

INSTITUTO FEDERAL

Goiano

Campus Rio Verde

BACHARELADO EM AGRONOMIA

**TRANSGÊNICOS: ASPECTOS TÉCNICOS, LEGAIS E
APLICAÇÕES EM CULTURAS AGRONÔMICAS**

HUGO VINICIUS HONORATO DE SOUSA OLIVEIRA

Rio Verde

2022

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO – CAMPUS RIO VERDE**

BACHARELADO EM AGRONOMIA

**TRANSGÊNICOS: ASPECTOS TÉCNICOS, LEGAIS E
APLICAÇÕES EM CULTURAS AGRONÔMICAS**

HUGO VINICIUS HONORATO DE SOUSA OLIVEIRA

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Fernando Higinio de Lima e Silva

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

OOL48t Oliveira , Hugo Vinicius Honorato de Sousa Oliveira
Transgênicos: Aspectos técnicos, legais e
aplicações em culturas agronômicas / Hugo Vinicius
Honorato de Sousa Oliveira Oliveira ; orientador
Fernado Higino de Lima e Silva Higino. -- Rio
Verde, 2022.
31 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Agronomia) --
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. Biossegurança. 2. OMG's. 3. Biotecnologia . 4.
Transgênicos . I. Higino, Fernado Higino de Lima e
Silva , orient. II. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)	Artigo científico
Dissertação (mestrado)	Capítulo de livro
Monografia (especialização)	Livro
X TCC (graduação)	Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor: HUGO VINICIUS HONORATO DE SOUSA OLIVEIRA Matrícula: 2018102200240141

Título do trabalho: TRAGÊNICOS: ASPECTOS TÉCNICOS, LEGAIS E APLICAÇÕES EM CULTURAS AGRONÔMICAS

RESTRICÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 05/05/2022

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

RIO VERDE-GO

Local

04/05/2022

Data

Hugo Vinicius Honorato de Sousa Oliveira.

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinado de forma digital por Fernando Higino de Lima e Silva
Dados: 2022.05.04 10:51:04 -03'00'

Assinatura do(a) orientador(a)

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos vinte e seis dias do mês de abril de 2022, às 8 horas e 30 minutos, reuniu-se a banca examinadora composta pelos membros: Evandro Sidnei Georg, prof. Dr. Pablo Diego Silva Cabral e Prof. Dr. Fernando Higino de Lima e Silva (orientador), para examinar o Trabalho de Curso intitulado "Transgênicos: aspectos técnicos, legais e aplicações em culturas agronômicas" do discente Hugo Vinicius Honorato de Sousa Oliveira, Matrícula nº 2018102200240141 do Curso de Bacharelado em Agronomia do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Fernando Higino de Lima e Silva

Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Pablo Diego Silva Cabral

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Evandro Sidnei Georg

Membro

Documento assinado eletronicamente por:

- Pablo Diego Silva Cabral, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 27/04/2022 15:02:38.
- Evandro Sidnei Georg, 2021102310140067 - Docente, em 27/04/2022 11:59:38.
- Fernando Higino de Lima e Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/04/2022 20:37:52.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 26/04/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 38191b

Código de Autenticação: 5636485dd7



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3620-5800

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos meus parceiros de classe, especialmente ao Ricardo, João Pedro, João Vitor, Roque, José Vitor, Huggo, Vitor, Matheus, Sergio, Fernando, e aos demais que não me recordei. Agradeço aos meus familiares que me apoiaram nessa caminhada.

Agradeço à todas as pessoas que fizeram parte de minha trajetória, em especial ao professor Hercules Diniz, proprietário da empresa Campos Pesquisa Agrícola, onde realizei estágio. Agradeço também ao Roger Santos, que sempre me orientou no estágio, à MRE, em especial ao Estevão e Rafael, que sempre me ajudaram e sanaram minhas dúvidas. À Franciene, Franklyn e Rayr, meus agradecimentos por toda ajuda.

Ao Instituto Federal Goiano pela oportunidade de ensino, aos membros da banca, pela disponibilidade para participação de minha defesa, em especial meu amigo e orientador Fernando Higino, que está na minha trajetória acadêmica desde o Técnico em Agropecuária.

Dedico esse trabalho ao meu amigo Victor Garcia Leão, que fez parte dessa caminhada.

RESUMO

OLIVEIRA, Hugo Vinícius Honorato de Sousa. Transgênicos: aspectos técnicos, legais e aplicações em culturas agronômicas. 2022. 24p Monografia (Curso Bacharelado em Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência, Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO. 2022.

A biotecnologia moderna causou mudanças extremas no mercado e indústrias de fertilizantes, sementes e demais insumos. Depois das sementes geneticamente modificadas, os transgênicos, observou-se uma grande importância para a evolução da agricultura em função da adoção de genes capazes de controlar pragas e doenças, otimizando o manejo e reduzindo o custo. Com o uso dos transgênicos, o Brasil reforça o seu papel de destaque como uma das maiores potências do agronegócio mundial, refletindo até os dias de hoje. As culturas da soja, milho e algodão são as principais culturas transgênicas do ponto de vista econômico. Em geral, a população ainda tem dúvidas o que causa os transgênicos em animais e humanos, porém, certamente, sem eles a escassez de alimento seria uma realidade mundial. Com essa revisão de literatura objetiva-se aspectos técnicos, legais e o avanço dos transgênicos nas culturas de soja, milho e algodão mediante consulta de artigos científicos.

Palavras-chave: Biotecnologia, OGM's, Biossegurança.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 MÉTODOS	11
2.1.1 <i>AGROBACTERIUM</i>.....	12
2.1.2 ELETROPORAÇÃO.....	14
2.1.3 BIOBALÍSTICA	14
2.2 LEGISLAÇÃO	16
2.2.1 BIOSSEGURANÇA.....	16
2.3 CULTURAS.....	19
2.3.1 SOJA	21
2.3.2 MILHO	23
2.3.3 ALGODÃO.....	25
2.4 POLÊMICA DOS ALIMENTOS TRANSGÊNICOS	26
3 CONCLUSÃO	28
4 REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Borém e Santos (2003), um organismo transgênico tem seu genoma alterado pela introdução de DNA exógeno, que pode ser derivado de outros indivíduos, de uma espécie completamente diferente ou até mesmo de uma construção gênica sintética. Assim todo transgênico é um organismo geneticamente modificado (MONQUERO,2005).

A biotecnologia refere-se a qualquer técnica que utilize organismos vivos para produzir ou alterar produtos, melhorar plantas e animais ou desenvolver microrganismos para usos específicos. Sendo assim, é uma ciência multidisciplinar que utiliza agentes biológicos ou parte deles com a finalidade de obter melhores processos, serviços e bens. Através de diferentes técnicas biotecnológicas, muitos problemas são solucionados e inúmeros benefícios são gerados nas diferentes áreas da economia, da agricultura, do meio ambiente, da indústria e da saúde (ANDRADE; FALEIRO, 2011).

Os transgênicos surgiram em 1973, quando os cientistas Herbert Boyer e Stanley Cohen transferiram um gene de rã para uma bactéria, sendo o primeiro experimento ocorrido com sucesso usando a técnica de engenharia genética (SILVA, 2015). Desde da década de 80 as técnicas de engenharia genética vêm sendo utilizadas para o melhoramento genético. Em 1986, foram realizados os primeiros estudos com plantas transgênicas na França e nos Estados Unidos, sendo produzido o tabaco resistente a herbicida, o qual foi lançado no mercado em 1987. Em 1996 chegou ao mercado dos EUA a soja RR, tolerante ao herbicida glifosato, e em 2001 já representava quase 70% das lavouras de soja no país (DELLAVECHIA; KOCH, 2000; SILVA, 2015).

Segundo o Conselho de Informações sobre a Biotecnologia (CIB 2016), a primeira cultura transgênica que entrou no Brasil foi a soja, oriundas da Argentina e trazidas para Rio Grande do Sul. Mesmo sendo ilegal o uso dessa cultivar, o sucesso do plantio aumentou as exigências para que a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) liberasse o comércio da soja transgênica. O plantio para comercialização foi autorizado em outubro de 1998. Essa cultura era nessa época resistente ao glifosato (TRANSGENICOS, 2017).

