

**Novas biotecnologias,
velhos agrotóxicos:**
um modelo insustentável
que avança e pede alternativas urgentes

Gabriel Bianconi Fernandes



Novas biotecnologias, velhos agrotóxicos:

um modelo insustentável que avança e pede alternativas urgentes

Expediente

Texto

Gabriel Bianconi Fernandes

Agrônomo, integrante do Movimento Ciência Cidadã e do Grupo de Trabalho Biodiversidade da Articulação Nacional de Agroecologia

Edição

Maureen Santos

Revisão

Maureen Santos e Manoela Vianna

Editoração

Cesar H Paciornik

Foto da capa

Jinning Li/Shutterstock

Fundação Heinrich Böll Brasil

Rua da Glória, 190 – 7º andar

- Glória – Rio de Janeiro/RJ ▪ 20241-180
- Tel.: +55 21 3221 9900
- info@br.boell.org
- <http://br.boell.org/pt-br>



Licença CC BY-NC-SA 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>

F363n

Fernandes, Gabriel Bianconi

Novas biotecnologias, velhos agrotóxicos: um modelo insustentável que avança e pede alternativas urgentes. Gabriel Bianconi Fernandes, Maureen Santos, editora. – Rio de Janeiro : Fundação Heinrich Böll Brasil, 2019.

60 p.

ISBN 978-85-62669-32-3

1. Biotecnologia - Brasil. 2. Produtos químicos agrícolas - Brasil. I. Fernandes, Gabriel Bianconi. II. Santos, Maureen, ed. III. Título.

CDD 632.95

Sumário

Índice de tabelas e Lista de Siglas	05
Prefácio	06
Apresentação	08
Introdução	09
Algumas questões que estão em jogo	11
O velho modelo	12
Velhos e “novos” agrotóxicos	15
O Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA) parou?	16
Por que novas tecnologias dentro do mesmo modelo não trarão respostas aos desafios da segurança alimentar e da proteção ambiental?	21
Novas biotecnologias em tempos de Black Mirror: editando genes e manipulando a natureza	26
Porque TIMPs são OGMs	36
O que dizem os especialistas	39
Há sim com o que se preocupar, mas também há muita coisa para fazer	43
Da ciência descontextualizada à pluralidade científica	50
Considerações finais	55
Referências	57

Índice de tabelas

Quadro 1	Espécies modificadas, características (eventos) GM inseridos e empresas proponentes de sementes transgênicas autorizadas para plantio comercial no Brasil	24
Quadro 2	Descrição das principais técnicas incluídas na categoria TIMP de acordo com a RN 16/2018 da CTNBio	27
Quadro 3	Descrição das principais técnicas incluídas na categoria TIMP de acordo com a Comissão Europeia	28
Quadro 4	Resumo do status desregulatório dos OGMs no Brasil: medidas de dispensa ou flexibilizadoras aprovadas pela CTNBio entre 2005 e 2018	34
Quadro 5	Opiniões de cinco especialistas sobre a definição de TIMPs e sobre a necessidade de regulação da técnica	40

Lista de siglas

ABRASCO	Associação Brasileira de Saúde Coletiva	IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
AMPA	Ácido aminometilfosfônico	LMR	Limite Máximo de Resíduo
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária	NBTs	New Breeding Techniques
Bt	<i>Bacillus thuringiensis</i>	OGM	Organismo Geneticamente Modificado
CIB	Conselho de Informações sobre Biotecnologia	ONU	Organizações das Nações Unidas
CIBio	Comissão Interna de Biossegurança	PARA	Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos
CQB	Certificado de Qualidade em Biossegurança	RN	Resolução Normativa
CRISPR	<i>Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats</i>	RNA	Ácido ribonucleico
CTNBio	Comissão Técnica Nacional de Biossegurança	RNAi	RNA interferente
DNA	Ácido desoxirribonucleico	TALENs	Transcription Activator-like Effector Nucleases
IDA	Ingestão Diária Aceitável	TIMP	Tecnologias Inovadoras de Melhoramento de Precisão
		ZFN	<i>Zinc Finger Nuclease</i>

Prefácio¹

Nos dias atuais, enfrentamos uma narrativa de crescimento populacional no Brasil e no mundo, aliada ao discurso de que para poder alimentar essa crescente quantidade de pessoas, precisaríamos aumentar a produção de alimentos, de forma moderna e inovadora, mais tech, mais pop, mais tudo. Será?

Após mais de cinco décadas da promessa da Revolução Verde, não é por causa dela que o mundo se alimenta até agora. A grande maioria da produção de alimentos in natura segue sendo produzida por camponeses ao redor do mundo, muitas vezes em condições precárias. Geralmente programas governamentais não criam incentivos nem dão atenção suficiente a estes grupos e são poucos países que têm políticas públicas específicas que criem condições para garantia do direito à terra, crédito, extensão rural e outras políticas voltadas para produção, distribuição, etc..

O que sim cresceu durante esse tempo foi a indústria global agroalimentar baseada em um modelo de produção de alimentos onde a tal chamada inovação tecnológica que, pelo menos por enquanto, continua longe de cumprir o prometido: alimentação para todas e todos. Esse também é o modelo brasileiro, onde se concentra a maior parte das políticas públicas, os grandes latifúndios e melhores terras do país, assim, como obviamente, os negócios e lucros. A produção nesse setor demonstra muita eficiência quantitativa, mas o preço é alto. Mais monoculturas atraem pragas com mais facilidade, prejudicam fortemente o solo e demandam agrotóxicos cada vez mais fortes e diversos. As promessas de reduzir os agrotóxicos pela implementação de sementes geneticamente modificadas (OGMs) não foram cumpridas e acabaram por desenvolver novas pragas. E assim esse ciclo continua....

1 Para mais informações sobre a flexibilização da Legislação Socioambiental Brasileira, acesse a segunda edição do dossiê sobre o tema, publicado pela Fundação Heinrich Böll em outubro de 2019: <http://br.boell.org/pt-br/dossie-flexibilizacao-da-legislacao-socioambiental-brasileira-2-edicao>

Nesta publicação, Gabriel Bianconi Fernandes analisa a lógica inerente no sistema de produção de alimentos de tentar solucionar um problema ou um desafio pela introdução de novas tecnologias. Demonstra como esta lógica significa mais intrusão na natureza, já que, quando surge um problema causado pelas novas tecnologias, este é solucionado com outras tecnologias, num cenário que mais parece ficção científica. A introdução de sementes geneticamente modificadas no Brasil, um processo que teve muita facilidade do ponto de vista político/institucional e regulatório, provoca até hoje muita resistência em muitas outras partes do mundo. O novo passo, a introdução das novas biotecnologias, que mexem até no DNA das plantas e dos animais, projeta um domínio ainda maior das empresas e suas patentes sobre a natureza. E como acontece com qualquer inovação, a ciência e a indústria proclamam que as biotecnologias prometem grandes soluções e vitórias. Como as tecnologias são cada vez mais sofisticadas, elas também se tornam cada vez mais difíceis de entender tanto para as esferas públicas quanto para a população em geral.

Nesse sentido, a presente publicação descreve e analisa com muitos detalhes essas novas tecnologias, e a confiança quase cega de que essas não vão provocar efeitos negativos e consequências indesejadas. Descreve também o processo de como a indústria agroalimentar aproveita o momento de instabilidade política e desregulação da legislação socioambiental para estabelecer fatos. Com a quantidade de recursos e poder em jogo será muito difícil mudar o rumo uma vez bem estabelecidas essas tendências.

A Fundação Heinrich Böll decidiu publicar essa análise como um alerta. Estamos num momento decisivo para acompanhar as decisões políticas sobre algo tão fundamental para nossa vida como a alimentação. Este processo não só ocorre no Brasil, mas neste país, a rapidez com que ele acontece foi poucas vezes vista em outras partes do mundo.

Rio de Janeiro, novembro de 2019

Annette von Schönfeld

Diretora da Fundação Heinrich Böll no Brasil

Apresentação

Como seres inteligentes puderam procurar controlar algumas espécies com um método que contaminou todo o ambiente e trouxe a ameaça de doenças e mortes para sua própria espécie?

Rachel Carson, 1962



Foto: Free-Photos/Pixabay

Pulverização

Introdução

Ao mesmo tempo em que caminha para adotar as mais avançadas biotecnologias, o modelo agrícola dominante no Brasil impulsiona o uso crescente de agrotóxicos bastante antigos, alguns dos quais já banidos em outros países. Volume significativo desses produtos é aplicado em lavouras transgênicas, oficialmente introduzidas no país há cerca de 15 anos e exatamente com o propósito de reduzir o uso de agrotóxicos. Como se vê, a revolução do gene até o momento não substituiu a Revolução Verde dos agrotóxicos, ao contrário, seu desenvolvimento vem afirmando que a revolução do gene é parte integrante e constituinte do paradigma da Revolução Verde. E por se tratarem do mesmo paradigma, são tecnologias que se acumulam ao invés de se sucederem e dar lugar uma a outra.

A evolução das técnicas de manipulação do DNA vem dando origem a um novo conjunto de aplicações, como cisgêneses, *gene drives*, biologia sintética e outras novas biotecnologias. Fala-se agora não mais em cortar e colar, mas sim em editar genes. Essa nova frente tecnológica, assim como as anteriores, se desenvolve no interior dos interesses comerciais das empresas proponentes e tem como foco, no geral, culturas que integram o mercado de commodities, como a soja, o milho e o algodão. Diferente das plantas transgênicas, que de alguma forma tiveram seu uso regulado por legislações de biossegurança e de rotulagem, os produtos derivados dessas novas biotecnologias parecem estar encontrando um vazio regulatório. Ou melhor, seus proponentes manipulam o discurso e as metáforas usadas (tesoura genética, míssil teleguiado, etc.) para ilustrar a técnica, mas parecem mirar exatamente na desregulamentação. São ou não transgênicos? Devem ou não passar por avaliações de risco? Essas e outras questões são colocadas na ordem do dia entre cientistas, gestores e órgãos reguladores tanto do Brasil como da Europa e de outras partes do mundo.

Debater o tema das novas biotecnologias a partir da ótica dos diretos humanos, da soberania alimentar e da justiça social é hoje relevante por alguns principais motivos: i) a capacidade de essas tecnologias causarem impactos negativos pode ser ainda maior do que a dos organismos transgênicos; ii) esses efeitos podem ocorrer em larga escala dado que são tecnologias incorporadas ao modelo agrícola dominante no Brasil; (iii) a possibilidade de vazio regulatório pode facilitar a entrada desses produtos no mercado ao sabor de interesses comerciais sem haver debate público com participação social; (iv) a aceleração desse processo pode inibir, além da informação pública, estudos sobre potenciais riscos, de médio e longo prazos, feitos sob a ótica do Princípio de Precaução. Ao discutir esses tópicos, além de apresentar o que são essas novas biotecnologias, a análise aqui proposta tem como objetivo informar criticamente a sociedade civil organizada para que esta possa atuar junto a seus parceiros, movimentos sociais, gestores públicos e a opinião pública em geral.

Compreendendo as diferentes técnicas de manipulação de DNA

Cisgêneses (ou cisgenia) – Técnica que se assemelha à transgenia, mas que utiliza sequências de DNA obtidas da mesma espécie que está sendo modificada – ou de espécies biologicamente próximas – no lugar de usar genes exóticos ou sintéticos obtidos de organismos não relacionados, como no caso dos transgênicos já comercializados.

Gene drives – É uma aplicação da engenharia genética que altera os mecanismos de herança genética de forma que a geração descendente apresente mais de 50% das características de um dos progenitores. Em poucas gerações, toda uma população pode expressar ou extinguir determinadas características.

Biologia sintética e Novas biotecnologias – São técnicas que se combinam para gerar as atuais aplicações da engenharia genética e que se caracterizam por alterar seções específicas dos genomas sem a incorporação necessária de genes exógenos que confirmam as características desejadas aos novos organismos.

Algumas questões que estão em jogo

Para auxiliar na discussão sobre os velhos agrotóxicos na sua relação com as novas biotecnologias, os pontos acima podem ser desdobrados em algumas questões decisivas que estão em jogo:

- 1** O esgotamento dos recursos naturais combinado com os efeitos das mudanças climáticas coloca em xeque a capacidade biofísica do planeta continuar sustentando o atual sistema agroalimentar.
- 2** As respostas à crescente confirmação de efeitos adversos decorrentes do uso combinado de sementes transgênicas e agrotóxicos deveriam levar a controles mais rigorosos e maior regulação, mas os governos, inversamente, respondem com incentivos às empresas e afrouxamento das leis.
- 3** O sistema pesquisa-desenvolvimento-inovação ligado ao modelo agrícola dominante cria (e é criado por) um mercado que gira em torno de si mesmo e que tende a bloquear investimentos na Agroecologia.
- 4** Os velhos agrotóxicos continuam atuais uma vez que as sementes transgênicas, produtos da chamada biotecnologia moderna, foram desenhadas para uso combinado com esses produtos em monoculturas.
- 5** A tecnologia dominante só pode oferecer respostas dentro do sistema que lhe deu origem e da qual ela é parte: falhas com agrotóxicos são respondidas com mais agrotóxicos; falhas com sementes transgênicas são respondidas com mais sementes transgênicas.
- 6** Sistemas regulatórios falhos operados por comitês de especialistas encarregam-se de transmitir à sociedade a noção de que os potenciais riscos dessas tecnologias são controláveis e/ou não significativos.
- 7** A naturalização desse modelo e a aceitação de seus impactos passa pela construção deliberada da ideia de que não há alternativas

viáveis ao atual modelo.

- 8** As novas tecnologias, sejam elas químicas ou genéticas, respondem a demandas do modelo agroalimentar dominante e não têm lugar fora dele na perspectiva da soberania alimentar.
- 9** Os riscos sociais e ambientais do atual modelo são agravados pelo risco de se retardar o investimento na Agroecologia e em ações orientadas pelo Princípio da Precaução.

O velho modelo

Acabar com a fome foi o argumento principal usado para se legitimar a modernização da agricultura com base nos preceitos da Revolução Verde. O aumento de produtividade necessário para tal fim viria da adoção de sementes melhoradas cultivadas com o uso de fertilizantes sintéticos, irrigação, agrotóxicos e novas máquinas e equipamentos¹. Em condições ótimas de plantio, a aplicação desse conjunto de tecnologias apresentaria sua melhor resposta e melhores rendimentos. Não há dúvida de que a produtividade das principais culturas foi fortemente elevada (entre 1961 e 2017 a produtividade média global do milho foi de 1,9 para 5,6 ton./ha e a do trigo, no mesmo período, foi de 1,1 para 3,5 ton./ha)². Mas não há dúvida também que parcela significativa dos agricultores ao redor do globo cultiva suas terras em condições bem distantes daquelas ideias onde a tecnologia produziria seus melhores resultados.

