, resistir a pragas e insetos, tolerar herbicidas, equilibrar a nutrição e garantir dieta saudável. Os impactos negativos não são fáceis de controlar porque podem surgir inesperadamente, como alergias, toxicidade e intolerâncias, bem como outros fenômenos como o clima, as pragas e os insetos que podem alterar os ecossistemas e afetar a biodiversidade. Embora inesperados estes impactos possam ser analisados através dos riscos alimentares, ecológicos.

Diante das posições contraditórias a respeito dos efeitos positivos e negativos da soja geneticamente modificada na saúde e no meio ambiente, é necessário enfatizar a importância de realizar pesquisas mais aprofundadas sobre este tema e tentar elucidar melhor as ideias dos autores, resultados e discussões para elucidar o que este estudo

propõe como suporte teórico para os pontos de vista e objetivos (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2011).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As críticas acerca da produção e consumo de alimentos transgênicos se dividem. Isso se dá pelo contexto social e pela complexidade e desconhecimento frente aos diversos processos de produção de um OGM. A ciência e seus pesquisadores vêm trabalhando arduamente em busca de respostas em curto prazo, tendo em vista o grau de inovação tecnológica aplicado nos OGMs.

Em suma, a análise abrangente realizada neste trabalho proporciona uma visão detalhada sobre o uso da soja transgênica na agricultura, destacando seus potenciais benefícios e desafios associados.

É crucial reconhecer que a adoção da soja transgênica não é uma solução única para todos os desafios enfrentados pela agricultura, mas sim uma ferramenta valiosa que deve ser gerenciada com precaução e responsabilidade. A continuidade da pesquisa e monitoramento é essencial para avaliar a segurança ambiental, os impactos na saúde humana e animal, bem como para aprimorar as técnicas de cultivo e maximizar os benefícios dessa tecnologia.

5. REFERÊNCIAS

ABLIN, Eduardo R.; PAZ, Santiago. **Hacia la trazabilidad en el mercado mundial de soja: una nueva mirada a la ley de la oferta y la demanda**, Buenos Aires:Cancillería Argentina, Dirección Nacional de Negociaciones Económicas y Cooperación, 2001.

ALBORNOZ, M.; VACAREZZA, L.; POLINO, C.; FAZIO, M. E. Los Argentinos y su Visión de la Ciencia y la Tecnología. Primera Encuesta Nacional de Percepción Pública de la Ciencia, **Observatorio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva**, SECYT, Buenos Aires, marzo, 2004.

BEGENSIC, F.. **Hacia un País Sojero**, Buenos Aires, Dirección de Agricultura, julio. 2002.

CARRER, H.; BARBOSA, A.L.; RAMIRO, D.A. Biotecnologia na agricultura. **Estudos avançados**, v.24, n.70, 2010.

COSTA T. E. M. M; DIAS A. P. M; SCHEIDEGGER E. M. D; MARIN V. A. Avaliação de risco dos organismos geneticamente modificados. **Rev Ciênc Saúde Coletiva** 16(1): 327-336. 2011;

CROPLIFE BRASIL. O cultivo de plantas transgênicas no Brasil. 2021. Disponível em: <<https://croplifebrasil.org/noticias/plantas-transgenicas-no-brasil/>> Acessado em 01/11/2023.

CROPLIFE BRASIL. O que é engenharia genética? 2019. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/perguntas-frequentes/o-que-e-engenharia-genetica/> Acessado em 01/11/2023.

CROPLIFE BRASIL. Transgênicos, conheça os produtos que revolucionaram a agricultura no mundo. 2020. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/perguntas-frequentes/o-que-e-engenharia-genetica/> Acessado em 01/11/2023.

CTNBio. Disponível em: <http://ctnbio.mctic.gov.br>. Acesso em: 28/10/2023.

HIRAKURI, M. H; LAZZAROTTO, J. J. **Evolução e perspectiva de desempenho econômico associados com a produção de soja nos contextos mundial e brasileiro** [artigo na internet]. 3.ed. Londrina (PR): Embrapa Soja; out 2011, doc. 319, 67 p.