Os transgênicos têm uma suma importância na economia proporcionando relevância na produtividade e redução de gastos com combustíveis, insumos, impactos favoráveis no meio ambiente com a redução de pesticidas. Assim, essa revisão de literatura tem por objetivo apresentar os aspectos técnicos, legais e o avanço dos transgênicos nas culturas de soja, milho e algodão mediante consulta de artigos científicos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Atualmente, uma combinação de técnicas permite isolar um gene específico que codifica uma característica desejada e transferir esse gene para outros organismos vivos a fim de adaptá-los aos nossos propósitos. O organismo que tem seu patrimônio genético alterado pela introdução de DNA exógeno é chamado de transgênico, enquanto o gene introduzido é denominado transgene e o conjunto de técnicas envolvidas nesse processo é designado transgênese. (FARAH, 2007).

Em 1994 a *Food and Drug Administration* (FDA) aprovou a comercialização do primeiro alimento transgênico nos EUA, o tomate 15 Flavr Savr, modificado geneticamente para apresentar um processo de maturação mais lento, de modo a permitir que os frutos pudessem ser colhidos maduros ainda na planta. Nesse tomate a estratégia empregada foi o uso de RNA's anti-sentido. Os RNA's anti-sentido (fita negativa) são RNA's complementares a RNA's que funcionam com RNA mensageiro (fita positiva), funcionando como inibidores da expressão gênica altamente específica em procariontes (MONTE-NESHICH 1996). Dessa forma criou-se métodos que são utilizados para o processo de transgenia.

O Brasil teve seu nome consolidado como um grande produtor de soja a nível mundial devido à revolução biotecnológica, mudando drasticamente a forma da realização da agricultura no país. Essa mudança deve-se as tecnologias de manipulação do DNA das plantas e aos estudos da biologia molecular que tornaram possível o desenvolvimento da cultivar de soja geneticamente modificada (MENEGHELLO, 2013).

2.1 MÉTODOS

As técnicas modernas abriram a possibilidade de isolar e clonar genes de bactérias, vírus, plantas e animais, introduzi-los e expressá-los em plantas. A barreira para a transferência de genes entre espécies e até entre diferentes reinos foi ultrapassada. Isso significa que podemos obter uma planta transgênica pela transferência de um ou vários genes escolhidos, identificados com precisão e com sua função conhecida. Neste sentido, a produção de plantas transgênicas é um processo muito mais controlado e conhecido, permitindo o desenvolvimento de novas cultivares mais rapidamente do que quando utilizados os métodos convencionais.

O princípio básico da cultura de tecidos é a aplicação da totipotência, isto é, regenerar plantas a partir de células isoladas não diferenciadas, ou a partir de órgãos e tecidos vegetais. Tais células, colocadas em um meio apropriado, podem dividir-se indefinidamente e até

diferenciar-se, o que irá propiciar a regeneração de parte da planta ou então da planta inteira e, dessa forma, milhares de indivíduos podem ser produzidos a partir de uma ou algumas células de um mesmo clone. Como pode ser facilmente imaginado, a cultura de tecidos é uma forma de multiplicação assexuada, semelhante à adotada pelos agricultores há muitos anos, visando à propagação de determinadas plantas, tais como cana-de-açúcar, mandioca ou batata. A diferença fundamental é que a cultura de tecidos, como já mencionado, possibilita a multiplicação do indivíduo a partir de uma única célula ou de um pequeno número de células.

Dessa forma, ela é uma importante ferramenta, não só na genética e no melhoramento de plantas como também pode auxiliar em inúmeras outras áreas da agricultura. A principal dificuldade da cultura de tecidos é identificar, para cada espécie, qual o meio de cultura mais apropriado para que ocorra a divisão celular e, sobretudo, para “ligar” e “desligar” os genes, no momento e no local apropriado, visando à diferenciação celular e, conseqüentemente, a obtenção de uma planta idêntica àquela de onde a célula ou o conjunto de células foi retirado

A macroestaquia tem a baixa taxa de multiplicação, isto é, conseguem-se apenas 200 a 400 mudas a partir de uma planta. Assim, foi necessário desenvolver tecnologias para tornar o processo mais eficiente. Esses processos foram desenvolvidos por pesquisadores brasileiros, a partir dos anos oitocentos e século passado (Assis e Mafia, 2007). Inicialmente, tentaram a micropropagação “in vitro”. O processo mostrou-se tecnicamente viável, mas economicamente inviável. A partir desse conhecimento desenvolveram duas novas estratégias, a microestaquia e a miniestaquia. A diferença básica da miniestaquia em relação ao sistema tradicional (macroestaquia), diz respeito à produção de brotos em plantas de menor porte, obtidas em minijardins clonais. A diferença entre microestaquia e miniestaquia é que na primeira as microestacas são obtidas a partir da micropropagação “invitro”, enquanto na miniestaquia, ocorrem em plantas dos minijardins clonais. As miniestacas, são coletadas dos ápices caulinares da própria estaca enraizada pelo método convencional de macroestaquia (Assis e Mafia, 2007).

2.1.1 AGROBACTERIUM

Na natureza existe bactérias de solo, do gênero *Agrobacterium*, que se associam as plantas causando-lhes tumores. Isto ocorre devido a bactéria ter a capacidade de inserir seus próprios genes no genoma da planta. A figura 1 mostra, esquematicamente, como se dá a fixação da bactéria nas raízes das plantas leguminosas. Os genes transferidos estão codificados no DNA de um grande plasmídeo presente no interior das agrobacteria (Deborah L. Osae- Opong, Chicago, 2013).

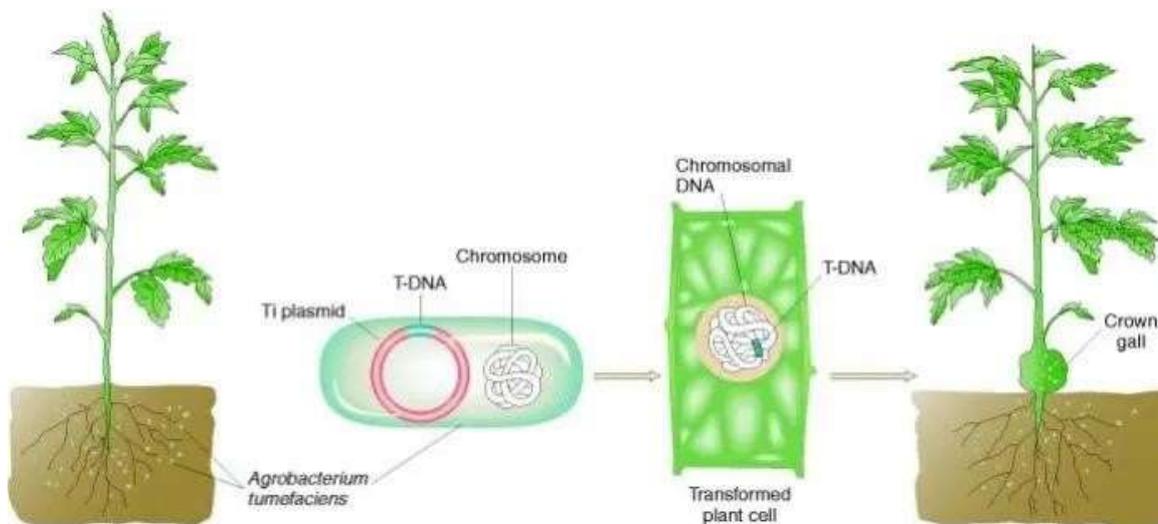


Figura 1: Sistema *Agrobacterium* transferindo gene de uma planta para outra. (Adaptado de <http://deenahere.hubpages.com/hub/AgrobacteriumMediated-GeneTransfer#slide76134488>)

O interesse pelo plasmídeo de *Agrobacterium* como instrumento potencial para transferência de genes iniciou por Jensen em 1910 e Smith et al. em 1911 (GANDER, 1985; BASILEIRO e LACORTE, 2000), pois ambos estudavam tumores em animais e plantas, comparativamente.