Ao mesmo tempo, a insegurança alimentar voltou a crescer desde 2014 e é problema que afeta 821 milhões de pessoas no mundo, enquanto uma epidemia de problemas decorrentes de uma má alimen-

1 Nas palavras do diretor geral da FAO José Graziano “O foco no aumento de produção a qualquer custo nos últimos 50 anos não foi suficiente para erradicar a fome no mundo (...). Precisamos de uma mudança transformadora na maneira como produzimos e como consumimos os alimentos produzidos. Uma verdadeira mudança no paradigma da Revolução Verde para um novo paradigma da sustentabilidade”. Mensagem enviada à Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA) por ocasião da abertura de seu V Encontro Nacional de Agricultores/as Experimentadores/as. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=7P9RQbcCkXs>>. Consulta em: 26 fev. 2019.

2 Cf. <<http://www.fao.org/statistics/en/>>. Consulta em: 26 fev. 2019.



Aplicação de agrotóxico em lavoura

tação atinge outras parcelas enormes da população. Estima-se que no mundo 5,6% das crianças de até cinco anos estejam acima do peso (38,3 milhões) e que 13,2% dos adultos (mais de 672 milhões) sejam obesos³. O excesso de peso acomete um em cada dois adultos e uma em cada três crianças brasileiras (BRASIL, 2014). Diabetes, hipertensão e problemas cardíacos, entre outros, são doenças crônicas associadas aos efeitos de dietas cada vez mais industrializadas.

Elevar a produtividade das culturas sem ao mesmo tempo enfrentar as condições que possam garantir o acesso da população a alimentos em quantidade e qualidade adequadas - como o acesso à terra e aos meios de produção, assim como o acesso a trabalho e renda para compra de alimentos - não resulta em ações consistentes de combate à fome. O Brasil, que havia saído do Mapa da Fome da ONU após pouco mais de uma década de um ciclo virtuoso de políticas públicas, rumo para um retrocesso humanitário (REDE BRASIL ATUAL, 2018).

3 Cf. FAO. Disponível em: <<http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/en/>>. Consulta em: 25 fev. 2019.

Há estudos que apontam que os limites biofísicos do planeta já foram ultrapassados em pelo menos três entre dez principais indicadores elencados. Mudanças climáticas, perda de biodiversidade e os ciclos de nitrogênio e de fósforo foram afetados pelas atividades humanas (dependência do petróleo e agricultura industrializada) a tal nível que podem afetar o sistema terrestre como um todo (ROCKSTRÖM et al., 2009). Agricultura e silvicultura respondem por pelo menos 24% das emissões diretas de gases de efeito estufa (IPCC, 2014). Os efeitos sobre o clima já são notados no dia a dia e é comum os agricultores relatarem que os calendários de plantio estão alterados. O ano de 2018 foi o quarto mais quente da história (0,83°C a mais do que a média entre 1951 e 1980), e os últimos cinco anos foram os cinco mais quentes desde o fim do século XIX (DOYLE, 2019)⁴.

A economia das monoculturas baseia-se em ganhos de escala, assim que cada vez mais áreas são sempre necessárias. Essa lógica do “get big or get out” (ver: LAPPÉ, 1985 p. 116) faz com que o desmatamento siga crescendo no país incorporando à produção novas áreas, como é o caso da região de Cerrado e transição para a Amazônia conhecida por MATOPIBA⁵.

Do ponto de vista político, governo e Congresso dispõem de uma lista de propostas para reduzir áreas de conservação e terras indígenas e permitir que estas sejam exploradas pela agricultura e pecuária comerciais (além de mineração). Da mesma forma, o governo avança no sentido de alterar regras de titulação de lotes da reforma agrária de forma a permitir que os mesmos sejam vendidos individualmente, passando a integrar o mercado de terras e, assim, o sistema produtivo dominante⁶. Não se trata, portanto, de discutir a “velha” Revolução Verde e seus impactos nem a “nova” revolução biotecnológica e

4 Como anunciado aqui em uma das questões que estão em jogo: O esgotamento dos recursos naturais combinado com os efeitos das mudanças climáticas coloca em xeque a capacidade biofísica do planeta continuar sustentando o atual sistema agroalimentar.

5 MATOPIBA é a região não oficial compreendida por parte dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, que responde como a última fronteira agrícola do Brasil.

6 Para saber mais sobre a conjuntura de retrocessos da legislação socioambiental brasileira acesse no site da Fundação Heinrich Böll Brasil - <http://br.boell.org/pt-br> - o Dossiê "Flexibilização da Legislação Socioambiental Brasileira - 2a edição: "

suas promessas, mas sim colocar em questão o sistema (agro)alimentar como um todo e atentar para as alternativas existentes e seu potencial. Dentro disso, em seguida a publicação analisa o que esse novo e esse velho têm em comum dado que fazem parte de um mesmo sistema.

Velhos e “novos” agrotóxicos

Há mais de cinco décadas Rachel Carson já indagava sobre os métodos agrícolas adotados que colocam em risco não só o meio ambiente como os próprios seres humanos (CARSON, 1962, p. 19). Esses métodos seguem predominantes e boa parte da inteligência humana segue voltada para a pesquisa com esses mesmos produtos tóxicos. Para além da vasta contaminação ambiental e das águas, resíduos de agrotóxicos podem ainda ser encontrados desde os alimentos até o leite materno (CARNEIRO et al., 2015, p. 57; 66–68; 76).

Esse quadro faz com que há mais de dez anos o Brasil ostente o título de maior consumidor de agrotóxicos do mundo (GALILEU, 2018; GRIGORI, 2019a). Em 2002, a comercialização desses produtos era de 2,7 quilos por hectare. Em 2012, o valor chegou a 6,9kg/ha (IBGE, 2015). As commodities soja, milho, cana e algodão concentram 85% do total de agrotóxicos utilizados (PIGNATI et al., 2017). E entre 2000 e 2012 no Brasil, período de maior expansão das áreas de soja e milho transgênicos⁷, esse número cresceu 160%, sendo que na soja aumentou três vezes. Só a soja, predominante entre as culturas geneticamente modificadas, utiliza 71% desse volume (ALMEIDA et al., 2017). Os herbicidas à base de glifosato, usados nas lavouras transgênicas, respondem por mais da metade de todo o veneno usado na agricultura brasileira (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016, p. 14).

Setores do agronegócio alegam que essa disparada no uso de agrotóxicos seria “consequência inexorável” do aumento de produtividade ou da expansão da área cultivada. No primeiro caso, essa correlação

<https://br.boell.org/pt-br/dossie-flexibilizacao-da-legislacao-socioambiental-brasileira-2-edicao>

7 A legalização da soja transgênica ocorreu no Brasil a partir de 2003 por meio da edição de medidas provisórias e, posteriormente, em 2005, com a aprovação da lei de biossegurança (Lei 11.105/2005).

estaria bastante defasada, com estudos indicando que para ponto percentual acrescido na produtividade da soja, é necessário incremento de 13 pontos percentuais no uso de agrotóxicos (ALMEIDA et al., 2017). Com relação à expansão da lavoura, entre 2007 e 2013, dobrou o uso de agrotóxicos enquanto a área cultivada cresceu apenas 20%. No mesmo período, também dobraram os casos de intoxicação (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016, p. 17).

O PARA parou?

A deliberada contaminação ambiental que visa controlar certas espécies prejudiciais às lavouras não está restrita às grandes culturas. Os dados do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos (PARA) revelam ano a ano, desde 2001, a situação alarmante encontrada em frutas, legumes e hortaliças. Em 2016, a metodologia do PARA foi alterada e passou-se a avaliar a presença de resíduos de agrotóxicos que apresentam risco agudo para a saúde. Isso quer dizer somente contaminações que afetam principalmente as pessoas expostas em seu ambiente de trabalho e são caracterizadas por efeitos como irritação da pele e dos olhos, coceira, vômitos, diarreias, dificuldades respira-



Foto: DJI-Agras /Pixabay

Drones em plantação de algodão

tórias, convulsões e morte. A partir de então a Anvisa concluiu que “Quase 99% das amostras de alimentos analisadas pela Anvisa, entre o período de 2013 e 2015 estão livres de resíduos de agrotóxicos que representam risco agudo para a saúde” (ANVISA, 2016b). No ano de 2012, o último relatório ainda não coberto pela nova metodologia, 29% das amostras foram classificadas como “não satisfatórias”. Entre os 71% de amostras satisfatórias, 36% acusaram presença de resíduos de agrotóxicos. Abobrinha e alface acumularam o maior número de irregularidades. Em 2011, as amostras insatisfatórias perfizeram 35% do total. Entre as principais irregularidades encontradas nos alimentos testados estão o nível de resíduos acima do permitido, o uso de produtos contrabandeados ou banidos no país, a não observação do período de carência e o uso de produtos em culturas não autorizadas (ANVISA, 2013). Cumpre ressaltar que o PARA não analisa resíduos de herbicidas nem a presença de agrotóxicos na água.

Na passagem entre esses dois últimos relatórios que informam sobre o nível de contaminação da dieta básica dos brasileiros houve uma mudança na abordagem sobre os efeitos crônicos causados pelos agrotóxicos⁸.

A primeira abordagem é mais direta ao reconhecer os riscos da exposição crônica aos agrotóxicos e de seus efeitos sinérgicos – resíduos de diferentes produtos presentes nos diferentes alimentos que se acumulam numa dieta alimentar:

Vale comentar que a última avaliação do risco devido à exposição crônica aos resíduos de agrotóxicos foi conduzida pela Anvisa utilizando dados do PARA relativos ao período de 2009 a 2011 e não foi verificada a extrapolação da IDA para nenhum dos agrotóxicos monitorados. Apesar de tal parâmetro de segurança não ter sido ultrapassado, não é possível descartar totalmente o risco à saúde. Sabe-se que a avaliação do risco devido à exposição a tais substâncias químicas também pode ser conduzida a partir

8 As intoxicações crônicas são decorrentes da presença de resíduos de agrotóxicos em alimentos e no ambiente, geralmente em doses baixas. Podem aparecer muito tempo após a exposição e afetar toda a população. Os efeitos associados à exposição crônica incluem: infertilidade, impotência, abortos, malformações, neurotoxicidade, desregulação hormonal, efeitos sobre o sistema imunológico e câncer (INCA, 2015).

de outras abordagens mais complexas utilizadas para o cálculo da exposição, tais como: exposição cumulativa de agrotóxicos que possuem um mesmo mecanismo de ação e geram um mesmo efeito adverso; exposição agregada que leva em conta as diversas formas de exposição, tais como, água de consumo, alimentos de origem vegetal e animal, exposição dérmica etc. O risco devido à exposição simultânea a diversas substâncias também não pode ser desconsiderado, pois pode ocorrer sinergismo destes compostos químicos no organismo humano (ANVISA, 2013).

Já o relatório mais recente apresenta linguagem mais difusa, minimizando a possibilidade de exposição a um coquetel de agrotóxicos por meio da dieta – que como visto acima começaria por uma simples salada de alface e abobrinha:

A respeito da exposição crônica, estudos trazem indícios de que é baixa a incidência de resíduos em níveis que poderiam potencialmente causar danos à saúde. Em 2013, foi realizada uma avaliação do risco crônico utilizando-se os dados do PARA de 2009 a 2011 e o risco à saúde foi considerado aceitável, uma vez que não houve a extrapolação da Ingestão Diária Aceitável (IDA) para os agrotóxicos monitorados. Um dos motivos para essas conclusões seria o fato de que, à luz do conhecimento atual, na maior parte dos casos seria necessário o consumo de vários alimentos contendo uma quantidade de determinado agrotóxico sempre superior aos limites máximos estabelecidos todos os dias durante anos. Os diversos LMRs aprovados para um determinado agrotóxico levam em consideração a ingestão diária desses resíduos ao longo da vida. Dessa forma, deve-se considerar que é pouco provável a ocorrência concomitante de todos esses eventos. Apesar do acima exposto, não se pode descartar a possibilidade de risco crônico à saúde, advindo da exposição a resíduos de agrotóxicos por meio da dieta (ANVISA, 2016a).

A Ingestão Diária Aceitável é calculada a partir dos resultados de experimentos realizados com animais de laboratório (geralmente expostos por via oral a um único produto) que são extrapolados para o ser humano. Conforme (CARNEIRO et al., 2015, p. 76–77), a definição desses níveis de segurança de exposição aos agrotóxicos apoia-se

na crença de que o organismo humano pode ingerir, inalar ou absorver certa quantidade diária sem que isso tenha consequência para sua saúde. Ocorre que esses limites não podem ser definidos, pois diversos agrotóxicos produzem efeitos irreversíveis e que não são dose-dependentes (Ibid., p.83-84). Além disso, a exposição crônica a baixas doses pode afetar negativamente a saúde, como já denunciado por Carson quando ela trata do efeito de potenciação que pode ocorrer quando diferentes ingredientes ativos se misturam, por exemplo, num prato de salada, ainda que estejam todos os produtos dentro dos limites aceitáveis (CARSON, 1962, p. 33;38). Dificulta ainda mais a definição de IDAs confiáveis o fato de que abaixo da dose “aceitável” os efeitos não se “comportam” de forma previsível (CARNEIRO et al., 2015, p. 79) e que formulações comerciais de agrotóxicos incluem mais de um ingrediente ativo e também outras substâncias que, apesar de serem considerados “inertes”, também podem aumentar ou provocar, mesmo que não identificado anteriormente, um efeito tóxico (p. 229). É o caso, por exemplo, do herbicida *Roundup* que gera um subproduto (AMPA) mais tóxico que seu ingrediente ativo, o glifosato⁹ (GILLAM, 2018). Além disso, a exposição a diferentes agrotóxicos pode atuar de forma sinérgica para o aparecimento da toxicidade, mesmo que os limites máximos de exposição, segundo as legislações pertinentes, sejam obedecidos (Ibid., p.185).

A aparente mudança de postura da Anvisa também foi notada no posicionamento do órgão com relação ao registro de agrotóxicos no país, que defendeu maior celeridade nos processos (CANCIAN, 2018). Só nos sete primeiros meses de 2019 o governo emitiu 290 novos registros de agrotóxicos (DAMASIO, 2019). Em outubro do mesmo ano esse número chegou a 410. São ingredientes ativos já autorizados que foram aprovados para aplicação em novas culturas, para fabricação por novas empresas ou para serem pulverizados em misturas com outros produtos (GRIGORI, 2019b). Com isso, o Brasil chega a 2.356 produtos elaborados com agrotóxicos em circulação. Alimentos antes classificados pelo PARA como irregulares poderão passar a categoria

9 Classificado pela Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer, da Organização Mundial da Saúde (IARC/OMS), como provável cancerígeno para os seres humanos, cf. <<https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/MonographVolume112-1.pdf>>. Consulta em: 13 fev. 2019.

de conformidade, não porque deixaram de receber os produtos para os quais a cultura não estava registrada, mas porque o produto foi registrado também para aquela cultura. Ou seja, perde-se a oportunidade de caminhar para uma produção mais limpa. Além disso, a autorização de mistura de agrotóxicos vai contra a precaução e avança sobre a desconhecida área dos efeitos cumulativos e sinérgicos entre esses produtos sobre a saúde e o meio ambiente como alertado pela Abrasco:

Ainda não se dispõe de informações precisas quanto aos possíveis efeitos da exposição a todas as fontes de contaminação por agrotóxicos aos quais as populações humanas estão sujeitas: alimentos (como frutas, legumes, verduras, leite e carnes), a água e o ar, campanhas de saúde pública, controle de vetores e pragas, uso doméstico, jardinagem e até mesmo medicamentos de uso humano e veterinário. Por essa razão impõe-se o princípio da precaução, bem como a consideração de que as incertezas são parte desses processos, o que exige sempre muita cautela. (...) O conhecimento sobre os efeitos acumulados de diferentes agrotóxicos para a saúde humana e os ecossistemas ainda se encontra enormemente defasado (CARNEIRO et al., 2015, p. 185).