JAMES C. **Global status of commercialized biotech/GM crops**. New York:Ithaca, ISAAA Brief No. 51, 2017.

LAVORENTE, G. B. **Caracterização das vias de exportação de soja do estado do Mato Grosso** [artigo na internet]. Piracicaba (SP): Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo; 2011, 25 p

MENINATO, R. **The impact of biotechnology in South America**, Solbrig 2001, p. 217-223.

MOSCARDI, F. et al. **Artrópodes que atacam as folhas da soja**. Cap. 4. In: HOFFMANCAMPO, C.B.; CÔRREA-FERREIRA, B.S.; MOSCARDI, F. (Eds.). Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Londrina: Embrapa Soja, 2012. p.213-334.

NUFFIELD COUNCIL ON BIOETHICS. The Use of Genetically Modified Crops in Developing Countries. **A follow up Discussion Paper**. 2003.

ORTEGA et al., Pyramids of QTLs enhance host-plant resistance and Bt-mediated resistance to leaf-chewing insects in soybean. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 129, n. 4, p. 703-715, 2016.

PEDRANCINI, V. D; et al. Saber científico e conhecimento espontâneo: opiniões de alunos do ensino médio sobre transgênicos. **Rev Ciênc Educ**; 14(1): p. 135-146. 2008

PENNA, J. A.; LEMA, D. Adoption of herbicide tolerant soybeans in Brasil: an economic analysis. in **Kalaitzandonakes**, 2003, pp. 203-221.

PIANA, P. H. P. **Alimentos geneticamente modificados e a construção do quadro regulatório no Brasil** [monografia na internet]. Brasília (DF): Faculdade de Ciências Jurídicas e Sociais do Centro Universitário de Brasília; 2013, 55 p.

POHL N.; CHANTAL; R.; SHERMAN; THIERFELDER, K. **Trade in Genetically Modified Food: a Survey of Empirical Studies**, TMD Discussion. Paper No 106, 2002.

PULLIN, A. S.; STEWART, G. B. Guidelines for systematic review in conservation and environmental management. **Conservation Biology**. v. 20, n. 6, p. 1647–1656. 2006.

RECA, L. G.; PARRELLADA, G. H. **El Sector Agropecuario Argentino. Aspectos de su Evolución, Razones de su Crecimiento Reciente y Posibilidades Futuras**, Buenos Aires, Editorial Facultad de Agronomía. 2001.

ROGGIA, S. et al. **Refúgio: preservar a eficiência da soja Bt está em suas mãos**. Londrina: Embrapa Soja, (Embrapa Soja. Folder, 3). 2016. 2p.

SANTILLI, J.F.R. **Agrobiodiversidade e Direitos dos Agricultores** [tese de doutorado na internet]. Curitiba (PR): Centro de Ciências Jurídicas e Sociais da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR); 2009, 409 p.

SCHÜNEMANN, R.; KNAACK, N.; FIUZA, L. M. Mode of action and specificity of *Bacillus thuringiensis* toxins in the control of caterpillars and stink bugs in soybean culture. **International Scholarly Research Notices**, n.1: p. 1-12, 2014.

Serviço Internacional para Aquisição de Aplicações de Agrobiotecnologia - ISAAA. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2018: Biotech Crops Continue to Help Meet the Challenges of Increased Population and Climate Change. ISAAA Brief No. 54, 2019.

TRIGO, E.; CAP, E. J. The impact of introduction of transgenic crops in Argentinean agriculture, **AgBioForum**, v. 6, n.3, p. 87-94. 2003.

TRIGO, Eduardo J. **The situation of agriculture biotechnology capacities and exploitation in Latin America and the Caribbean**. pp. 73-90. 2002.

VITTA, J. I.; TUESCA, D; PURICELLI, E. Widespread use of glyphosate tolerant soybean and weed communities richness in Argentina, **Ecosystems & Environment**. 2003.