Basileiro (1995) relata que é possível manipular o T-DNA e dele retirar os genes das opinas. Como o DNA das bactérias é circular, no setor retirado, o das opinas, é possível se inserir qualquer gene que se quer transferir para a planta. As células das raízes com o T-DNA inserido pode ser recuperada via cultura de tecidos. Apenas um segmento desse plasmídeo é transferido da bactéria para as células da planta hospedeira, integrando-se ao seu genoma. A expressão dos genes da bactéria na planta resulta na síntese de auxinas e citocininas (hormônios vegetais) que levam à formação dos tumores, e de aminoácidos modificados (opinas), substâncias necessárias para a sobrevivência da bactéria.

Em leguminosas o sistema *Agrobacterium tumefaciens* tem sido eficaz, pois outra questão de estudo é a quantidade de compostos fenólicos que a planta pode liberar para que haja interação planta/hospedeiro. A primeira planta modificada, o fumo, desenvolve compostos fenólicos do tipo acetoseringona e alfa-hidroxiacetoseringona, pois eles ativam o gene vir, promovendo a transferência do T-DNA para o núcleo das células vegetais (HANDEL et al., 1997).

2.1.2 ELETROPORAÇÃO

A eletroporação é o sistema de transferência de DNA, que necessita de células vegetais desprovidas de parede celular, obtidas pelo uso de enzimas digestivas do tipo celulasas. Esses protoplastos são mantidos em meios de cultura com agitação permanente (Carneiro e Conroi 1990). Em 1892 foram obtidos protoplastos por meio mecânico de células de folha a partir de uma plasmólise e cortes subsequentes até atingir a parede celular. Como essa técnica era de baixa eficiência abandonou-se seu aprimoramento

A eletroporação apresenta a vantagem de se manipular as sequências de DNA a serem incorporadas, antes da aplicação às células como grande obstáculo está o fato de que poucas culturas, ainda, possuem protocolos de regeneração a partir de protoplastos, em milho e arroz já foram obtidas plantas regeneradas e transformadas a nível de laboratório.

A grande vantagem deste método é que o tecido é regenerado a partir de uma única célula, evitando, desta forma as quimeras, porém a maior dificuldade é a obtenção de uma nova planta a partir de um protoplasto. Tem sido altamente utilizada na observação da expressão transiente, que é a expressão do gene exógeno sem que ele tenha sido incorporado ao genoma, permitindo assim, testar a funcionalidade de uma construção gênica, sem a necessidade de obter uma planta transgênica (Brasileiro e Cançado, 2000).

2.1.3 BIOBALÍSTICA

Este método foi desenvolvido por Sanford e colaboradores na Universidade de Cornell, e foi designado biolística (biólogo + balística = biolística) em razão da alta velocidade imprimida aos microscópicos projéteis revestidos com DNA (Sanford, 1992) Citado por (Borém, 1998).

Essa técnica consiste no uso de partículas diminutas (1,0 a 1,5 μ m) de tungstênio ou ouro, que são revestidas com DNA a ser transferido. As partículas podem ser aceleradas por ar comprimido (Hélio), onda de choque elétrico e pólvora entre outros; com força suficiente para penetrarem na camada exterior da parede das células de um tecido alvo, com isto, uma quantidade de DNA das partículas localiza-se no núcleo das células do tecido utilizado, o qual passa incorporar o novo DNA (Moreira et al., 1999). O aparelho responsável por gerar a onda de choque é denominado de acelerador de micropartículas. Todo o processo ocorre no interior de uma câmara sob vácuo, para evitar a desaceleração das partículas causadas pelo ar.

É uma técnica bastante versátil, pois permite além da transformação de um genótipo, pode também ser utilizado para uma organela como a mitocôndria ou o cloroplasto. É relativamente simples, rápida e não envolve muito investimento de infra-estrutura e equipamentos. Uma das principais vantagens é a eficiência na transformação de Gimnospermas e Angiospermas monocotiledôneas, o que não é observado na transformação por meio de *Agrobacterium* (Brasileiro e Cançado).

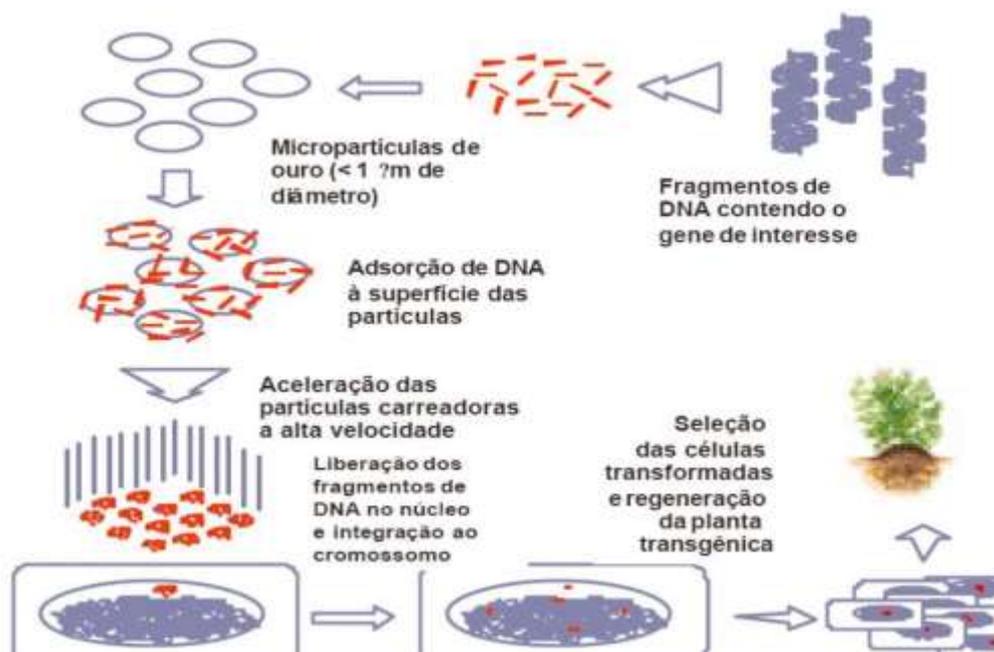


Figura 2: Modelo de transformação de plantas via bombardeamento de projéteis (Fonte: PINTO, L.S)

Esse método requer a precipitação de moléculas de DNA selecionadas de outras plantas, bactérias ou vírus sobre microprojéteis de ouro ou tungstênio que, depois, por meio de um aparelho de pressão, são aceleradas para alta velocidade. Após essa aceleração, os microprojéteis são dirigidos contra o tecido vegetal alvo. As partículas são depositadas no interior da célula promovendo a transformação do explante que, posteriormente, deverá ser regenerado (BODANESE-ZANETTINI, 1995; BODANESE-ZANETTINI, 1990). As partículas penetram na parede celular e são depositadas dentro da célula, resultando na transformação de células individuais pela incorporação, no genoma da planta, dos genes introduzidos pelas micropartículas.

2.2 LEGISLAÇÃO

2.2.1 BIOSSEGURANÇA

O conceito de Biossegurança, para Schamm, citado por Brito Filho (1999), é o conjunto de ações voltadas para a prevenção, minimização ou eliminação de riscos inerentes s atividades de pesquisa, produção, ensino, desenvolvimento tecnológico e prestação de serviços, que podem comprometer a saúde dos homens, dos animais, do meio ambiente ou a qualidade dos trabalhos envolvidos.

Congresso Nacional brasileiro aprovou em 1995 a Lei nº 8.974/95, (Lei de Biossegurança), que criou a CTNBio e regulamentou o Art. 225 da Constituição Federal, com vistas à preservação do meio ambiente, da biodiversidade e da saúde da população, de forma a assegurar a adequação das pesquisas envolvendo a biotecnologia moderna e a regular a liberação no meio ambiente de organismos geneticamente modificados. A CTNBio é responsável por certificar a segurança de laboratórios e experimentos relativos à liberação de organismos geneticamente modificados no meio ambiente e para julgar pedidos de experimentos e de plantios comerciais de produtos que contenham OGMs, além de analisar as solicitações que lhe são encaminhadas e cabe ao solicitante de demonstrar a biossegurança do OGM, fornecendo os dados necessários para a avaliação, podendo a comissão julgadora exigir informações e testes adicionais para a liberação do OGM.