Por muito tempo, as empresas do setor viam na Anvisa um órgão que bloqueava a realização de seus interesses e buscaram fragilizar sua atuação no processo de regulação de agrotóxicos apostando no empoderamento do Ministério da Agricultura. Como esse movimento tardou a se consolidar, aparentemente as agências reguladoras foram capturadas pelo próprio governo (SANTOS, 2015). É o caso da Anvisa, que alterou normas internas para facilitar o registro de agrotóxicos (CANCIAN, 2018) e chegou a aprovar o registro de produtos perigosos anteriormente rejeitados pela própria Agência (OLIVEIRA, 2017).

Chega-se assim a uma das questões apontadas acima: *As respostas à crescente confirmação de efeitos adversos decorrentes do uso combinado de sementes transgênicas e agrotóxicos deveria levar a controles mais rigorosos e maior regulação, mas os governos, inversamente, respondem com incentivos às empresas e afrouxamento das leis.* A aceleração desse processo pode inibir, além da informação pública, estudos



Ilustração conceitual de um DNA

sobre potenciais riscos, de médio e longo prazos, feitos sob a ótica do princípio de precaução, e estudos e investimentos nas alternativas.

Por que novas tecnologias dentro do mesmo modelo não trarão respostas aos desafios da segurança alimentar e da proteção ambiental?

A modificação genética de plantas por meio da manipulação de DNA foi anunciada como uma revolução tecnológica vinda na esteira das descobertas sobre o genoma que poderia acelerar e dar maior precisão aos processos clássicos de melhoramento genético. O resultado dessas aplicações seriam plantas mais nutritivas, mais produtivas, mais resistentes pragas e doenças e a adversidades ambientais como seca e solos salinos. Seu plantio necessitaria menores doses de agroquímicos. A adoção dessas novas sementes seria a única forma de se enfrentar a equação malthusiana de uma população crescendo em ritmo mais acelerado que a oferta de alimentos (Ver p. ex.: HERRERA-ESTRELLA, 2000; JAMES; KRATTIGER, 1996).

Mas os resultados da chamada moderna biotecnologia não saíram exatamente como planejado por seus proponentes. A voracidade da indústria em formar gigantes monopólios, se apropriar das sementes por meio de patentes e driblar normas e avaliações consistente de risco buscando atalhos para introduzir esses produtos na alimentação da população de forma pouco transparente e informada motivou restrições e desconfiança por parte dos consumidores. Também contaminou a imagem dos transgênicos sua estreita relação com commodities agrícolas voltadas para exportação e demandadoras de grandes áreas de monoculturas (FISCHER, 2016) e a desigual disputa por recursos públicos da pesquisa, que acaba por bloquear investimentos na Agroecologia (VANLOQUEREN; BARET, 2009), esse sim enfoque capaz de enfrentar os desafios que a transgenia alegou que poderia resolver (ALTIERI, 2002; BADGLEY et al., 2007; GARCIA; ALTIERI, 2005; PONISIO et al., 2014; PRETTY et al., 2006; SCHUTTER, 2010). Soma-se a essa campanha de marketing com sinal invertido a forma como pesquisadores que publicaram dados desfavoráveis aos interesses da indústria foram intimidados e publicamente atacados por alguns colegas (WALTZ, 2009a, 2009b).

Isto nos permite avançar na seguinte questão: O sistema pesquisa-desenvolvimento-inovação ligado ao modelo agrícola dominante cria (e é criado por) um mercado que gira em torno de si mesmo e que tende a bloquear investimentos na Agroecologia.

Para além desse controverso comportamento, empresas e seus aliados esbarram ainda nas limitações impostas pela própria técnica e pela falta de conhecimento sobre os genes e seu funcionamento (EL-HANI, 2007; FERNANDES et al, 2019; HO, 2013; LATHAM; WILSON; STEINBRECHER, 2006; MESNAGE et al., 2016). Essas lacunas foram reforçando as preocupações sobre risco e a demanda por ações baseadas no Princípio da Precaução e o apoio a outras formas de agricultura.

Com relação ao Princípio da Precaução, comumente atacado por biotecnólogos que o entendem como “princípio de obstrução”¹⁰ que impediria o avanço da ciência ou algo que exija “certeza científica da ausência de risco” (COLLI, 2011), adotamos aqui a visão de Hugh

10 Ver p. ex.: REINACH, 2003.

Lacey. Para esse filósofo da ciência, longe de ser uma intrusão da ética na pesquisa, quando bem aplicado, esse princípio protege a ciência da intrusão de valores e interesses de governos e corporações que subordinam a ciência. Busca-se não a certeza científica de risco zero, nem do dano potencial imprevisível e não especificável, mas a avaliação do risco que é cientificamente plausível ainda que incerto. Busca-se compreender tanto os efeitos da ação como os da inação. Seu papel é o de avaliar se os dados científicos são ética e socialmente robustos - sem colocar em questão o valor cognitivo de resultados robustamente confirmados (LACEY, 2006; 2019). A partir desse enfoque é possível também atacar uma dupla falha científica recorrente entre os promotores dos transgênicos: (i) não demonstrar a segurança de seus produtos; e (ii) não comprovar a ausência de alternativas viáveis (LACEY, 2007).

De forma geral, há hoje fartas e crescentes evidências de campo e vasta bibliografia especializada (Ver a esse respeito: FERMENT et al., 2015) mostrando que os impactos negativos decorrentes do cultivo em larga escala de sementes transgênicas – e que por mais de trinta anos foram anunciados – de alguma forma aconteceram¹¹. Um alerta pioneiro – apoiado, sobretudo, em conhecimentos da ecologia e da genética – já indicava que a adoção das sementes transgênicas iria aumentar o uso de herbicidas, acelerar o desenvolvimento de super ervas daninhas, criar insetos resistentes, super pragas e resistência em agentes causadores de doenças e promover a contaminação (transferência de genes) de espécies espontâneas, de parentes silvestres das plantas cultivas e das próprias lavouras (STEINBRECHER, 1996).

Com relação ao uso de herbicidas, padrão similar pôde ser observado nos países do Cone Sul que adotaram o plantio comercial da soja transgênica resistente ao *Roundup*. Conforme estudo realizado por Catacora-Vargas e colaboradores (CATACORA-VARGAS et al., 2012) para Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai, o uso de herbicidas à base de glifosato cresceu proporcionalmente mais do que a área cul-

¹¹ Relatório da Academia Nacional de Ciências, Engenharia e Medicina dos Estados Unidos (NASEM), de 2016, é citado como fonte “independente e objetiva” comprovação da inocuidade dos OGMs usados na agricultura (Ver: <<https://nas-sites.org/ge-crops/>>). Posteriormente a sua divulgação, um estudo revelou que 6 dos 20 membros do comitê que redigiram o relatório apresentavam um ou mais casos de conflito de interesses (KRIMSKY; SCHWAB, 2017).

Quadro 1 Espécies modificadas, características (eventos) GM inseridos e empresas proponentes de sementes transgênicas autorizadas para plantio comercial no Brasil¹						
Espécie modificada	Característica GM					Empresa proponente ²
	TH	RI	TH/RI	AV	RV	
Soja	10	1	3			Monsanto, BASF-Embrapa, Bayer, Dow, DuPont
Milho	8	7	31			Monsanto, Bayer, Syngenta, DuPont-Dow, Monsanto-Dow
Algodão	7	3	8			Monsanto, Bayer, Dow
Eucalipto				1		Futuragene
Cana-de-açúcar		1				CTC
Feijão ³					1	Embrapa

- 1 O Quadro não considera as fusões entre Bayer-Monsanto (2016), ChemChina-Syngenta (2016) e Dow-DuPont (2015). Ver a esse respeito: MOLDENHAUER; HIRTZ, 2018.
- 2 Quadro elaborado pelo autor com dados da CTNBio atualizados em 12/10/2018 e disponíveis em: <<http://ctnbio.mcti.gov.br/documents/566529/1684467/Tabela+de+Plantas+Aprovadas+para+Comercializa%C3%A7%C3%A3o/e3087f9c-c719-476e-a9bd-bfe75def842f>>
- 3 O feijão GM da Embrapa, embora autorizado pela CTNBio, nunca chegou a ser comercializado pois, no campo mostrou-se significativamente susceptível à doença já na primeira geração das sementes, além de mostrar uma inesperada associação com outros tipos de vírus (FERNANDES, 2011).

Legenda TH: tolerante a herbicidas; RI: resistente a insetos; TH/RI: tolerante a herbicidas e resistente a insetos (piramidado); AV: aumento de volume da madeira; RV: resistente a vírus – Os números na coluna Característica GM indicam a quantidade de eventos de modificação genética liberados para cada uma das características.

tivada (p. 30-32). Além do uso desses produtos, o desenvolvimento de plantas espontâneas resistentes a esses produtos induziu os produtores a lançarem mão dos velhos e tóxicos paraquat (banido na União Europeia e em mais 10 países¹²), 2,4-D (que libera dioxinas no ambiente) e atrazina (banida em 37 países¹³) (os dois primeiros extremamente tóxicos, segundo classificação da Anvisa). Na Bolívia, por exemplo, as pulverizações com 2,4-D foram multiplicadas por 3,35, as de atrazina

¹² Cf. Pesticide Action Network. Disponível em: <<http://pan-international.org/pan-international-consolidated-list-of-banned-pesticides/>>. Consulta em: 13/02/2019.

¹³ Idem.

por 4,56 e as de paraquate por 2,31 após a introdução da soja geneticamente modificada (p. 33).

Aqui somos remetidos a outra questão chave desse texto: *Os velhos agrotóxicos continuam atuais uma vez que as sementes transgênicas, produtos da chamada biotecnologia moderna, foram desenhadas para uso combinado com esses produtos em monoculturas.*

No caso específico do Brasil, o Quadro 1 mostra o domínio de empresas multinacionais produtoras de agrotóxicos sobre o desenvolvimento de sementes transgênicas e que 67 das 81 variedades transgênicas liberadas (83%) foram geneticamente modificadas para resistir à aplicação de um ou mais herbicidas. Novos eventos de modificação genética e a combinação desses diferentes eventos numa mesma planta na forma de genes piramidados (para resistência acumulada a diferentes insetos e/ou tipos de herbicidas) são lançados no mercado em resposta ao desenvolvimento de resistência em populações de insetos e de plantas espontâneas massivamente expostas aos mecanismos de controle presentes nas plantas transgênicas (FERNANDES, 2018; FERNANDES; MELGAREJO; FERRAZ, 2013; MELGAREJO; FERRAZ; FERNANDES, 2013).

Com inevitável sensação de *déjà-vu*, as alegadas pretensões da revolução do gene repetem aquelas da Revolução Verde. Há mais de 30 anos já se sabia que uma revolução é parte constitutiva da outra e já era possível prever que os impactos sociais, ambientais e econômicos não seriam diminuídos com a revolução do gene, mas sim aumentados e expandidos.

A tecnologia dominante só pode oferecer respostas dentro do sistema que lhe deu origem e da qual ela é parte: falhas com agrotóxicos são respondidas com mais agrotóxicos; falhas com sementes transgênicas são respondidas com mais sementes transgênicas. Reproduzindo essa lógica, e mantendo o sistema, a aposta direciona-se para novas técnicas de melhoramento que prometem ser mais precisas e mais potentes que a engenharia genética até então utilizada no desenvolvimento de organismos transgênicos.

Novas biotecnologias em tempos de Black Mirror: editando genes e manipulando a natureza

Ao mesmo tempo em que evidências científicas recentes revelam que o milho foi domesticado não só no México, mas também na Amazônia brasileira há cerca de 6.500 anos (LOPES, 2018), empresas de biotecnologia procuram colocar no mercado variedades de milho resultante da aplicação de técnicas de edição de genes, também chamadas de Técnicas Inovadoras de Melhoramento de Precisão (TIMP; do inglês Precision Breeding Innovation – PBI). De um lado o legado humano da domesticação de plantas e de outro um processo que promete revolucionar as bases dessa interação com a natureza. Aplicações médicas dessas técnicas também começam a ser aplicadas em células, embriões e mesmo em seres humanos.

As TIMPs (que englobam as NBT New Breeding Technologies, no inglês) foram desenhadas para modificar um gene diretamente no genoma, sem necessariamente importar genes de fora. Essas técnicas de edição de genes *in vivo* (e não *in vitro*)¹⁴ podem ter como alvo um gene específico ou uma sequência do genoma de praticamente qualquer es-

14 As modificações *in vivo* são feitas diretamente no genoma do organismo, diferentemente das modificações *in vitro*, que são realizadas externamente e logo introduzidas no organismo alvo.



Foto: Qimono/Pixabay

Novas biotecnologias em tempos de Black Mirror: manipulando a natureza

pécie. As possibilidades de modificação compreendem: deleção, inserção ou alteração de nucleotídeos¹⁵ numa molécula existente de DNA ou de RNA, assim como inserções ou deleções de longas sequências em regiões-alvo específicas (AGAPITO-TENFEN et al., 2018). Ainda

15 Nucleotídeos: são as moléculas que formam o DNA (Adenina, Tinina, Citosina e Guanina) e de RNA (Adenina, Tinina, Citosina e Uracila). A sequência dessas moléculas na fita de DNA determina quais proteínas serão produzidas ou que instrução será dada à célula.