A primeira exigência da legislação de biossegurança para o desenvolvimento de pesquisas científicas que envolvam OGM e derivados é que a atividade só poderá ser realizada por pessoas jurídicas públicas ou privadas. A partir do momento que uma organização decide utilizar esse tipo de tecnologia, o primeiro planejamento é a criação de uma comissão interna de biossegurança (CIBio), que terá a responsabilidade, dentro da instituição a que pertença, de estar à frente dos projetos de pesquisa, além de habilitar recursos humanos sobre questões de biossegurança, bem como estar em contato direto com a CTNBio para conseguir autorizações para o desenvolvimento de projetos e atividades que envolvam OGM e derivados (BRASIL, 2005).

Somente depois da formação da CIBio, a mesma poderá solicitar a CTNBio a autorização para desenvolvimento de pesquisas, a qual é obtida mediante a emissão do Certificado de Qualidade em Biossegurança (CQB). Caso o resultado das pesquisas seja satisfatório e resulte, por exemplo, na criação de um novo alimento transgênico, o próximo passo será testar esse OGM em campo, tendo como intuito principal verificar sua segurança

ambiental, alimentar e agronômica. Os testes em campo duram no mínimo dois anos e deverá ser avaliado o comportamento da planta em diferentes condições de clima, relevo, temperatura, umidade do ar, radiação, tipo de solo, vento, composição atmosférica, pluvial etc. Caso os testes comprovem a eficiência do novo OGM a liberação pré-comercial ou a própria liberação comercial dependerá obrigatoriamente de sua análise por todas as subcomissões da CTNBio (FALEIRO; ANDRADE, 2009).

Finalmente, comprovado tecnicamente a segurança do OGM será necessário avaliar ainda a questão do interesse nacional, ou seja, se há demanda para o novo OGM no mercado e se é um tipo de tecnologia que pode impactar positivamente a sociedade. Depois de todos estes trâmites, caso o resultado seja favorável, o produto será liberado para comercialização (FALEIRO; ANDRADE, 2009).

A lei de biossegurança de 2005 também dispõe sobre o ressarcimento por possíveis danos que as técnicas de modificação genética possam ocasionar, regulamentando as responsabilidades na esfera civil, administrativa e criminal. Os prejuízos provocados deverão ser indenizados em valores de 2.000 a 1,5 milhão de reais (quantia que dependerá da avaliação do prejuízo) e o ressarcimento deverá ocorrer independentemente de culpa. Poderá ser aplicada também pena de reclusão de até dois anos, quando a produção, armazenamento, transporte, comercialização, importação ou exportação, estiverem em desacordo com as normas estabelecidas pela CTNBio e pelos órgãos de fiscalização e registro. Além disso, é considerado crime a liberação, ou o descarte, de OGMs no meio ambiente (BRASIL, 2005).

No Brasil, alguns alimentos transgênicos são autorizados para consumo, como soja, milho e algodão. A soja e o milho são usados na produção de: papinhas para crianças, salgadinhos e cereais matinais, óleos, bolachas e massas, margarinas e enlatados. É obrigatória a rotulagem de transgênicos (Decreto 4680/03 que exige a informação sempre que o alimento tenha mais de 1% de ingredientes transgênicos, mesmo que não seja possível detectá-lo por meio de teste laboratoriais, assim a regra é “Usou transgênico tem que informar.” Mesmo que sejam alimentos originários de animais alimentados por rações transgênicas como leite, ovos, carnes, exigindo o rótulo com o símbolo “T” (Figura 3) para avisar ao consumidor (IDEC, 2010).



Figura 3: Símbolo transgênico Fonte: Documentário: Alimentos Transgênicos
Lívia k. Matar

Dessa forma, a liberação comercial de um alimento transgênico no Brasil implica em muito esforço e envolve muitos profissionais de diversas especialidades, os quais devem se empenhar para o desenvolvimento de uma tecnologia segura. Por conta de todas essas etapas e cuidados, o processo regulatório brasileiro é reconhecido internacionalmente como um dos mais rígidos e completos do mundo (RECH, 2016).

A introdução das plantas resistentes a insetos no Brasil ocorreu em 2005, com a aprovação de uma variedade de algodão *Bt*, possibilitada pela Lei de Biossegurança (Lei 11.105). Em 2007 foi aprovado o milho *Bt*, em 2010, a soja e, em 2017, a cana-de-açúcar (CROPLIFE, 2021).

Atualmente a tecnologia *Bt* é amplamente adotada, principalmente pela sua praticidade no Manejo Integrado de Pragas (MIP). No entanto, a utilização dessa tecnologia exige uma medida específica para continuar efetiva ao longo do tempo, são as áreas de refúgio (IRAC-BR, 2015).

O plantio de áreas de refúgio tem sido a principal estratégia adotada para retardar a evolução da resistência de insetos à cultura *Bt* em todo o mundo. O refúgio é um dos pilares que sustentam a estratégia conhecida como “alta dose / refúgio”, que consiste no plantio de áreas com culturas não-*Bt* que permitem que insetos suscetíveis se desenvolvam em quantidade suficiente para diluir os alelos de resistência provenientes das áreas com a cultura *Bt*. No entanto, a efetividade das áreas de refúgio em gerar insetos suscetíveis pode ser reduzida ou até mesmo anulada pelo manejo inadequado de inseticidas (IRAC-BR, 2015)

Os tratos culturais do manejo para a adoção da área de refúgio, sendo o primeiro ponto a Época de plantio: deve ser feito na mesma época que o plantio da semente *Bt*, com sementes da mesma cultura e características de ciclo vegetativo similar, favorecendo o sincronismo no desenvolvimento das plantas e dos insetos que ali sobrevivem. Esse sincronismo é importante para coincidir o período de acasalamento entre os indivíduos resistentes e suscetíveis; Localização: deve ser realizado na mesma propriedade do cultivo da cultura *Bt* e, preferencialmente, com o mesmo sistema de produção; Distância máxima: É fundamental que as áreas de refúgio estejam localizadas à distância máxima de 800 metros da lavoura com a tecnologia *Bt* (para talhões com dimensões acima de 800m cultivados com sementes *Bt* serão necessárias faixas de refúgio internas); Tamanho da área: o tamanho da área de refúgio depende do total plantado com soja, algodão, cana-de-açúcar e milho *Bt* (20% da área *Bt* no caso de soja, algodão e cana-de-açúcar e, 10% no caso do milho); Manejo: a área de refúgio deve receber os mesmos tratos culturais utilizados na cultura *Bt* como, por exemplo, a irrigação. Também deve-se utilizar o manejo de pragas com os mesmos níveis de ação recomendados nas culturas não *Bt*, porém, não se deve fazer muitas pulverizações ou utilizar produtos de grande impacto capazes de erradicar as espécies alvo. O objetivo da área de refúgio é produzir indivíduos suscetíveis à tecnologia *Bt* (CROPLIFE,2021).

2.3 CULTURAS

Os Estados Unidos, em 1994, foram os pioneiros na adoção dos transgênicos, à princípio com a cultura do tomate, onde plantaram e comercializaram uma variedade que apresentava como característica adicional uma vida útil mais longa, que saiu do mercado pouco tempo depois. Em 1996, a soja transgênica tolerante a herbicidas chegou aos campos norte-americanos e consolidou, definitivamente, essa tecnologia na agricultura. Desde então, a agricultura mundial nunca mais foi a mesma (CIB,2018).

A partir da soja GM tolerante a herbicida nos Estados Unidos, diversos países para os quais a agricultura é importante passaram a acompanhar de perto o desempenho dessa tecnologia devido a flexibilidade no controle de plantas invasoras, possibilitando que a soja desenvolva melhor seu potencial agrônomico. A transgenia também protegeu as plantas do ataque de insetos por meio da inserção de um fragmento do DNA da bactéria de solo *Bacillus thuringiensis* (Bt). Esse microrganismo já era usado há anos em formulações inseticidas e a biotecnologia incorporou esse benefício à genética de vegetais. Hoje já existem soja, milho,

algodão, canola, berinjela e cana-de-açúcar transgênicos que apresentam resistência a insetos (CIB 2018).

No Brasil, essa história tem início em 1996, quando os produtores brasileiros de regiões de fronteira com a Argentina observaram que seus vizinhos tinham acesso a uma tecnologia que facilitava o controle e o manejo de plantas daninhas, enquanto no Brasil, os produtores sofriam com plantas invasoras. À época, diversos defensivos químicos já não controlavam mais algumas dessas plantas daninhas, não demorando muito para que as primeiras sementes transgênicas argentinas fossem trazidas para o sul do Brasil (CIB, 2018)

Com o avanço da biotecnologia possibilitou o aumento expressivo de diversas culturas em todo o mundo, sendo os transgênicos a tecnologia mais expressiva no meio agrícola até hoje. Em 2017 no Brasil, já representava cerca de 50,2 milhões de hectares plantadas com os transgênicos, representando 26,45% da área de transgênicos plantada no mundo, com 189,8mi/ha, conforme a Figura 4.

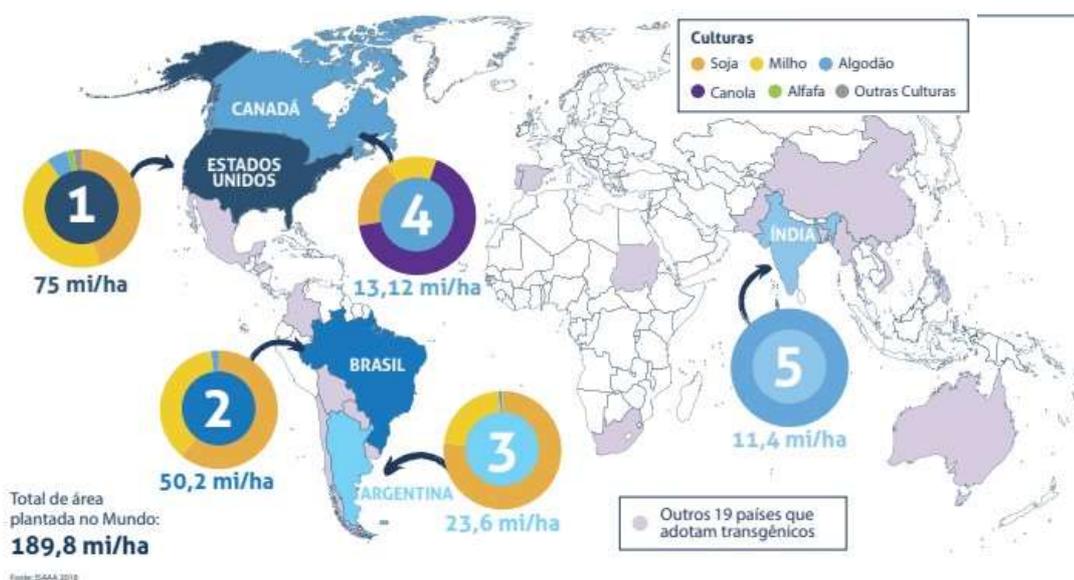


Figura 4: Área plantada com transgênicos no mundo, 2017. Fonte: ISAAA 2018

No Brasil, a adoção dos transgênicos otimizou o manejo das principais culturas, a saber: soja, milho e algodão. Observa-se na Figura 5 que, há um ganho em média de 86,93% das culturas, sendo o algodão com o valor mais expressivo. Dentre as principais culturas transgênicas, destaca-se o milho que atingiu 66,8% de adoção na safra verão e 81,6% na safra inverno em apenas quatro anos (CIB, 2018).



Figura 5: Adoção de culturas transgênicas no Brasil Fonte: CiB 2018

2.3.1 SOJA

A soja é uma cultura de alta importância para a indústria, sendo ampla na cadeia produtiva, servindo desde a ração animal e a alimentação humana até a área de cosméticos (CASTRO; PERREIRA, 2015). No Brasil, a introdução das lavouras de soja ocorreu em 1911 e, a partir dos anos de 1980 e 1990, o país já se destacava como um dos grandes produtores mundiais desta cultura, chegando a produzir 19 milhões de toneladas (VARGAS, 2013).

O incentivo para o uso da soja transgênica visa a redução no uso de agroquímicos principalmente herbicidas e pesticidas, aumento da produtividade, eliminação da mata competição, diminuição das impurezas e umidade da soja colhida, além da preservação do meio ambiente, já que reduz o consumo de água e combustível pois tem menos aplicação nas lavouras transgênicas, em comparação com as lavouras de soja convencionais (MONSANTO, 2017). No Figura 6 observam-se as principais características objetivadas pela transgenia na cultura da soja.

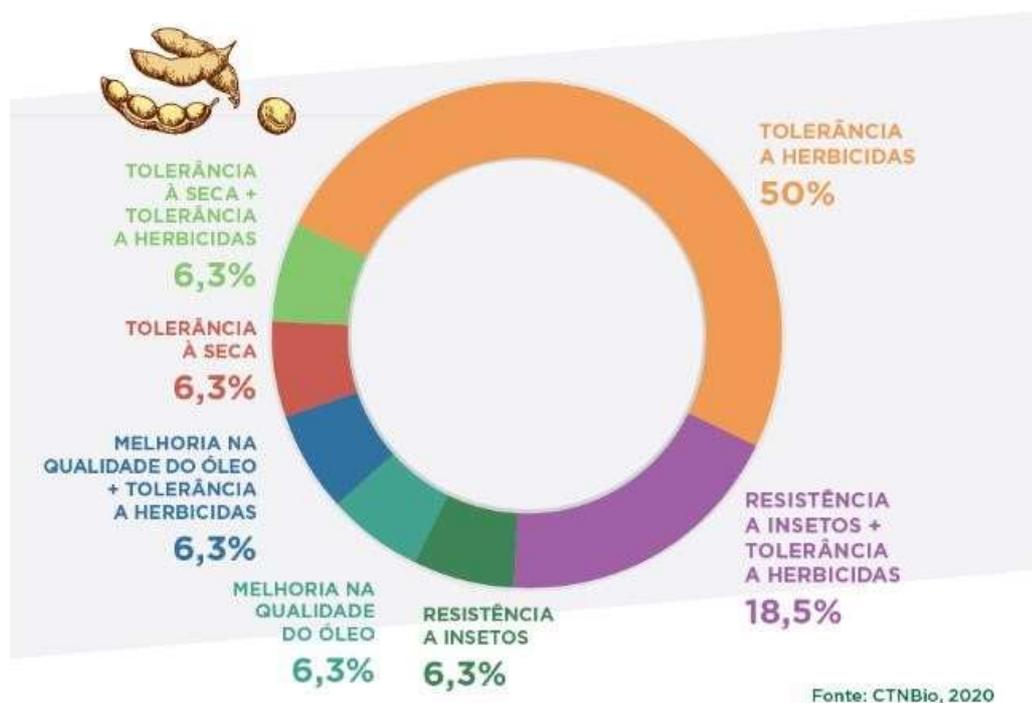


Figura 6: Porcentagem de transgênicos de soja. Fonte: CTNBio 2020.

O Brasil é o maior produtor de soja do mundo. A safra de soja do Brasil 2021/22 foi estimada em 125,5 milhões de toneladas, de acordo com levantamento da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab). Desse montante, aproximadamente 115 milhões de toneladas da soja produzida é transgênica, segundo o Instituto Soja Livre. Dessa forma, os transgênicos promoveram uma verdadeira revolução na agricultura (CROPLIFE, 2019).

De acordo com o gráfico abaixo (Figura 7), após o uso da soja transgênica no Brasil, o uso da ocupação da área aumento consideravelmente, mas a produtividade ultrapassou 280%, nos últimos vinte anos no período de 1998 á 2018 significando que a produção do Brasil está ficando cada vez mais sustentável, em uma menor área utilizada.