Quadro 2	Descrição das principais técnicas incluídas na categoria TIMP de acordo com a RN 16/2018 da CTNBio ¹
Técnica	Descrição
Florescimento Precoce	Silenciamento e/ou super-expressão de genes relacionados ao florescimento através da inserção da modificação genética no genoma e posterior segregação ou através da expressão temporária por vetor viral.
Tecnologia para Produção de Sementes	Inserção da modificação genética para restauração da fertilidade em linhagens naturalmente macho-estéreis a fim de multiplicar essas linhagens mantendo a condição de macho-esterilidade sem haver, no entanto, transmissão da modificação genética para a descendência.
Melhoramento Reverso	Inibição da recombinação meiótica em plantas heterozigotas selecionadas para a característica de interesse a fim de produzir linhagens parentais homozigotas.
Metilação do DNA Dependente do RNA	Metilação direcionada por RNAs interferentes ("RNAi") em regiões promotoras homólogas ao RNAi com o objetivo de inibir a transcrição do gene alvo em seres vivos.
Mutagênese Sítio Dirigida	Complexos proteicos ou riboproteicos capazes de causar mutagênese sítio dirigida em microrganismos, plantas, animais e células humanas.
Mutagênese Direcionada por Oligonucleotídeo	Introdução na célula de um oligonucleotídeo sintetizado de forma complementar à sequência alvo, contendo uma ou poucas alterações de nucleotídeos, que poderão causar substituição, inserção ou deleção na sequência alvo através do mecanismo de reparo celular (microrganismos, plantas, animais e células humanas).
Agroinfiltração / Agroinfecção	Folhas (ou outro tecido somático) infiltrado com <i>Agrobacterium</i> sp. ou construções gênicas contendo o gene de interesse para obter uma expressão temporária em altos níveis localizada na área infiltrada ou com vetor viral para expressão sistêmica, sem que a modificação seja transmitida às gerações subsequentes.
RNAi uso tópico/ sistêmico	Uso de RNA fita dupla ("dsRNA") com sequência homóloga ao(s) gene(s) alvo para silenciamento específico desse(s) gene(s). As moléculas engenheiradas de dsRNA podem ser introduzidas/absorvidas pela célula a partir do ambiente.
Vetor Viral	Inoculação de seres vivos com vírus recombinante (DNA ou RNA) expressando a modificação genética e amplificação do gene de interesse através dos mecanismos de replicação viral, sem que haja modificação do genoma do hospedeiro.

Quadro 3		Descrição das principais técnicas incluídas na categoria TIMP de acordo com a Comissão Europeia
Categoria	Comissão Europeia²	Descrição³
Edição de genoma visando realizar alterações precisas de uma sequência de DNA numa célula ou realizar mudanças aleatórias em locais precisos	Transcription activator-like effector nucleases – TALENs	Enzimas de restrição que podem ser programadas para cortar sequências específicas de DNA. Assim como no ZFN, edita genomas a partir da indução de cortes nas duas tiras de DNA, em resposta aos quais a célula ativa mecanismos de reparação
	CRISPR/Cas – clustered regularly interspaced short palindromic repeat system	Tem sido a mais usada das técnicas de edição de genomas dada sua versatilidade e facilidade de emprego. O sistema Crispr/Cas é parte do sistema imune de alguns organismos unicelulares, que lhes confere resistência a elementos genéticos externos, que são cortados e retirados do DNA do organismo
	Meganucleases – MN	Enzimas de restrição de ocorrência natural que podem ser usadas para modificar o genoma de qualquer espécie
Mutagênese Direcionada por Oligonucleotídeo (ODM) ou Engenharia Genética de Oligonucleotídeos	Mutagênese Direcionada por Oligonucleotídeo (ODM) ou Engenharia Genética de Oligonucleotídeos	ODM baseia-se no uso de oligonucleotídeos para a introdução de mutações dirigidas no genoma. As modificações genéticas que podem ser obtidas empregando-se ODM incluem a introdução de nova mutação ou a reversão de mutação já existente
Outras técnicas de engenharia genética	Cisgenesis/Intragenesis	Cisgênese e intragênese são basicamente o mesmo que a transgenia, sendo que no lugar de se introduzir uma sequência de DNA sintético ou de outra espécie, obtém-se a sequência inserida da mesma espécie ou de uma aparentada
	Metilação do DNA Dependente do RNA / RNA-dependent DNA methylation (RdDM)	É um processo no qual as moléculas de RNA fazem que a célula adicione grupos metil a certos nucleotídeos em determinada sequência de DNA visando o silenciamento de um gene
	Enxertia (sobre porta-enxerto GM)	O material enxertado não é modificado geneticamente, mas sim a base sobre a qual ele é inserido. Mesmo assim, muitas das moléculas produzidas pelo porta-enxerto GM podem circular pela planta em seu conjunto
	Melhoramento Reverso / Reverse Breeding (RB)	É uma técnica de engenharia genética que permite reconstituir linhagens parentais uniformes (homozigóticas) a partir de um híbrido existente cujas linhagens parentais não estejam disponíveis ou não existam mais
	Agroinfiltração / Agroinfeção / Agro-infiltration	Visa gerar modificações genéticas temporárias, durante no máximo uma geração, de forma que o transgene não se integre de forma estável no genoma da planta

- 1 Cf.: <http://ctnbio.mcti.gov.br/resolucoes-normativas/-/asset_publisher/OgW431Rs9dQ6/content/resolucao-normativa-n%C2%BA-16-de-15-de-janeiro-de-2018?_101_INSTANCE_OgW431Rs9dQ6_redirect=http%3A%2F%2Fctnbio.mcti.gov.br%2Fresolucoes-normativas%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_OgW431Rs9dQ6%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_count%3D3>. Acesso em: 22/02/2019.
- 2 Cf.: <https://ec.europa.eu/food/plant/gmo/modern_biotech_en>; <https://ec.europa.eu/research/sam/pdf/topics/explanatory_note_new_techniques_agricultural_biotechnology.pdf>. Acesso em 22/02/2019.
- 3 Elaborado pelo autor a partir de AGAPITO-TENFEN, 2016; AGAPITO-TENFEN et al., 2018; STEINBRECHER, 2015.

que possam variar em seus detalhes, essas técnicas utilizam no geral enzimas (nucleases) voltadas a sequências específicas de DNA que serão cortadas e posteriormente acionarão um mecanismo natural de reparação da célula (STEINBRECHER, 2015). As nucleases artificiais podem gerar novos organismos que serão idênticos ou extremamente similares aos naturais já existentes. ZFNs (do inglês, zinc finger nuclease), TALENs (do inglês transcription activator-like effector nucleases) e CRISPR/Cas (do inglês, clustered regularly inter-spaced short palindromic repeat) estão entre os principais processos de edição do genoma utilizados.¹⁶

Assim como no caso da manipulação genética por meio da recombinação de DNA – mais conhecida por sua aplicação na criação de organismos transgênicos – as TIMPs também são vistas como ferramentas poderosas. Sua evolução em relação aos processos anteriores de engenharia genética estaria no fato de serem mais precisas. Há, no entanto, geneticistas que contestam essa visão:

¹⁶ Cf.: <http://ctnbio.mcti.gov.br/resolucoes-normativas/-/asset_publisher/OgW431Rs9dQ6/content/resolucao-normativa-n%C2%BA-16-de-15-de-janeiro-de-2018?_101_INSTANCE_OgW431Rs9dQ6_redirect=http%3A%2F%2Fctnbio.mcti.gov.br%2Fresolucoes-normativas%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_OgW431Rs9dQ6%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_count%3D3>. Acesso em: 22/02/2019.

“Precisão não necessariamente significa segurança ou que não haverá risco. Estudos já constataram que a edição de genes pode provocar mudanças em muitas sequências de DNA e não em só uma. Desta forma, as NBTs também não são precisas como tem sido advogado. Este debate está sendo muito similar ao ocorrido por ocasião do desenvolvimento da transformação genética, em que os proponentes das tecnologias advogavam que somente um gene seria alterado ou introduzido e que os efeitos seriam mínimos e não haveria risco à saúde humana nem ao meio ambiente. Com o tempo foi demonstrado exatamente o contrário (Dr. Rubens Nodari, comunicação pessoal, 18/02/2019).

O sistema de edição genética CRISPR/Cas vem sendo aplicado associado a impulsores genéticos (*gene drives*) com o objetivo de alterar os mecanismos de herdabilidade de características na população inteira de uma dada espécie podendo ampliar o predomínio de um gene particular numa população (AGAPITO-TENFEN, 2016). Ou seja, o método pode rapidamente modificar não só um único organismo, mas toda uma população, inserindo em seu DNA uma modificação genética que aumenta a taxa em que a modificação é passada para a geração seguinte (LEDFORD, 2015).

Esses impulsores genéticos (*gene drives*) espalham rapidamente modificações genéticas para populações animais. Seus benefícios potenciais incluem reprogramar o genoma de mosquitos para eliminar a malária, reverter o desenvolvimento de resistência em inseticidas e herbicidas [causada pela agricultura intensiva baseada em monoculturas, agrotóxicos e sementes transgênicas] e erradicar localmente espécies invasoras (OYE et al., 2014).

Ocorre que os efeitos dessas técnicas no meio ambiente podem não sair exatamente conforme planejado e a “erradicação local” pode se espalhar por todo um ecossistema e atravessar fronteiras entre países. Algumas mutações genéticas podem ocasionar perda de funções nos organismos modificados, com provável resultado de sua extinção no ambiente. Há, no entanto, outras mutações que podem levar a ganhos de funções. Se esse ganho de função ocorrer de forma não-intencional em organismos que não foram devida e previamente testados, eles poderão rapidamente afetar o ecossistema local colocando em risco

espécies nativas. Ou ainda que não ameacem espécies nativas, podem impactar negativamente o ambiente devido a cruzamentos (ARAKI; NOJIMA; ISHII, 2014). O impacto ambiental pode ficar fora de controle (AKBARI et al., 2015).

Isso indica que a capacidade de essas tecnologias causarem impactos negativos pode ser ainda maior do que a dos organismos transgênicos já comercializados. Além disso, olhando-se novamente para as sementes transgênicas e o desenvolvimento, por exemplo, de superervas daninhas, pode-se concluir que os efeitos ambientais dessa tecnologia são também causados quando a modificação introduzida funciona conforme previsto. Ou seja, mesmo se os novos OGMs não produzirem efeitos não intencionais, eles podem ainda assim ser um problema (Dr. Odd-Gunnar Wikmar, comunicação pessoal, 18/02/2019). Esses efeitos podem ocorrer em larga escala dado que são tecnologias incorporadas ao modelo agrícola dominante.

Não bastassem os impactos econômicos, sociais e ambientais já comprovados de decorrentes do uso de agrotóxicos e transgênicos, algumas experiências já realizadas com organismos manipulados por TIMPs reforcem a necessidade de medidas rigorosas de avaliação de risco e de participação pública. Entre os efeitos não intencionais já observados em experimentos animais com TIMPs (RANA; CRAYMER, 2018) estão:

- Línguas aumentadas em coelhos modificados para maior produção de carne (edição de genes);
- Aparecimento de uma vértebra extra em porcos que tiveram um gene para crescimento de músculos deletado (deleção de gene e engenharia reversa de células); e
- Morte prematura de bezerros que tiveram genes editados via Crispr para mudar a cor de sua pelagem e reduzir o estresse causado por calor (no caso, deleção de um único aminoácido).

Em função dessas características e de seu alcance, há no meio científico manifestações afirmando que grandes benefícios podem ser obtidos com essas técnicas, mas que elas podem igualmente causar muitos danos e por isso devem ser usadas com cuidado e somente após uma

minuciosa avaliação de seus riscos (AKBARI et al., 2015; ARAKI; NOJIMA; ISHII, 2014; NATURE EDITORIAL, 2017; OYE et al., 2014). Para que isso ocorra é necessário que os marcos regulatórios da engenharia genética se apliquem também a essas tecnologias. Há suficiente fundamentação técnica e jurídica para sustentar essa posição. Apesar disso, empresas do setor defendem que os produtos derivados dessas novas tecnologias não são transgênicos. Sendo assim, estariam fora do escopo dos processos regulatórios de biossegurança – e de quaisquer outros – definidos nacional ou internacionalmente para os OGMs. Aposto-se numa espécie de vazio regulatório que teria a finalidade de

FÁBRICA DE PROMESSAS

- A maquinaria de edição do Crispr-Cas9 (lê-se crísper-cás-nove) permite atuar diretamente no gene defeituoso, como um míssil teleguiado. No caso da distrofia muscular de Duchenne, doença progressiva e letal, a técnica poderia beneficiar 80% dos pacientes, ao cortar o DNA “errado” das células musculares.
- O Crispr pode “empurrar” mosquitos vetores de doenças (como o anopheles, da malária, e o aedes, da dengue e da zika) rumo à extinção ao favorecer a herança de genes letais entre as fêmeas. Outro exemplo icônico é experimento que extirpou o HIV de uma cultura de células humanas.
- Células embrionárias podem ser modificadas para um bebê não ter fibrose cística, distrofia ou propensão ao diabetes e à obesidade.
- Bactérias capazes de degradar poluentes, como óleo, podem ser aperfeiçoadas. Plantas com altíssima capacidade de captar dióxido de carbono (CO²) podem estar logo ali, alguns anos adiante (CUNHA, 2016).
- Cientistas injetaram em um ser humano genes editados via CRISPR. O paciente tem câncer de pulmão e a esperança é que as células modificadas combatam o tumor. Foram removidas as células de defesa do paciente e desligado um gene nelas usando o Crispr (FOLHA DE SÃO PAULO, 2016).
- Pesquisadores modificaram genes defeituosos em embriões humanos utilizando a revolucionária técnica Crispr. Os experimentos mostraram ser possível corrigir de forma eficaz e sem riscos os defeitos genéticos responsáveis por doenças hereditárias (FRANCE PRESSE, 2017).
- Cientistas americanos tentaram editar um gene dentro do corpo de um paciente modificando seu DNA na busca pela cura de uma doença. A manipulação genética está acontecendo de maneira precisa. “O reparo se torna parte do DNA do paciente e estará lá pelo resto de sua vida” (MARCHIONE, 2017).
- Pesquisador chinês diz ter alterado os embriões de sete casais, como parte de tratamentos de fertilidade. O atrativo do novo método é oferecer a casais afetados pelo HIV a oportunidade de ter um filho protegido contra destino semelhante (MARCHIONE, 2018).

acelerar a chegada desses produtos aos mercados, novamente, assim como no caso dos OGMs já comercializados, sem a devida transparência, informação e conscientização pública.

No caso das sementes transgênicas, a estratégia para se encurtar sua chegada às lavouras e aos mercados – também evitando os devidos estudos sobre riscos e informação pública – passou pelo contrabando e plantio ilegal de sementes e contaminação das lavouras (FERNANDES; MARINHO, 2018; MARINHO; MINAYO-GOMEZ, 2004).

Etapa subsequente e complementar a essa é a fragilização das normas vigentes, em especial pelo expediente da dispensa. No caso brasileiro, que tem sua Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) dotada de poderes deliberativos, vinculantes e normativos, as dispensas e flexibilizações de normas são definidas por seus 27 integrantes (Quadro 4). Importante destacar que a primeira grande dispensa legal aplicada aos organismos transgênicos no Brasil – para além dos sucessivos perdões aos plantios ilegais de soja transgênica – foi a própria lei de biossegurança (11.105/2005). Essa lei foi criada como uma exceção para os OGMs dentro da legislação ambiental brasileira, cuja liberação comercial foi dispensada de licenciamento ambiental¹⁷. Da mesma forma, as plantas Bts deixaram de ser enquadradas na legislação de agrotóxicos.