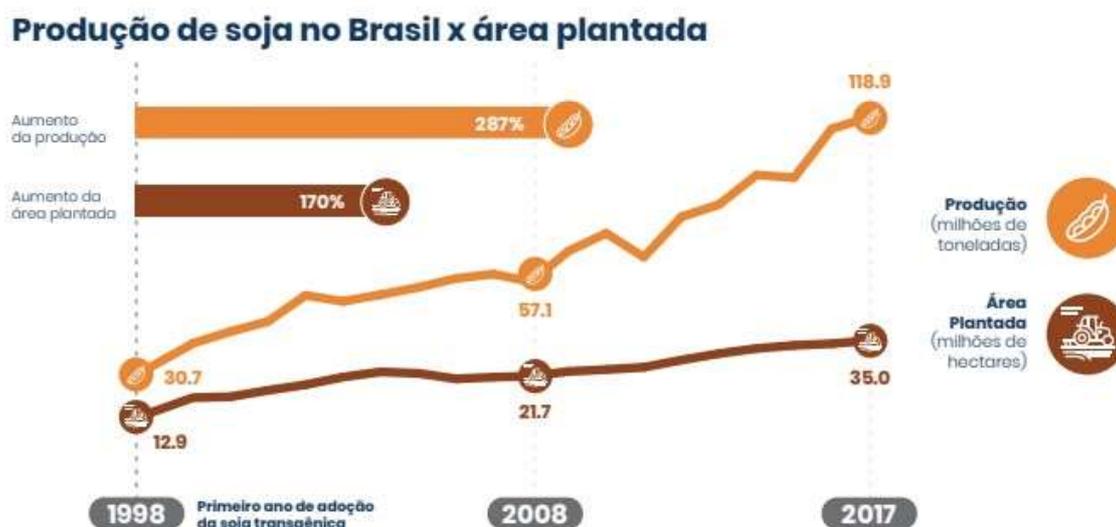


Figura 7: Produção de soja x área plantada. Fonte: CiB2018.

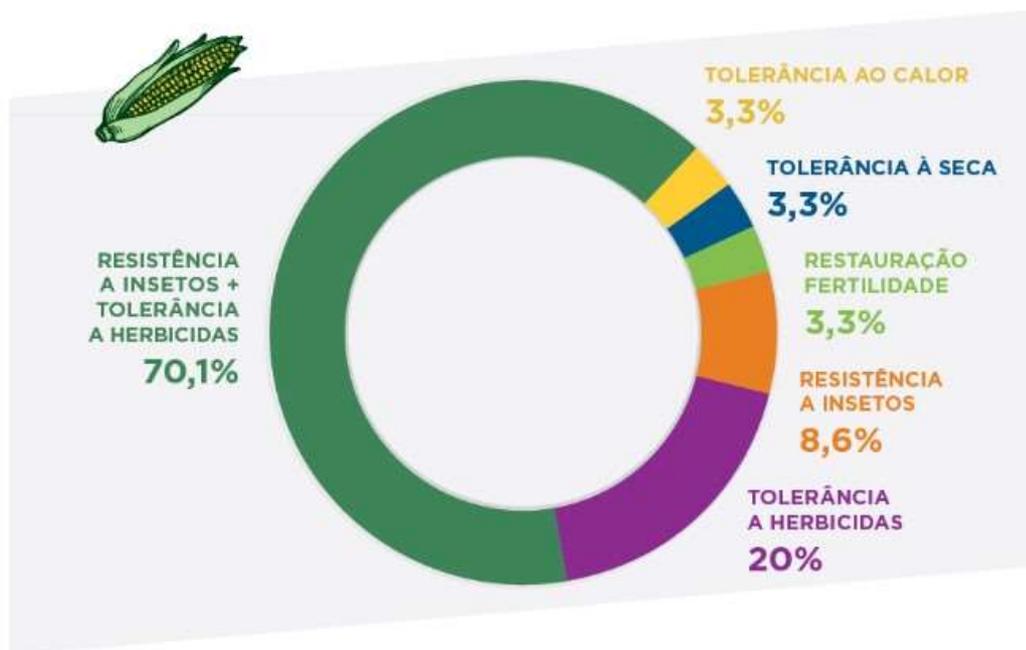
2.3.2 MILHO

As primeiras tentativas para produção de um milho transgênico começaram na década de 1970. No entanto, os pesquisadores só obtiveram sucesso no final da década 1980, quando foi produzida a primeira planta de milho transgênica. Esse evento apresentava resistência a um antibiótico e serviu para mostrar que a metodologia utilizada era eficiente em realizar a introdução de um gene no genoma do milho (CROPLIFE, 2019).

A primeira cultivar de milho transgênico comercializado no Brasil foi o milho Bt, intitulado dessa forma por trazer em seu DNA genes da bactéria *Bacillus thuringiensis*. Essa cultivar foi liberada para comercialização em 2007 e introduzida no mercado brasileiro em 2008. O milho Bt rapidamente se sobressaiu sobre o milho convencional, impulsionado pelas vantagens dessa cultura com o manejo das pragas da lavoura (LEITE et al., 2011).

Atualmente existem 44 cultivares de milho transgênico comercializadas no Brasil. Destas, seis são resistentes a insetos, sete tolerantes a herbicidas, 28 apresentam estas duas características combinadas e três são utilizadas para problemas específicos como controle da seca, termoestabilidade da amilase e restauração de fertilidade. Na safra 2016/2017, o milho transgênico alcançou 88,4 % de adoção, predominando no país as plantações que combinam os genes de tolerância a herbicidas e resistência a pragas, as quais responderam por 63,9% da produção de milho transgênico. As cultivares resistentes a insetos somaram 20,7% e tolerância a herbicida 3,8% da produção (CELERES, 2017a; BRASIL, 2017). Quando comparamos com

o ano de 2020 (Figura 8) observa-se o avanço da biotecnologia de OGM onde houve a combinação do milho resistente a insetos com a resistência a herbicida, o que fica mais vantajoso no manejo.



Fonte: CTNBio, 2020

Figura 8: Porcentagem dos transgênicos do milho. Fonte CTNBio 2020.

A safra total de milho do Brasil 2021/22 foi estimada em 112,3 milhões de toneladas (CONAB,2020). Quando comparado com o ano de 2017, a safra 2021/2022 representa um aumento de aproximadamente 25,62% na produção, e a área plantada é influenciada pela questão edafoclimática e pelo término na primeira safra, conforme na figura 9.

Produção de milho no Brasil x área plantada

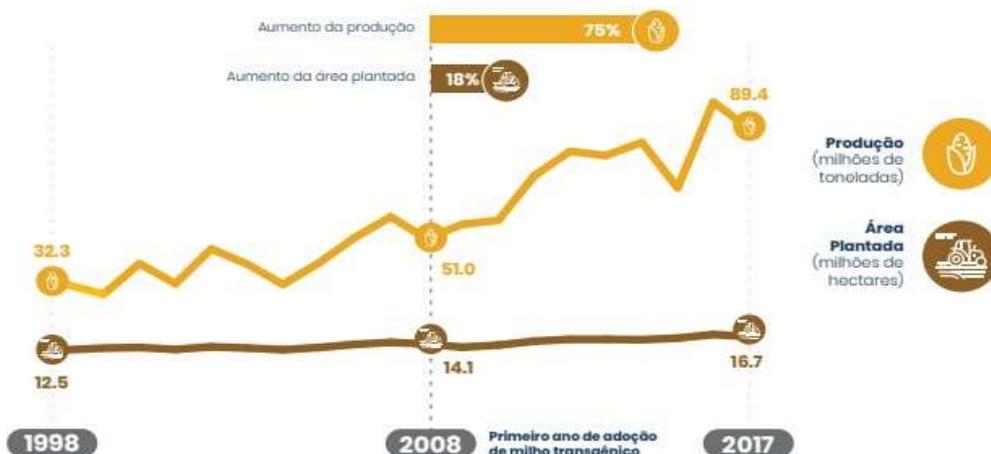


Figura 9: Produção de milho no Brasil x área plantada. Fonte: CiB2018.

2.3.3 ALGODÃO

O algodão pertence à família das malváceas e ao gênero *Gossypium*. Atualmente, estão identificadas cerca de 50 espécies, distribuídas nos continentes: Ásia, África, Austrália e América. O *Gossypium Hirsutum* L. é uma das quatro espécies cultivadas no mundo para a produção da fibra de algodão, sendo explorada economicamente numa ampla faixa tropical e em algumas regiões subtropicais (GOMES; BOREM, 2013). O algodão é considerado a mais importante das fibras têxteis, naturais ou artificiais, e a planta de aproveitamento mais completo que fornece os mais variados produtos de utilidade (MAGALHÃES, 2006).

As cultivares geneticamente modificadas de algodoeiro são cultivadas em quase todos os principais países produtores de algodão do mundo (JAMES, 2004). No Brasil, a primeira aprovação para uso comercial de algodoeiro transgênico data de março de 2005, CTNBio n. 513/2005 – (BRASIL, 2005), época em que o país entrou na era dos algodoeiros transgênicos (BARROSO et al., 2005). Conforme no gráfico abaixo (Figura 10) a característica dupla transgênica de insetos mais herbicidas é representativa.



Figura 10: Porcentagem dos transgênicos de algodão, Fonte: CTNBio 2020.

O algodão transgênico, ao contrário da soja e do milho, pelo fato de não ser um produto alimentar, não recebe tanta atenção e críticas dos opositores aos transgênicos. Além disso, os

compradores do algodão em pluma não se preocupam em saber se o produto é transgênico ou não, por isso, a taxa de adoção dessa tecnologia depende apenas do fato de ela permitir ou não ganhos para o produtor. A safra 2022 de algodão do país foi projetada em 2,7 milhões de toneladas (pluma), com alta de 15% do ciclo anterior (CONAB,2021). Quando comparamos a liberação dos cultivares transgênicos de algodão, a área plantada teve pouco acréscimo, já a produção teve um acréscimo representativo, conforme na figura 11.

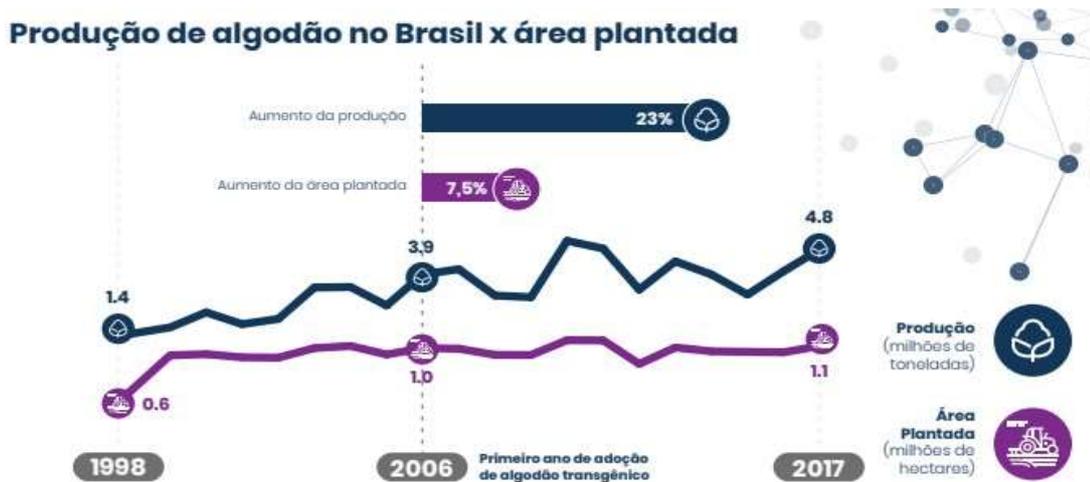


Figura 11: Produção de algodão no Brasil x Área Plantada. Fonte: CiB2018.

2.4 POLÊMICA DOS ALIMENTOS TRANSGÊNICOS

Apesar dos fatores favoráveis para seu uso, a questão dos organismos geneticamente modificados é cercada de dúvidas e receios, principalmente no que diz respeito à saúde humana.

Cordeiro (2000) descreve algumas vantagens e desvantagens os transgênicos, a saber:

Vantagens:

- 1- Tendo em vista que o ser humano tem à disposição uma grande variabilidade genética para manipulação, não ocorrerá uma exaustão dela, possibilitando assim melhorias tanto em animais quanto em plantas;
- 2- Consegue-se estabilizar uma relação entre o gene e o promotor para que trabalhem de maneira programada no tecido ou órgão para que trabalhem no tempo determinado e escolhido;

3- As vantagens para as plantas são amplas como: resistência a herbicidas, metais tóxicos do solo, fungos, amadurecimento precoce, aumento do teor proteico e proteínas mais completas, óleos mais saudáveis, arroz com carotenos, entre outras;

4- O uso de plantas transgênicas pode representar uma redução drástica no uso de agrotóxicos, bem como nos custos produtivos, aumentar a produção e facilitar o manejo.

Desvantagens:

1- Não são todos os laboratórios que possuem os equipamentos e os reagentes necessários e pessoal qualificado para trabalhar com OGMs, atendendo todas as normas de segurança exigidas, visto que, o custo para esse trabalho é alto;

2- Com a obtenção do organismo transgênico, passa-se a uma fase longa que podem durar cinco anos ou mais e milhões de dólares para o desenvolvimento do produto desejado com o organismo geneticamente modificado;

3- Mesmo seguindo todas as normas de biossegurança exigidas, muitas pessoas temem os prejuízos que podem causar um produto transgênico;

4- Apesar de haver milhões de hectares plantados com culturas transgênicas e milhões de pessoas se alimentarem da mesma, a propaganda negativa é grande através de pessoas e organizações, mesmo que em um período de 10 anos não tenha havido nenhum inconveniente.

Para Marques (2003), alguns dos possíveis danos causados por organismos geneticamente modificados são os efeitos diretos e indiretos sobre os organismos benéficos com importância ecológica, econômica e social, podendo ocorrer transferência de informações genéticas desses organismos. Isto poderia ocorrer, por exemplo, entre plantas que tenham compatibilidade de cruzamento dando origem a uma nova planta daninha, ou até mesmo, em casos de plantas que possuem resistência a herbicidas, tornado se pragas através do uso repetitivo de herbicidas, ou seja, o herbicida teria que ser cada vez mais forte para acabar com a planta daninha.

Almeida e Lamounier (2005) afirmam que os defensores e adeptos da utilização dos organismos geneticamente modificados na agricultura acreditam de forma positiva que a transformação desses alimentos aumenta a produtividade agrícola que, conseqüentemente, irá reduzir o preço final contribuindo assim com a sociedade para redução da fome e garantia de abastecimento. Se por um lado é uma ótima alternativa para o aumento da produtividade agrícola com aumento da oferta para a sociedade, redução de hectares para plantar certas

culturas e diminuição do uso de defensivos agrícolas, por outro lado tem uma oposição de grupos que não possuem conhecimento científico e de ambientalistas que afirmam que a longo prazo a utilização desses alimentos transgênicos trarão danos aos organismos humanos causando patologias como o câncer (FERREIRA, 1998).

Em termos financeiros, os transgênicos apresentam uma rentabilidade melhor, visto que, diminuem os custos de produção em aproximadamente 25%. A remuneração dessa produção supera no mínimo 30% os produtos da agricultura convencional (ALMEIDA; LAMOUNIER, 2005). Um outro ponto benéfico, afirma é que as plantas transgênicas por serem manipuladas geneticamente, apresentam um maior teor de proteínas, vitaminas, ácidos graxos e suplementos minerais.

Ambientalistas afirmam que com as lavouras transgênicas ocorre um aumento da contaminação dos solos e lençóis freáticos, surgimento de animais e plantas com resistências indesejadas aos antibióticos e agrotóxicos, aparecimento de alergias, viroses e ameaças de plantas silvestres e nativas, consequentemente reduzindo a biodiversidade (MARQUES, 2003). Em termos comerciais, as empresas que dominam essa tecnologia dos OGMs têm altas potencialidades de lucros e a dominação de mercados, podendo tornar nações inteiras dependentes de suas sementes e insumos para sobrevivência da agricultura (SOUZA, 1997).

3 CONCLUSÃO

Conclui-se que os transgênicos, especificamente nas culturas da soja, milho e algodão têm uma importância socioeconômica e ambiental no Brasil e no mundo com seus inúmeros benefícios. Embora os transgênicos ainda seja um tabu para a população, sem eles a produção seria menor e o uso excessivo de defensivos agrícolas seria descontrolado, ocorrendo uma possível escassez de alimento no mundo. Conforme nos gráficos apresentados observa-se o avanço na agricultura do Brasil e mundial, com uma maior produção e uma redução na área produzida, o que se torna mais sustentável.