A leitura do Quadro 4 a seguir nos remete a outra das questões-chave aqui tratadas: *Sistemas regulatórios falhos operados por comitês de especialistas encarregam-se de transmitir à sociedade a noção de que os potenciais riscos dessas tecnologias são controláveis e/ou não significativos.*

17 O artigo 16, inciso IV, parágrafo 3 da lei de biossegurança estabelece que a exigência do licenciamento ambiental respeitará a decisão técnica da CTNBio com relação ao risco do OGM (“A CTNBio delibera, em última e definitiva instância, sobre os casos em que a atividade é potencial ou efetivamente causadora de degradação ambiental, bem como sobre a necessidade do licenciamento ambiental”). No período avaliado não foi identificado nenhum caso em que tenha sido exigido licenciamento. Os pareceres técnicos no geral concluem que “A CTNBio considera que essa atividade não é potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente ou de agravos à saúde humana e animal”.

Quadro 4	Resumo do status desregulatório dos OGMs no Brasil: medidas de dispensa ou flexibilizadoras aprovadas pela CTNBio entre 2005 e 2018	
Norma	Medida flexibilizadora ou de dispensa	Efeito
Resolução Normativa 04/2007	Coexistência entre lavouras de milho – “isolamento deve ser igual ou superior a 100 metros” ou “20 m acrescidos de bordadura com, no mínimo, 10 fileiras de milho convencional de porte e ciclo vegetativo similar ao milho GM”.	Contaminação de plantios orgânicos e de variedades crioulas; violação dos direitos dos agricultores.
Resolução Normativa 09/2011	Dispensa monitoramento pós-liberação comercial – “A requerente deverá submeter o plano de monitoramento pós-liberação comercial, ou solicitar sua isenção, no prazo de 30 (trinta) dias (...) em consonância com a avaliação de risco da CTNBio, bem como com o parecer contido na sua decisão técnica”.	Efeitos ambientais e de saúde decorrentes do plantio em escala e do consumo de produtos permanecem desconhecidos; o eventual aparecimento de doenças não poderá ser rastreado.
Portaria MCT 373/2011	Altera regimento interno da CTNBio por força de sentença judicial – passa a permitir a concessão de sigilo a documentos inteiros – no lugar de informações de interesses comerciais – submetidos pelas empresas requerente; membros da Comissão passam a ser obrigados a assinar termo de confidencialidade	Prejuízo à transparência e à participação pública nos processos decisórios em afronta a princípios constitucionais da administração pública; dificulta produção científica independente acerca dos processos decisórios ¹ .
Resolução Normativa 15/2015	Aprovação automática de OGMs com eventos piramidados – “A decisão favorável à liberação comercial de Organismo Geneticamente Modificado - OGM que contenha mais de um evento, combinados através de melhoramento genético clássico, cujos eventos individuais tenham sido previamente aprovados para liberação comercial pela CTNBio, aplicar-se-á às combinações possíveis dos eventos individuais, conforme solicitado pela requerente”.	Sementes não testadas serão liberadas automaticamente, dado que genes acumulados numa mesma planta não se comportam da mesma forma como se estivessem isolados; dificulta monitoramento de impactos; prejuízo da informação pública.

Quadro 4

Resumo do status desregulatório dos OGMs no Brasil: medidas de dispensa ou flexibilizadoras aprovadas pela CTNBio entre 2005 e 2018

Norma	Medida flexibilizadora ou de dispensa	Efeito
Resolução Normativa 16/2018	Dispensa TIMPs de avaliação de risco – “De forma a determinar se o produto obtido por TIMP será ou não considerado um OGM e seus derivados, nos termos do art. 3º da Lei 11.105, de 2005, a requerente deverá apresentar consulta à CTNBio”	Os produtos produzidos a partir de TIMPs podem ficar à margem da regulação jurídica, podendo ser aprovadas para pesquisa, utilização e comércio sem qualquer segurança BITTENCOURT, Frigo e Torres, ISAGUIRRE, 2019. Rotulagem e monitoramento de impactos podem ficar inviabilizados.

1 Como parte da pesquisa realizada para a elaboração desta documento foram solicitadas via Sistema Eletrônico do Serviço de Informações ao Cidadão (e-SIC) a degravação de duas reuniões plenárias da CTNBio. A resposta recebida foi: “as gravações das Reuniões Ordinárias não podem ser fornecidas, pois contém todas as falas dos participantes e, por isso, podem conter informações sigilosas, de interesse comercial das instituições requerentes (inciso XIX da Lei n. 11.105/2005). Apesar de todas as reuniões da CTNBio serem públicas, a discussão de processos que contenham informações consideradas sigilosas se dá em recinto fechado (art. 44-A do Regimento Interno da CTNBio, disponível em <http://ctnbio.mcti.gov.br/regimento-interno-da-ctnbio>) a fim de resguardar sua confidencialidade (art. 35 do Decreto 5591/2005). Como a degravação contém tudo o que foi discutido também contém as informações sigilosas.”

Mas nem todos os países seguem essa mesma direção. A União Europeia já criou precedente com referência ao status legal das NBTs. Em 2018 a Corte de Justiça Europeia (ECJ) determinou que os organismos obtidos por técnicas de mutagênese dirigida (como são as técnicas de edição de DNA) são OGMs (ver Quadro 3). Assim, os produtos da edição de genes foram praticamente equiparados aos OGMs, quando determinou também a avaliação de risco extensiva antes do cultivo e venda dos produtos comerciais. Há, no entanto, países que não têm normas específicas como os Estados Unidos, em que tanto a transformação genética, quanto a edição de genes são consideradas equivalentes ao melhoramento genético clássico e não necessitam de avaliação de risco (Dr. Rubens Nodari, comunicação pessoal, 18/02/2019). O Brasil parece seguir o modelo norte-americano de desregulação, embora volume significativo de sua exportação de produtos agropecuários tenha como destino países da União Europeia.

Há, dessa forma, autores que defendem que o controle sobre o desenvolvimento e o uso de organismos gerados a partir de TIMPs seja ainda mais estrito que aquele aplicado para os OGMs porque, diferentemente destes, organismos que carregam *gene drives* são desenhados para se mover para além das fronteiras nacionais (ARAKI; NOJIMA; ISHII, 2014; AGAPITO-TENFEN, 2016; OYE et al., 2014; COBB, 2016; STEINBRECHER, 2015). Além disso, como os *gene drives* rapidamente espalham modificações genéticas para populações animais, eles têm o potencial de alterar espécies inteiras e eliminar doenças como a malária (NATURE, 2017). O sistema Crispr de edição de genes usado nos impulsores genéticos emprega a enzima Cas9 para cortar o DNA em um local específico, que tentará então ser religado pela célula. Nem sempre esses mecanismos de reparação do DNA funcionam perfeitamente podendo ocasionar que alguma vez o segmento de DNA será deletado ou rearranjado ou ainda que unidades não relacionadas de DNA se incorporarão ao cromossomo (LEDFORD, 2018).

A própria Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos (NAS) divulgou relatório apontando um conjunto de preocupações com relação ao desenvolvimento de TIMPs. Entre os destaques estão os potenciais efeitos irreversíveis que esses organismos modificados podem ocasionar sobre todo um ecossistema e a possibilidade de que os impulsores genéticos possam se mover de uma espécie para outra (DAVIS, 2016).

Porque TIMPs são OGMs

Considerar que os organismos e produtos derivados das chamadas novas biotecnologias ou técnicas de edição de genomas não são organismos geneticamente modificados é posição que carece de fundamento científico e jurídico.

Do ponto de vista técnico

“Tudo depende do que é mudado, e não como” (Dr. Odd-Gunnar Wikmar, comunicação pessoal, 18/02/2019). Ou seja, a questão determinante do ponto de vista da biossegurança não é o processo de mo-

dificação adotado nem se esta será ou não identificável ou se estará no produto final. Com base nesse argumento da ausência ou da não detecção dos genes modificados é que foram apresentados projetos de lei propondo o fim da rotulagem de transgênicos nos produtos em que o DNA modificado não pode ser detectado (óleo de soja, por exemplo). É também com base na composição do produto final que muitos processos de avaliação de risco de OGMs adotam o conceito pseudocientífico da equivalência substancial (MILLSTONE; BRUNNER; MAYER, 1999).

Do ponto de vista da regulação, da avaliação de risco e da informação pública importa saber quais funções do organismo foram modificadas (intencional ou não-intencionalmente) e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente. A adoção da abordagem baseada na função alterada é a que define risco em termos da habilidade de se influenciar qualquer componente biológico, cuja perda seria suficiente para causar danos em humanos ou outras espécies (OYE et al., 2014).

Segundo seus proponentes, a segurança das novas técnicas de edição do genoma baseia-se em duas premissas: (i) mudanças ocorrem somente nos locais desejados; e (ii) somente ocorrem mudanças intencionais, ou seja, as mesmas premissas usadas para se alegar a segurança dos transgênicos.

A moderna biotecnologia – termo que já era usado para situar a origem dos transgênicos – altera o material genético desses organismos em laboratório para lhes conferir novas propriedades ou características (*traits*, no inglês). Como parte integrante da moderna biotecnologia, as novas técnicas de edição de genes, embora possam alterar o genoma *in vivo*, também utilizam as técnicas de modificação de DNA/RNA em ambiente controlado (*in vitro*) empregadas no desenvolvimento de transgênicos (DNA recombinante, bombardeamento de partículas e transformação via *Agrobacterium*) (TRANS ATLANTIC CONSUMER DIALOGUE, 2016; AGAPITO-TENFEN, 2016).

Os genes desenhados para aplicação via ZFNs são introduzidos nas plantas pela engenharia genética padrão dos OGMs, fazendo com que o organismo em questão seja também um OGM, ao menos nessa etapa de seu desenvolvimento. Uma vez que as proteínas ZFN foram expres-

sadas, serão selecionadas as linhagens de plantas que não carregam as proteínas ZFN. Assim como as técnicas ZFN, TALENs, meganucleases, oligonucleases e CRISPR/Cas visam promover modificações deliberadas na composição genética de um organismo e são técnicas de laboratório sujeitas a efeitos *off target* e efeitos não intencionais que podem emergir dos processos de engenharia genética (STEINBRECHER, 2015).

Do ponto de vista legal

As TIMPs se enquadram na definição de transgênicos tanto na legislação nacional como nos acordos internacionais. Como visto acima, a lei brasileira de biossegurança define como organismo geneticamente modificado (OGM) o “organismo cujo material genético – ADN/ARN tenha sido modificado por qualquer técnica de engenharia genética”, sendo engenharia genética, ainda conforme a lei, “a atividade de produção e manipulação de moléculas de ADN/ARN recombinante”. Daí entende-se que qualquer novo organismo oriundo da manipulação de moléculas de DNA ou RNA no contexto das TIMPs deve ser entendido e regulado como um OGM.

A mesma lei (Art. 3, inciso III) estabelece que organismos oriundos de TIMPs que utilizaram moléculas sintéticas de DNA ou RNA são OGMs. “Também não importa o tamanho da modificação ou do rearranjo, se uma base inserida ou deletada ou milhares delas misturadas (*gene shuffling*), com parte delas substituídas, continua no âmbito da definição legal de OGM (Dr. Rubens Nodari, comunicação pessoal, 18/02/2019).



Foto: Marcos Oliveira/Agência Senado

Tramita no Congresso uma alteração na Lei de Biossegurança que obrigava os produtores de alimentos de informar ao consumidor sobre a presença de componentes transgênicos.

A CTNBio, não obstante, usou de seus poderes normativos e editou a Resolução Normativa 16/2018 que fixa critérios para “determinar se o produto obtido por TIMP será ou não considerado um OGM e seus derivados”, abrindo, assim, possibilidade de isentar TIMPs da avaliação prévia de risco, rotulagem e monitoramento pós-liberação comercial.

Juristas que avaliaram a norma entendem que O perigo jurídico da resolução é que a mesma pode excluir as novas tecnologias das medidas de segurança e controle previstas na Lei nº 11.105/2005. Isto porque segundo a resolução, tais técnicas diferem da estratégia de engenharia genética por transgenia, por resultar na ausência de ADN/ARN recombinante no produto final (FRIGO; BITTENCOURT; ISAGUIRRE-TORRES, 2019).

No âmbito da legislação internacional, o Brasil é parte tanto da Convenção sobre Diversidade Biológica da Organização das Nações Unidas como de seu Protocolo de Cartagena de Biossegurança. O Protocolo trabalha com o conceito de organismo vivo modificado (OVM; Art. 3 (a)), que é “qualquer organismo vivo que possua uma combinação de material genético inédito obtida por meio do uso da biotecnologia moderna”. Biotecnologia moderna, por sua vez é definida no Protocolo (Art. 3 (i)) como “a aplicação de (a) técnicas *in vitro* de ácido nucleico, incluindo DNA recombinante e injeção direta de ácidos nucleicos em células e organelas ou (b) a fusão de células de organismos que não pertencem à mesma família taxonômica, que superem as barreiras naturais da fisiologia da reprodução ou da recombinação e que não sejam técnicas utilizadas na reprodução e seleção tradicionais”. É possível, assim, concluir que a definição de OVM acordada no âmbito internacional por 198 países foi deixada intencionalmente aberta para manter sua relevância exatamente diante de desenvolvimentos futuros (AGAPITO-TENFEN et al., 2018).

O que dizem os especialistas

Cinco especialistas foram consultados com o objetivo de se conhecer as diferentes visões que estão em jogo com respeito à classificação de TIMPs/NBTs como OGMs e ao enquadramento dessas novas tecnologias nas regulamentações de biossegurança.

Quadro 5

Opiniões de cinco especialistas sobre a definição de TIMPs e sobre a necessidade de regulação da técnica

Especialista consultado

Pergunta 01

Na sua opinião, as chamadas novas biotecnologias geram organismos geneticamente modificados? Em função disso, acredita que os produtos derivados das NBTs devem ser rotulados para informação ao consumidor e regulados pela Lei de Biossegurança e afins?

Dra. Lim Li Ching, pesquisadora sênior do Third World Network

Na minha opinião, as chamadas NBTs, ou técnicas de edição do genoma, sim geram organismos geneticamente modificados. Em particular, uma leitura atenta das várias definições tanto da Convenção da Diversidade Biológica como do Protocolo de Cartagena sobre biossegurança mostra que tais técnicas são de fato cobertas por esses instrumentos legais internacionais. Dessa forma, os organismos e produtos derivados de NBTs devem ser regulados pelas legislações de biossegurança e rotulados para informação do consumidor.

Dr. Odd-Gunnar Wikmar, pesquisador do GenØk Center for Biosafety/ Universidade de Tromsø, Noruega

Na Europa (UE) e na Noruega NBTs são definidas como OGMs pela Corte de Justiça. Essa definição não está em questão e ela só pode ser derrubada se houver uma mudança na lei/diretiva. Isso evidentemente pode acontecer, mas, a partir de agora, tudo que for feito com intervenção humana (biotecnologia) é um OGM. Por lei, todo OGM deve ser rotulado. Eu pessoalmente concordo com a decisão da Justiça e que as NBTs devem ser classificadas como OGMs, com suficientes testes de segurança (avaliação de risco) e rotulagem. Os direitos dos consumidores não devem ser negligenciados.

Pergunta 02

Não é de se esperar que os produtos das NBTs possam também gerar efeitos adversos e/ou imprevisíveis e que as avaliações prévias de risco teriam assim um papel a cumprir no licenciamento desses novos produtos?

Estudos recentes mostram que técnicas de edição de genomas amplamente utilizadas induzem efeitos não previstos e não intencionais como uma parte inerente do processo de edição do genoma. Esses podem ser tanto efeitos fora do alvo (off-target) como também alterações genéticas não intencionais na região alvo (target site). Apesar do crescente número de aplicações sendo desenvolvidas e outras tantas previstas, essas técnicas estão na sua infância e ainda permanecem lacunas críticas no conhecimento sobre seus potenciais efeitos não intencionais. Nesse sentido, há clara necessidade de regulação própria e de que sejam realizadas avaliações de risco obrigatórias prévias à autorização para que esses produtos com genomas editados no mercado cheguem aos mercados.

Concordo que as evidências de dano ambiental estão provadas para além das dúvidas. A questão da saúde humana é mais controversa. Embora os estudos possam estar certos, eles são duramente contestados por outros – o resultado desse debate ainda está por ser determinado. Mas concordo que não há razão para se pensar que os novos OGMs (NBTs) não produzirão danos ambientais. Tudo dependerá de como eles serão cultivados e testados, o que de novo aponta para a regulação. Sem regulação e sem testes ninguém nunca saberá os efeitos. As regulações moldam e asseguram um bom desenvolvimento de produtos. Nós, como sociedade, devemos garantir essa segurança.

Quadro 5	Opiniões de cinco especialistas sobre a definição de TIMPs e sobre a necessidade de regulação da técnica	
Especialista consultado	Pergunta 01 Na sua opinião, as chamadas novas biotecnologias geram organismos geneticamente modificados? Em função disso, acredita que os produtos derivados das NBTs devem ser rotulados para informação ao consumidor e regulados pela Lei de Biossegurança e afins?	Pergunta 02 Não é de se esperar que os produtos das NBTs posam também gerar efeitos adversos e/ou imprevisíveis e que as avaliações prévias de risco teriam assim um papel a cumprir no licenciamento desses novos produtos?
Dr. Rubens Nodari , professor titular da Universidade Federal de Santa Catarina	A Lei de Biossegurança define OGM como “organismo cujo material genético – ADN/ARN tenha sido modificado por qualquer técnica de engenharia genética” e engenharia genética como “atividade de produção e manipulação de moléculas de ADN/ARN recombinante” ¹ . Neste contexto, qualquer novo organismo oriundo da manipulação de moléculas de DNA ou RNA, no âmbito do que vem sendo chamado novas biotecnologias deve ser legalmente enquadrado como tal. Para manipular DNA ou RNA recombinante, qualquer pessoa jurídica necessita criar uma Comissão Interna de Biossegurança (CIBio) e obter o Certificado de Qualidade em Biossegurança (CQB) ² . Sem eles, todo o empreendimento está fora da lei. Assim, qualquer uma das novas biotecnologias que manipular DNA ou RNA recombinante necessita entrar no sistema legal brasileiro.	Considerando ainda se tratar de uma tecnologia experimental, é plenamente possível ocorrer reações bioquímicas não intencionais. Além disso, os organismos oriundos dessas técnicas de edição de genes podem proporcionar alterações em muitas sequências, intencionais ou mesmo em aquelas não esperadas, podendo produzir novas proteínas, como ocorreu com os OGMs. Estas novas proteínas ou metabólitos podem ser tóxicos ou alergênicos. No caso da utilização de OGMs e derivados na alimentação humana, os efeitos científicos não previstos já comprovados foram surpreendentes, causando alterações bioquímicas e falhas fisiológicas nos consumidores e provocaram alterações diversas no meio ambiente. Considerando que os OGMs trouxeram muitíssimos mais riscos e alterações não intencionais do que previamente imaginadas, como prever riscos com uma ou distintas modificações simultâneas? Como exemplo, estudos de edição de genes em ratos já identificaram que aproximadamente um terço das mudanças provocadas no genoma não eram previstas. Dois aspectos, entre outros, dificultam ou mesmo impossibilitam prever, e provavelmente, como testar a um custo/benefício razoável as incertezas geradas pelo uso das novas biotecnologias: o estado do conhecimento científico a persistente teimosia da indústria e seus defensores de avaliar os riscos de médio e longo prazo de seus produtos. Desta forma, não resta outra alternativa a não ser o uso do Princípio da Precaução.

1 Lei 11.105/2005, Art. 3, inciso V e IV, respectivamente (BRASIL, 2005a).

2 Decreto nº 5.591/2005, Art. 61 e Art. 45, respectivamente (BRASIL, 2005b); Resolução Normativa n.1 da CTNBio, de 20 de junho de 2006. Disponível em: <<http://ctnbio.mcti.gov.br/inicio>>. Acesso: 18/02/2019.

Quadro 5

Opiniões de cinco especialistas sobre a definição de TIMPs e sobre a necessidade de regulação da técnica

Especialista consultado

Dra. Adriana Brondani, diretora-executiva do Conselho de Informações sobre Biotecnologia – CIB

Pergunta 01

Na sua opinião, as chamadas novas biotecnologias geram organismos geneticamente modificados? Em função disso, acredita que os produtos derivados das NBTs devem ser rotulados para informação ao consumidor e regulados pela Lei de Biossegurança e afins?

As New Breeding Technologies (NBTs) – ou Técnicas Inovadoras de Melhoramento de Previsão (TIMPs) – podem ou não ser OGMs. Se o produto final tiver fragmentos de DNA/RNA exógeno, será considerado um OGM. Por outro lado, em situações em que o produto final não apresentar DNA/RNA exógeno, não será considerado um OGM. Nos casos em que o produto for considerado um OGM, ele deverá ser rotulado de acordo com decisão do Tribunal Regional Federal 1 (2016) sobre a matéria. É importante ressaltar, entretanto, que a rotulagem não tem relação com a biossegurança, mas sim com o direito à informação.

Pergunta 02

Não é de se esperar que os produtos das NBTs possam também gerar efeitos adversos e/ou imprevisíveis e que as avaliações prévias de risco teriam assim um papel a cumprir no licenciamento desses novos produtos?

É importante começar dizendo que existe um número muito grande de estudos que mostram que não há qualquer evidência científica de que a adoção de culturas GM cause mal à saúde humana, animal ou ao meio ambiente. Um exemplo de relatório recente (2016) é o da Academia Nacional de Ciências, Engenharia e Medicina dos Estados Unidos (NA-SEM), que analisou mais de mil publicações científicas sobre OGMs, ouviu mais de 80 manifestações em audiências públicas e seminários e analisou mais de 700 comentários enviados pela população. O texto afirma que os especialistas não encontraram diferenças que apontem para um maior risco dos alimentos transgênicos quando comparados com variedades convencionais. Dado que na ciência o acúmulo de evidências é essencial para a construção dos argumentos, é possível afirmar que essas tecnologias são seguras. Isso porque os estudos que mostram que os alimentos transgênicos são tão seguros quanto os convencionais é imensamente maior do que os poucos que apontam o contrário. No Brasil, se um produto desenvolvido por TIMP for considerado um OGM, ele passará por toda avaliação de risco conforme determina a lei 11.105/05. Nesse processo, se forem constatados efeitos adversos, ele não será aprovado e não chegará ao mercado.

Quadro 5	Opiniões de cinco especialistas sobre a definição de TIMPs e sobre a necessidade de regulação da técnica	
Especialista consultado	Pergunta 01 Na sua opinião, as chamadas novas biotecnologias geram organismos geneticamente modificados? Em função disso, acredita que os produtos derivados das NBTs devem ser rotulados para informação ao consumidor e regulados pela Lei de Biossegurança e afins?	Pergunta 02 Não é de se esperar que os produtos das NBTs posam também gerar efeitos adversos e/ou imprevisíveis e que as avaliações prévias de risco teriam assim um papel a cumprir no licenciamento desses novos produtos?
Dra. Maria Sueli Soares Felipe, presidente da CTNBio	As novas tecnologias de melhoramento (NBTs) podem gerar organismos geneticamente modificados ou não. A CTNBio avaliará todos os produtos gerados com as NBTs para estabelecer seu enquadramento ante a definição legal da Lei de Biossegurança. Se a conclusão for de que se trata de um organismo geneticamente modificado, o produto será avaliado como estabelecido nas normas aplicáveis ao OGM em questão. Os aspectos específicos da rotulagem devem ser esclarecidos no Ministério da Justiça, que regulamenta a questão.	As avaliações de biossegurança em plantas realizadas pela CTNBio não evidenciaram os problemas relatados acima. Os riscos avaliados pela CTNBio seguem os padrões estabelecidos na literatura internacional e nas avaliações realizadas pelas principais agências de avaliação de risco do mundo. Aqueles produtos das NBTs, considerados como OGMs, serão também avaliados caso a caso, considerando os mesmos padrões de biossegurança.

Há sim com o que se preocupar, mas também há muita coisa para fazer

Como visto acima a partir do caso brasileiro, as respostas dos governos diante dos impactos causados pelo uso massivo das tecnologias geradas no interior do modelo agroalimentar dominante podem ser a de afrouxar as regras e as medidas de controle, tornando as regulações ainda menos responsivas ou precaucionárias do ponto de vista das saúde e do meio ambiente (ver Quadro 4). Talvez seja por isso que boa parte das recomendações produzidas tanto por pesquisadores como por organizações da sociedade civil estejam concentradas (ou restritas) em demandar mais regulamentação. Assim, renova-se, de alguma forma, a aposta na ação do Estado para regular um modelo desenvolvido no âmbito da globalização neoliberal, que prega a redução da ação do Estado e a desregulação.

Uma articulação entre organizações de consumidores europeus e norte-americanos apresentou sete recomendações para controle das TIMPs (TRANS ATLANTIC CONSUMER DIALOGUE, 2016):

- i** regular produtos das TIMPs como OGMs;
- ii** fortalecer sistemas regulatórios incluindo estudos prévios de impacto à saúde humana;
- iii** desenvolver sistemas rigorosos de estudos prévios de impacto ambiental e de monitoramento pós-comercialização;
- iv** adotar rotulagem obrigatória para todos os produtos usando TIMPs;
- vi** adotar e colocar em vigor regras estritas de responsabilização corporativa;
- vi** estabelecer e manter sistemas para assegurar que sigam disponíveis ofertas de ingredientes não - GM de identidade preservada; e
- vii** considerar integralmente o bem-estar de animais modificados.

Estas são sem dúvidas medidas necessárias, mas é importante considerar que os itens ii a vi acima são medidas demandadas há décadas para a regulação de transgênicos (Ver a esse respeito: CONSEA, 2013).

Outras propostas de regulação do uso das novas tecnologias de edição do genoma também partiram dos próprios pesquisadores.

Entendendo que o assunto é importante demais para ser deixado nas mãos de *start-ups* de biotecnologia ou dos cientistas, Cobb (2016) defende que o único modo sustentável e seguro de se aplicar essa tecnologia potencialmente transformadora é envolver regulações internacionais baseadas em estudos criteriosos e num contínuo monitoramento ecológico, casados com o direito de veto das comunidades locais. Talvez reconhecendo a fragilidade dos governos nacionais para lidar isoladamente com o poderio econômico por trás dessas tecnolo-



Espigas de diferentes variedades de milho crioulo. Mandirituba, PR

gias, argumenta estarmos diante de uma tarefa urgente que deve ser assumida o quanto antes por uma estrutura estabelecida como a das Nações Unidas (COBB, 2016).

Um tempo de espera para os testes e liberação dessas tecnologias emergentes até que se definam seus conceitos e aplicações também foi medida defendida por pesquisadores entendendo tratar-se de processos que afetam bens comuns globais e que demandam discussão pública sobre sua segurança, seus aspectos ambientais e pesquisa em áreas onde ainda há vazios de informação. Esse tempo de espera permitiria ainda adaptação de regulações e, principalmente, um amplo, inclusivo e bem informado processo de discussão pública para determinar se, quando e como os impulsores genéticos devem ser usados.

Numa proposta mais claramente ancorada no Princípio de Precaução e na participação social, Oye e colaboradores (2014) propõem dez passos para a regulação da pesquisa, desenvolvimento e uso de impulsores genéticos, resumidas a seguir (OYE et al., 2014):

- i A eficácia de impulsores de reversão deve ser avaliada previamente a suas primeiras liberações a campo.

- ii Estudos de longo prazo devem avaliar os efeitos do uso de impulsores sobre a diversidade genética de populações-alvo, dado que essas aplicações podem gerar efeitos duradouros resultado de vantagens adaptativas ou outras mudanças.
- iii Pesquisas sobre as funções e a segurança dos impulsores devem usar níveis múltiplos de contenção molecular para reduzir o risco de escape durante a fase de testes.
- iv Os testes iniciais de impulsores com capacidade de se espalhar através de populações silvestres não devem ser realizados em áreas geográficas de ocorrência da espécie alvo.
- v Todos impulsores capazes de se espalhar por populações silvestres devem ser construídos e testados em conjunto com seus impulsores de reversão.
- vi Uma rede de micro e mesocosmos deve ser desenvolvida para testar TIMPs em instalações confinadas.
- vii A presença ou prevalência de impulsores deve ser monitorada por sequenciamento genético de amostras do ambiente.
- viii Dado que os efeitos dependem principalmente das espécies e da mudança no genoma e não do mecanismo impulsor, estes devem ser avaliados caso a caso.
- ix Para a avaliação de usos potencialmente danosos de impulsores, equipes multidisciplinares devem ser desafiadas a desenvolver cenários de maus usos deliberados.
- x Avaliações integradas de risco-benefício informadas pelas ações acima recomendadas deveriam ser conduzidas para se determinar se e como proceder com propostas de aplicação de impulsores genéticos.

Outro conjunto de propostas foi elaborado por um grupo formado por 26 pesquisadores que trabalham com técnicas de edição de genoma e que publicou artigo no qual enfatizam a perda de controle que

podem advir do escape de insetos ou de outros animais desenvolvidos e testados em laboratórios ou em outras estruturas de confinamento. Os autores avançam no debate sobre a regulamentação das novas biotecnologias ao colocar em questão os usos dados aos impulsores genéticos, recomendando que “as abordagens que utilizam impulsores genéticos para a edição do genoma sejam reservadas estritamente aos casos que requerem seu uso”.