4 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. C. S.; LAMOUNIER, W.M. Organizações Rurais & Agroindustriais. Lavras, vol.7, n.3, p.345-355, 2005.

ALVES. G. S: A biotecnologia dos transgênicos: precaução é a palavra de ordem. HOLOS, Ano 20, outubro/2004.

ANDRADE, S. R. M.; FALEIRO, F. G. Biossegurança ambiental e alimentar de OGMs. In: FALEIRO, F. G.; ANDRADE, S. R. M.; JUNIOR, F. B. R. Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária. Planaltina, DF. Embrapa Cerrados, p. 471-510, 2011.

BARROSO, P. A. V. et al. Zonas de exclusão de algodoeiros transgênicos para preservação de espécies de *Gossypium* nativas ou naturalizadas. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. (Comunicado técnico, 242).

BORÉM, ALUÍZIO. **Melhoramento de plantas**. Viçosa : UFV, Imprensa Universitária, 1998. 453p.

BENNETT, R.; MORSE, S.; ISMAEL, Y. The economic impact of genetically modified cotton on South African smallholders: yield, profit and health effects. *The Journal of Development Studies*, [S.l.], v. 42, n. 4, p. 662-677, 2006.

BODANESE-ZANETTINI, M.H. Transferência de genes em plantas: Avanços e perspectivas. Departamento de Genética. UFRGS. 1995.

BODANESE-ZANETTINI, M.H.; PASQUALI, G. Plantas Transgênicas: uma nova ferramenta para o melhoramento genético vegetal. UFRGS/FARSUL/SENAR/FIERGS/CIERGS. 1999, p.1-17.

BRASIL. Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005. Regulamenta os incisos II, IV e V do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados - OGM e seus derivados cria o Conselho Nacional de Biossegurança CNBS, reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança - CTNBio, dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança-PNB, revoga a lei nº 8974, de 5 de janeiro de 1995 e a medida provisória nº 2.191-9, de 23 de agosto de 2001 e os arts. 5º, 6º, 7º, 9º 10 e 16 da lei nº 10.814 de 15 de dezembro de 2000, e da outras providências. Diário oficial da República Federal do Brasil. Brasília, DF, 25 mar.

BRASIL. Ministério de Ciência e Tecnologia. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. Parecer Técnico n. 513/2005. Liberação comercial de algodão geneticamente modificado resistente às principais pragas da Ordem Lepidoptera. 2005.

BRASILEIRO, A. C. M.; CANÇADO, G. M. de A. Plantas transgênicas. Informe Agropecuário. 2000. Belo Horizonte. v. 21, n.204, p.28-35, maio/jun.

BRASILEIRO, A.C.M. Transformação mediada por *Agrobacterium*. In: Método de transferência e análise da expressão de genes em plantas. CENARGEN. Brasília. 1995, p.7-22.

BRASILEIRO, A.C.M.; LACORTE, C. *Agrobacterium*: um sistema natural de transferência de genes para plantas. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento, v.3, n.15, p.12-15, 2000.

CARNEIRO, V.T.C.; CONTROI, T. Protoplastos de células vegetais. In: TORRES, A.C.; CALDAS, L.S. (ed.) Técnicas e aplicações da cultura de tecidos de plantas. ABCTP/EMBRAPA-CNPQ, Brasília. 1990, p.171-200.

CASTRO, V. A.; PEREIRA, M. A. Cadeia produtiva do farelo da soja: um enfoque na produção nacional. 2015. TCC (Graduação) – Universidade do Rio Verde, Faculdade de Engenharia de Produção, Graduação em Engenharia de Produção, Rio Verde, GO, 2015

CELERES. IC17.07 – Projeção de safra – Milho – Julho, 2017. Uberlândia: Céleres, 2017c.

CORDEIRO, A.R. Plantas transgênicas: o futuro da agricultura sustentável. História, Ciências, Saúde-Manguinhos, Rio de Janeiro, vol.7, n.2, p.499-502., 2000

CROPLIFE, 2019 acesso dia 25/03/2022 Disponível em:
<https://croplifebrasil.org/conceitos/desmistificando-a-soja-transgenica/>.

CROPLIFE, 2019 acesso dia 25/03/2022 Disponível em:
<https://croplifebrasil.org/conceitos/desmistificando-o-milho-transgenico/>

CROPLIFE, 2021 acesso dia 02/05/2022 Disponível em:
<https://croplifebrasil.org/noticias/preservacao-das-tecnologias-bt-um-compromisso-com-a-sustentabilidade-agricola/>

DELLAVECHIA, P. T.; KOCH, P. S. Tomates longa vida: O que são, como foram desenvolvidos? Rev. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 18, n. 1, p. 3-4, 2000

FALEIRO, F. G; ANDRADE, S. R. M de. Biotecnologia, transgênicos e biossegurança, Planaltina, EMBRAPA, 2009

FARAH, S.B. DNA: Segredos & Mistérios. 2 ed. São Paulo: Sarvier. 552p., 2007,

GANDER, E.S. The use of Ti-plasmids in plant genetic engineers. In: EMBRAPA-CNPQ. 1º Simpósio Nacional de cultura de Tecidos Vegetais. Anais: Brasília, 1986, p.77-82.

GOMES, W. S.; BORÉM, A. Biotecnologia: novo paradigma do agronegócio brasileiro. Revista de Economia e Agronegócio, [S.l.], v. 11, n. 1, p. 115-136, 2013.

HANDEL, C.L.; WAGNER, C.M.; MILACH, S.C.H.; FEDERIZZI, L.C. Transformação genética de cereais via Agrobacterium tumefaciens. Ciência Rural. Santa Maria, v.27, n.2, p.359-365, 1997.

IRAC, 2015 Acesso dia 02/05/2022, Disponível em : https://www.irac-br.org/_files/ugd/2bed6c_ce268c4234264e3f911aacf96ccca9bb.pdf

JAMES, C. (1999) Global Review of Commercialized Transgenic Crops: 1999 ISAAA Briefs, 12: 1-5.

LEITE, N. A. et al. O milho BT no Brasil: a situação e a evolução da resistência de insetos. Sete Lagoas, MG: EMBRAPA, 2011.

MAGALHÃES, M. T. Q. de. Toxinas Cry: perspectivas para obtenção de algodão transgênico brasileiro. 2006. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, 2006.

MARQUES, F. O Jogo pesado dos transgênicos. Globo Rural, São Paulo, n.217, p.24-32. 2003.

MENEGHELLO, G. E. A grandeza do negócio de sementes de soja no Brasil. Reportagem para SEEDNEWS. Brasil 2013. Disponível em : Acesso em: 10 mar. 2015.

MONQUERO, P. A. (2005). Plantas transgênicas resistentes aos herbicidas: situação e perspectivas. *Bragantia*, 64, 517–531.

MOREIRA, J. de A. N.; NÓBREGA, M. B. de M.; VIEIRA, R. de M. Engenharia genética no algodoeiro. In BELTRÃO, N. E. de M. O agronegócio do algodão no Brasil. Embrapa-algodão. 1999. V. 1, Cap. XV, p. 390-404.

RECH, E. Quando e como foi criada a Lei de Biossegurança no Brasil? In: CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA. Tire suas dúvidas: [FAQ – CIB]. [s. l.]: CIB, 2016.

SILVA, F. de A. Transgenia da área de alimentos: uma abordagem de desenvolvimento científico e de segurança alimentar. 2015. 63 f. TCC (Graduação) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas.

SOJA Roundup Ready. In: MONSANTO. Monsanto Global. [s. l.]: Monsanto, 2017.

SOUZA, N.J. Desenvolvimento econômico. 3.ed.São Paulo: Atlas, 1997.

TAVARES, V.C. Transgênicos: como são produzidos. Brasília, DF: Embrapa, 2001.

VARGAS, G. de A. A economia da soja: vantagens e desvantagens da transgenia no Brasil. 2013. 68 p. TCC (Graduação) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, RS, 2013.