Embora considerem extremamente baixa a probabilidade de ocorrer um escape desses, e comprometidos com o desenvolvimento seguro e responsável da tecnologia dos impulsores genéticos, Akbari e colaboradores (2015) também propuseram algumas recomendações voltadas mais especificamente para os experimentos em laboratórios ou outras formas de confinamento (AKBARI et al., 2015):

- i qualquer trabalho envolvendo potenciais sistemas de impulsores genéticos deve ser precedido por minuciosa avaliação de risco de escapes do laboratório;
- ii todo experimento de laboratório com impulsores genéticos deve empregar pelo menos duas estratégias rigorosas de confinamento; e
- iii organismos nos seus estágios reprodutivos que carregam impulsores genéticos não devem ser transportados para outras instituições até que diretrizes oficiais de biossegurança sejam implementadas.

Há também iniciativas vindas do lado das entidades que patrocinam o desenvolvimento dessas tecnologias. Um grupo de instituições financiadoras de pesquisas lançou a proposta de um “guia de princípios” para a pesquisa com impulsores genéticos (EMERSON et al., 2017). A iniciativa visa estabelecer um “padrão consensual” de boas práticas que ajude a estabelecer confiança no desenvolvimento dos impulsores genéticos. Para tanto propõem um trabalho permanente com atores e agências relevantes de forma a garantir o progresso, a eficiência e uma estrutura comum voltada para o avanço desse campo. A iniciativa tem como um de seus patrocinadores a Fundação Bill e Melinda Gates, que investe significativamente na tecnologia e já reuniu adesões de outras treze organizações.

São cinco os princípios – redigidos em termos um tanto vagos – a partir dos quais a iniciativa se organiza:

- 1 avançar com a ciência de qualidade para promover o bem público;
- 2 promover a gestão, a segurança e a boa governança;
- 3 demonstrar transparência e responsabilidade;
- 4 envolver-se cuidadosamente com as comunidades, partes interessadas e públicos afetados; e
- 5 promover oportunidades para fortalecer capacidades e a educação.

No geral, essas propostas e recomendações de regulação das novas biotecnologias, e em especial dos impulsores genético, atentam mais para a questão da biodiversidade e acabam por deixar de lado outras frentes onde a tecnologia pode ser utilizada: militarização, comercialização e segurança alimentar (THOMAS, 2016).

Há ainda o aspecto do controle corporativo sobre a tecnologia e os efeitos em cadeia que isso pode ocasionar. Os principais pedidos de patente envolvendo impulsores genéticos incluem uma longa lista de quase 200 herbicidas e 50 plantas espontâneas (daninhas). Impulsores genéticos poderiam reverter a resistência a herbicidas desenvolvida



Foto: Gabriel Bianconi Fernandes

Plantio de café consorciado com feijão, Araponga, MG

nessas plantas que competem com as lavouras. Essa aplicação poderia, por um lado, dar nova vida útil a herbicidas que perderam eficiência nos sistemas *Roundup Ready* de cultivo de sementes transgênicas, mas poderia também, por outro lado, colocar em risco um sem número de plantas alimentícias e suas parentes silvestres, muitas das quais consideradas “daninhas” na agricultura convencional. Apenas a patente sobre o sistema Crispr envolve uma disputa de 265 milhões de dólares, mais de 1 bilhão de reais (MAGALHÃES, 2019).

Essas diferentes manifestações reforçam a visão de que não está em jogo se as TIMPs devem ou não ser reguladas, mas sim, como. Um caminho indicado é a adaptação das normas já existentes para OGMs (AGAPITO-TENFEN et al., 2018) entre elas:

- i análise da planta inteira;
- ii incluir análise de toxinas e antitoxinas; e
- iii questionar a validade da abordagem baseada na equivalência substancial.

Os três pontos acima foram destacados porque são etapas propostas para análise de risco já presentes nos debates sobre a regulação de organismos transgênicos na década de 1990 e início dos anos 2000. Já havia à época evidências suficientes para se argumentar pela necessidade da inclusão dessas metodologias na avaliação de risco de organismos transgênicos. O fato de medidas como (i) a (iii) estarem agora sendo propostas como forma de se adaptar para as TIMPs os processos regulatórios aplicados até então aos OGMs é por si só um indicativo de que estes são falhos e incompletos em vários aspectos. A conclusão que disso se deve tirar é que embora a proposta de adaptação das regras atuais seja pertinente face à emergência das TIMPs, ela não pode ser interpretada como medida avalizadora dos processos existentes de regulação de OGMs. Antes disso, **deve-se enfatizar que esses processos são no geral reducionistas, falhos, cientificamente questionáveis, sujeitos a influências de governos e empresas, pouco transparentes e com baixa participação pública.** Não obstante, uma vez aprovados e implementados, esses processos podem ainda ser submetidos a medidas de flexibilização.

Em suma, pode-se concluir que as tecnologias de edição de genes devem ser reguladas e a proposta de adaptação das normas para OGMs (p. ex. a partir dos enunciados acima), para além de controlar as diferentes formas de pesquisa e uso das TIMPs, deve, antes de mais nada, ser uma oportunidade para se aperfeiçoar as regulações de biossegurança aplicadas aos organismos transgênicos já comercializados. Por terem a possibilidade de não apresentar em seus genomas a edição genética a que foram submetidos, o monitoramento desses novos organismos na natureza ou no mercado é ainda bem mais complexo que no caso dos OGMs atuais e requer medidas específicas. Como proteger as sementes crioulas de um tipo de contaminação ao que tudo indica impossível de ser rastreada? Muitas das medidas propostas para a regulação de TIMPs devem ser entendidas como medidas de aperfeiçoamento das normas válidas para OGMs e aplicada sobre eles também.

Importante lembrar que desde os agrotóxicos, passando pelas sementes híbridas, transgênicas e agora pelas as novas biotecnologias, é o mesmo modelo que está em questão. As sementes transgênicas resistentes a herbicidas ilustram bem que essas tecnologias-mercadorias se complementam, e não se substituem. Tanto é assim que um dos usos pensados para os impulsores genéticos é tentar reverter a resistência a herbicidas desenvolvida em plantas espontâneas. Só no Brasil são mais de 50 milhões de hectares cultivados com sementes geneticamente modificadas, que inclui quase a totalidade do milho e da soja produzidos comercialmente e mais da metade do algodão e quase 1 bilhão de litros de agrotóxicos. Apenas regular TIMPs como OGMs é aceitar que essas novas tecnologias continuarão servindo para intensificar o modelo industrial de agricultura, o avanço da fronteira agrícola e os conflitos por terra associados; é aceitar que quatro empresas controlem mais de 60% do mercado de sementes; é aceitar o consumo desenfreado de agrotóxicos e a contaminação dos alimentos e das sementes crioulas.

Da ciência descontextualizada à pluralidade científica

Novas biotecnologias e velhos agrotóxicos se combinam para reforçar o modelo agroalimentar dominante. Seu progresso está ligado ao desenvolvimento tecnológico e nada indica que por si só seus fundamentos serão alterados. Parte significativa desse processo é susten-

tada pela pesquisa pública, que as corporações conseguiram moldar conforme seus próprios interesses de forma que a escolha dos problemas e a forma como as soluções para estes são transformadas em tecnologias que retroalimentam o modelo (KLOPPENBURG, 1991).

Essa ciência, que goza de ampla legitimidade na sociedade, é a ciência que informa os processos de regulação dos agrotóxicos, dos transgênicos e, agora, também das novas técnicas de edição de genes. É também a ciência que pode ser usada para legitimar os movimentos de desregulação dessas tecnologias e de seus usos. É ainda, e não menos importante, a ciência que pode ser usada para deslegitimar os movimentos de construção de alternativas ao sistema agroalimentar dominante. Daí conclui-se que são evidentes os limites que os sistemas atuais de regulação podem apresentar quando examinados desde a perspectiva da soberania alimentar e da justiça social.

Entender e buscar influenciar esses sistemas são ações necessárias, e ainda são opção melhor do que um estado de anomia, mas qualquer avanço mais significativo no sentido de realizar a perspectiva aqui colocada passa pela discussão sobre os valores da prática científica que lhes sustenta e sobre suas alternativas. Isso significa compreender **que** *A naturalização desse modelo e a aceitação de seus impactos passa pela construção deliberada da ideia de que não há alternativas viáveis ao atual modelo.* Essa outra questão chave aqui colocada expõe uma contradição do nosso tempo, uma vez que as evidências de que as pesquisas científicas atuais não confirmam a não-existência de alternativas são cada vez maiores. A alegação de que não há alternativas não reflete conhecimento científico, mas sim poder econômico (LACEY, 2007, 2015).

Nesse sentido, qualquer tentativa de superar o enquadramento a que é confinado o debate sobre as tecnologias dominantes requer questionar a forma como é concebida e praticada a ciência que lhe dá suporte. Assim, “a crítica dirige-se não só às prioridades estabelecidas para a pesquisa, mas também para a validade e a utilidade das metodologias empregadas e da constituição epistêmica da produção do conhecimento em si” (KLOPPENBURG, 1991).

Ou seja, o crescimento da ciência no interesse privado justifica a discussão sobre sua conduta. São três os valores caros à prática cientí-

fica: objetividade (imparcialidade), neutralidade e autonomia (LACEY, 2003, 2006), abaixo resumidos.

- **objetividade (imparcialidade):** somente dados empíricos e critérios apropriados devem ser relevantes para avaliar/confirmar teorias e hipóteses científicas;
- **neutralidade:** valores e juízos éticos não podem ser inferidos de resultados científicos confirmados; e
- **autonomia:** as instituições científicas não devem ser sobrecarregadas com interesses extra científicos, especialmente aqueles dos poderes hegemônicos.

Esses três critérios devem operar dentro de uma estratégia de pesquisa científica composta, por sua vez, por três momentos-chave nos quais escolhas devem ser feitas lançando-se mão tanto de valores cognitivos (vc) como de valores sociais (vs):

- dotar uma estratégia (vc-vs)
- aceitar teorias (vc)
- aplicar o conhecimento científico (vc-vs)

O ideal da objetividade/imparcialidade é garantido pela não incidência sobre ele de valores sociais. Para Lacey (2003), “A distinção entre valores cognitivos e valores sociais é necessária para apoiar a visão de que o conhecimento científico imparcial pode ser o resultado de um processo influenciado por valores sociais”.

Uma dada prática científica estará mais próxima do ideal da neutralidade na medida em que seus resultados servirem equitativamente a projetos diferentes que manifestam perspectivas éticas viáveis – e não só aqueles orientados pelo capital ou pelo financiador da pesquisa (os resultados de pesquisas com transgênicos apresentam alguma utilidade para a Agroecologia? O contrário é mais fácil de se imaginar). Lido de outra maneira, isso significa dizer que As novas tecnologias, sejam elas químicas ou genéticas, respondem a demandas do modelo agroalimentar dominante e não têm lugar fora dele na perspectiva da soberania alimentar.



IV Encontro Nacional de Agroecologia (ENA) - junho de 2018

Pela breve descrição acima vê-se que a prática científica (objetiva, neutra e autônoma) comporta tanto valores cognitivos como valores sociais. Mas antes de chegar a um modelo de ciência que aspira à soberania alimentar e à justiça social, é necessário ver algumas características daquilo que se pode chamar de pesquisa descontextualizada.

Em primeiro lugar deve-se ter em mente que os riscos e as alternativas são dependentes do contexto. Lacey (2006) argumenta que a pesquisa feita exclusivamente sob abordagens descontextualizadas é o que caracteriza a ciência reducionista, entendendo que a abordagem descontextualizada é aquela que dissocia as dimensões ecológica, social, cultural e econômica do fenômeno estudado. Outras de suas marcas podem ser a restrição a teorias aceitas e a restrição a critérios para selecionar dados empíricos relevantes, comprometendo, neste caso, o ideal da objetividade. Pesquisas com essas características dão origem a inovações tecnocientíficas, que têm sido o instrumento da transformação do mundo e do poder a ele associado.

Dizer isso não significa negar a contribuição histórica da pesquisa descontextualizada nem negar que esta continuará tendo seu papel no

progresso da humanidade. Ocorre que justamente por sua estratégia dissociativa ela não pode oferecer a totalidade das respostas sobre os diferentes fenômenos da natureza. Sendo assim, ela não pode (i) ser a única abordagem a informar os processos de avaliação de riscos e de regulação das tecnologias ligadas ao modelo agroalimentar dominante, (ii) alegar a inexistência de alternativas nem (iii) ser o critério exclusivo para se avaliar a viabilidade dessas alternativas.

Daí a defesa do princípio de precaução, que reforça valores caros à prática científica (objetividade, neutralidade e autonomia) e a defesa da pluralidade de estratégias (complementariedade de abordagens descontextualizadas e contextualizadas) que contemple investigação empírica das dimensões ecológica-social-cultural-econômica, efeitos de longo prazo e o desenvolvimento de alternativas com base na participação social e fortalecimento dos atores locais. Nesse sentido, as avaliações de risco devem ser feitas comparando-se a tecnologia em questão com as alternativas potenciais. Do contrário, esses processos continuarão validando a segurança, p. ex., de uma planta transgênica comparada a uma comum pulverizada com agrotóxicos. Não seria de interesse da sociedade conhecer o potencial dessa mesma planta sem agrotóxicos e sem modificações genéticas? Pode-se nesse ponto concluir que *Os riscos sociais e ambientais do atual modelo são agravados pelo risco de se retardar o investimento na Agroecologia e em ações orientadas pelo Princípio da Precaução.*



Foto: Gabriel Bianconi Fernandes

Lavoura de soja transgênica, Palmeira, PR

Considerações finais

Hoje produz-se comida para alimentar a todos, mas nem todos estão alimentados. Parte crescente dos que se alimentam comem mal e tendem a desenvolver doenças crônicas não transmissíveis. Após mais de cinco décadas, o modelo agroalimentar dominante não foi capaz de garantir alimento em quantidade e qualidade para todos. Seus custos socioambientais caminham para os limites do planeta e da sociedade. Dentro desse modelo a aceleração tecnológica segue e acumula o velho com o novo e o novíssimo; a própria edição de genes Crispr já pode estar sendo ultrapassada por uma versão que utiliza novas enzimas (OLIVEIRA, 2019).

As novas tecnologias de edição de genes anunciam maior precisão, mas também uma lista de possíveis efeitos não-intencionais, podendo causar impactos negativos ainda maiores do que a dos organismos transgênicos; esses efeitos podem ocorrer em larga escala dada a natureza dessas técnicas e também pelo fato de elas serem incorporadas ao modelo agrícola dominante no Brasil.

Um intenso debate alimenta a controvérsia sobre a natureza desse novo conjunto de técnicas de edição de genes. São ou não OGMs? A resposta a essa questão decidirá o destino regulatório desses novos organismos e seus derivados, assim como seu mercado, o valor das patentes associadas, a fusão entre empresas e o volume de recursos investido em pesquisa e desenvolvimento.

A possibilidade de vazio regulatório permite facilitar a entrada desses produtos no mercado ao sabor de interesses comerciais sem informação pública e sem participação social; caso isso ocorra – como é o que se anuncia no Brasil – a indústria terá conseguido esvair-se das “barreiras” que dificultaram a rápida entrada dos OGMs no mercado: debate público, rotulagem, avaliação de risco e processos regulatórios (ainda que falhos), seguidos da própria ineficácia ou perda de viabilidade da tecnologia.

A tarefa reconstrutiva é, portanto, a de criar visões alternativas convincentes de futuros possíveis. Desenvolver concepções alternativas da realidade a partir de vozes alternativas que, em conversas umas com as outras, construirão esse futuro (KLOPPENBURG, 1991).

O peso da ciência é inegável no campo que mobiliza as lutas por modelos tecnológicos. As práticas sociais locais são vastas e diversas o suficiente para informar um novo modelo agroalimentar baseado na Agroecologia e uma nova prática científica autônoma e plural baseada em sólidos valores cognitivos e nos valores sociais da sustentabilidade, da soberania alimentar e da justiça social. São os movimentos, camponeses, populações indígenas e tradicionais nos territórios que constroem essas práticas que têm força política e legitimidade para impulsionar a necessária busca por um novo modelo.



Referências

AGAPITO-TENFEN, S. Biosafety aspects of genome-editing techniques. **Biosafety Briefing**, Biosafety Briefing, Biosafety Briefing, p. 11, 2016. Disponível em: <<https://acbio.org.za/en/biosafety-aspects-genome-editing-techniques>>. Acesso em: 7 fev. 2019.

AGAPITO-TENFEN, S. Z. et al. Revisiting Risk Governance of GM Plants: The Need to Consider New and Emerging Gene-Editing Techniques. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, 2018. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2018.01874/full>>. Acesso em: 6 fev. 2019.

AKBARI, O. S. et al. Safeguarding gene drive experiments in the laboratory. **Science**, v. 349, n. 6251, p. 927–929, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.aac7932>>. Acesso em: 18 fev. 2019.

ALMEIDA, V. E. S. et al. Uso de sementes geneticamente modificadas e agrotóxicos no Brasil: cultivando perigos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 10, p. 3333–3339, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232017021003333&lng=en&tlng=en>. Acesso em: 19 nov. 2018.

ALTIERI, M. A. **Biotecnologia agrícola: Mitos, Riscos Ambientais e Alternativas**. ASCAR-EMATER/RS, 2002.

ANVISA. **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA)**. Brasília, DF: Anvisa/Ministério da Saúde, 2013. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/117818/Relat%25C3%25B3rio%252BPARA%252B2011-12%252B-%252B30_10_13_1.pdf/d5e91ef0-4235-4872-b180-99610507d8d5>. Acesso em: 12 fev. 2019.

ANVISA. **Programa de Análise de Resíduo de Agrotóxicos em Alimentos - PARA**. Brasília, DF: Anvisa/Ministério da Saúde, 2016. a. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/111215/0/Relat%C3%B3rio+PARA+2013-2015_VERS%C3%83O-FINAL.pdf/494cd7c5-5408-4e6a-b0e5-5098cbf759f8>. Acesso em: 12 fev. 2019.

ANVISA. **Divulgado relatório sobre resíduos de agrotóxicos em alimentos**, 2016. b. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/noticias/-/asset_publisher/FXrpx9qY7FbU/content/divulgado-relatorio-sobre-residuos-de-agrotoxicos-em-alimentos/219201/pop_up>. Acesso em: 12 fev. 2019.

ARAKI, M.; NOJIMA, K.; ISHII, T. Caution required for handling genome editing technology. **Trends in Biotechnology**, v. 32, n. 5, p. 234–237, 2014. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167779914000559>>. Acesso em: 5 fev. 2019.

BADGLEY, C. et al. Organic agriculture and the global food supply. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 22, n. 02, p. 86–108, 2007. Disponível em: <http://www.journals.cambridge.org/abstract_S1742170507001640>. Acesso em: 12 nov. 2018.

BRASIL. 11.105. Lei. mar. 2005a.

BRASIL. 5.591. Decreto. 22 nov. 2005b.

BRASIL. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Departamento de Atenção Básica, 2014. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf>

CANCIAN, N. Anvisa quer mais rapidez em avaliação de riscos de agrotóxicos. **Folha de São Paulo**, 2018. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2018/07/anvisa-quer-mais-rapidez-em-avaliacao-de-riscos-de-agrotoxicos.shtml>>. Acesso em: 13 fev. 2018.

CARNEIRO, F. F. et al. (EDS.). **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: São Paulo: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio; Expressão Popular, 2015. Disponível em: <https://www.abrasco.org.br/dossieagrotoxicos/wp-content/uploads/2013/10/DossieAbrasco_2015_web.pdf>

CARSON, R. **Silent spring**. 1st Fawcett Crest ed. New York: Fawcett Crest, 1962.

CATACORA-VARGAS, G. et al. **Soybean Production in the Southern Cone of the Americas: Update on Land and Pesticide Use**. Cochabamba, Bolivia: Genok/UFSC/Redes AT/Base-IS, 2012.

COBB, M. Gene drives need global policing. **The Guardian**, 2016. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/science/2016/feb/09/gene-drives-need-global-policing>>. Acesso em: 6 fev. 2019.

COLLI, W. Organismos transgênicos no Brasil: regular ou desregular? **Revista USP**, n. 89, p. 148–173, 2011. Acesso em: 14 fev. 2019.

CONSEA. **Mesa de Controvérsias sobre Transgênicos**. Brasília, DF: Conselho Nacional de Segurança Alimentar, 2013.

CUNHA, C. E. L. Conheça o Crispr, técnica de edição do DNA que promete mudar o mundo. **Folha de São Paulo**, 2016. Disponível em: <<https://m.folha.uol.com.br/ciencia/2016/04/1764258-conheca-o-crispr-tecnica-de-edicao-do-dna-que-promete-mudar-o-mundo.shtml?mobile>>. Acesso em: 6 fev. 2019.

DAMASIO, K. Liberação recorde reacende debate sobre uso de agrotóxicos no Brasil. **National Geographic**, 2019. Disponível em: <<https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2019/07/liberacao-recorde-reacende-debate-sobre-uso-de-agrotoxicos-no-brasil-entenda>>. Acesso em: 9 set. 2019.

DAVIS, N. “Gene-drive” organisms require far more research, say experts. **The Guardian**, 2016. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/science/2016/jun/08/gene-drive-organisms-require-far-more-research-say-experts>>. Acesso em: 2 fev. 2019.

DOYLE, A. 2018 foi o quarto ano mais quente já registrado na história. **Folha de São Paulo**, 2019. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2019/02/2018-foi-o-quarto-ano-mais-quente-ja-registrado-na-historia.shtml>>. Acesso em: 6 fev. 2019.

EL-HANI, C. N. Between the cross and the sword: the crisis of the gene concept. **Genetics and Molecular Biology**, v. 30, n. 2, p. 297–307, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-47572007000300001&lng=en&tlng=en>. Acesso em: 12 nov. 2018.

EMERSON, C. et al. Principles for gene drive research. **Science**, v. 358, n. 6367, p. 1135–1136, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.aap9026>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

FERMENT, G. et al. **Lavouras transgênicas: riscos e incertezas: mais de 750 estudos desprezados pelos órgãos reguladores de OGMs**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2015. Disponível em: <http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/ceazinepdf/LAVOURAS_TRANSGENICAS_RISCOS_E_INCERTEZAS MAIS_DE_750_ESTUDOS_DESPREZADOS_PELoS_ORGAOS_REGULADORES_DE_OGMS.pdf>

FERNANDES, G. B. O Pop do Agro. In: SANTOS, Maureen; GLASS, Verena (Eds.). **Atlas do Agronegócio: fatos e números sobre as corporações que controlam o que comemos**. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Boll, 2018. p. 22–23.

FERNANDES, G. B. E se os doutores estiverem errados? **Le Monde Diplomatique**, n. 52, 2011. Disponível em: <<https://diplomatique.org.br/e-se-os-doutores-estiverem-errados/>>. Acesso em: 13 fev. 2019.

FERNANDES, G. B.; MARINHO, W. O Caminho da Liberalização dos Transgênicos no Brasil. **Agroecologia**, v. 12, n. 2, p. 19–28, 2018. Disponível em: <<https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/347431>>

FERNANDES, G. B.; MELGAREJO, L.; FERRAZ, J. M. G. Dez anos de cultivos transgênicos no Brasil: um balanço crítico. **Cadernos de Agroecologia**, VIII Congresso Brasileiro de Agroecologia, v. 8, n. 2, VIII Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2013. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/13673>>. Acesso em: 14 fev. 2019.

FERNANDES, G. B.; COSTA, F. M.; SILVA, N. C. de A.; Vidal, R. (2019). Genes, Genética e Determinismo: O Caso dos Transgênicos na Agricultura. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, 8(2), 264-283. <https://doi.org/https://doi.org/10.21664/2238-8869.2019v8i2.p264-283>

FISCHER, K. Why new crop technology is not scale-neutral—A critique of the expectations for a crop-based African Green Revolution. **Research Policy**, v. 45, n. 6, p. 1185–1194, 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048733316300300>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

FOLHA DE SÃO PAULO. Nova técnica de edição de genes é testada em humanos pela 1ª vez. **Folha de São Paulo**, 2016. Disponível em: <<https://m.folha.uol.com.br/ciencia/2016/11/1832542-nova-tecnica-de-edicao-de-genes-e-testada-em-humanos-pela-1-vez.shtml?mobile>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

FRANCE PRESSE. Edição de DNA é usada em embriões humanos pela 1ª vez nos EUA. **Folha de São Paulo**, 2017. Disponível em: <<https://m.folha.uol.com.br/ciencia/2017/07/1904859-edicao-de-dna-e-usada-em-embrioes-humanos-pela-1-vez-nos-eua.shtml?mobile>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

FRIGO, D.; BITTENCOURT, N. A.; ISAGUIRRE-TORRES, K. R. **As novas formas de biotecnologias agrícolas e a desregulação jurídica. O Estado neoliberal e a incidência do agronegócio no Brasil**. Berlim: Center for Research and Documentation Chile-Latinamerikca – FDCL e Terra de Direitos, 2019. Disponível em: <<https://terradedireitos.org.br/uploads/arquivos/as-novas-formas-de-biotecnologia.pdf>>. Acesso em: 2 fev. 2019.

GALILEU. Líder mundial, Brasil pode ganhar mais agrotóxicos na comida. **Revista Galileu**, 2018. Disponível em: <<https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/Meio-Ambiente/noticia/2018/05/lider-mundial-brasil-pode-ganhar-mais-agrotoxicos-na-comida.html>>. Acesso em: 9 set. 2019.

GARCIA, M. A.; ALTIERI, M. Transgenic Crops: Implications for Biodiversity and Sustainable Agriculture. **Bulletin of Science, Technology & Society**, v. 25, n. 4, p. 335–353, 2005. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0270467605277293>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

GILLAM, C. Weed killer products more toxic than their active ingredient, tests show. **The Guardian**, 2018. Disponível em: <https://www.theguardian.com/us-news/2018/may/08/weedkiller-tests-monsanto-health-dangers-active-ingredient?CMP=share_btn_tw>. Acesso em: 13 fev. 2019.

GRIGORI, P. **Afinal, o Brasil é o maior consumidor de agrotóxico do mundo? Por trás do alimento**, 2019a. Disponível em: <<https://portrasdoalimento.info/2019/06/25/afinal-o-brasil-e-o-maior-consumidor-de-agrotoxico-do-mundo/#>>. Acesso em: 9 set. 2019.

GRIGORI, P. Governo libera registro de mais de um agrotóxico por dia neste ano. **Por trás do alimento**, 2019b. Disponível em: <<https://portrasdoalimento.info/2019/02/12/governo-libera-registro-de-mais-de-um-agrotoxico-por-dia-neste-ano/>>. Acesso em: 13 fev. 2019.

HERRERA-ESTRELLA, L. R. Genetically Modified Crops and Developing Countries. **Plant Physiology**, v. 124, n. 3, p. 923–926, 2000. Disponível em: <<http://www.plantphysiol.org/lookup/doi/10.1104/pp.124.3.923>>. Acesso em: 14 fev. 2019.

HO, M. W. The New Genetics and Natural versus Artificial Genetic Modification. **Entropy**, v. 15, n. 12, p. 4748–4781, 2013. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1099-4300/15/11/4748>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. v. 10. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94254.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2018.

INCA. **Posicionamento do Instituto Nacional do Câncer José Alencar Gomes da Silva acerca dos agrotóxicos. Instituto Nacional do Câncer/Ministério da Saúde**, 2015. Disponível em: <http://www1.inca.gov.br/inca/Arquivos/comunicacao/posicionamento_do_inca_sobre_os_agrotoxicos_06_abr_15.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2019.

IPCC. **Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Switzerland, Geneva: IPCC, 2014. Disponível em: <<https://archive.ipcc.ch/report/ar5/syr/>>. Acesso em: 11 jul. 2018.

JAMES, C.; KRATTIGER, A. F. **Global Review of the Field Testing and Commercialization of Transgenic Plants, 1986 to 1995: The First Decade of Crop Biotechnology**; ISAAA Briefs. Ithaca, NY: ISAAA, 1996. Disponível em: <<https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/01/download/isaaa-brief-01-1996.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2019.

KLOPPENBURG, J. Social Theory and the De/Reconstruction of Agricultural Science: Local Knowledge for an Alternative Agriculture1. **Rural Sociology**, v. 56, n. 4, p. 519–548, 1991. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1549-0831.1991.tb00445.x>>. Acesso em: 29 nov. 2018.

KRIMSKY, S.; SCHWAB, T. Conflicts of interest among committee members in the National Academies' genetically engineered crop study. **PLOS ONE**, v. 12, n. 2, p. e0172317, 2017. Disponível em: <<https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0172317>>. Acesso em: 3 dez. 2018.

LACEY, H. Existe uma distinção relevante entre valores cognitivos e sociais? **Scientiae Studia**, v. 1, n. 2, p. 121–49, 2003. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/ss/article/view/10968>>

LACEY, H. O princípio de precaução e a autonomia da ciência. **Scientiae Studia**, v. 4, n. 3, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-31662006000300003&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 12 nov. 2018.

LACEY, H. Há alternativas ao uso dos transgênicos? **Novos Estudos - CEBRAP**, n. 78, p. 31–39, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-33002007000200005&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 13 nov. 2018.

LACEY, H. Food and Agricultural Systems for the Future: Science, Emancipation and Human Flourishing. **Journal of Critical Realism**, v. 14, n. 3, p. 272–286, 2015. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1179/1572513815Y.0000000002>>. Acesso em: 7 fev. 2019.

LACEY, H. Adoção de medidas de precaução diante dos riscos no uso das inovações tecnocientíficas. **Estudos Avançados**, v. 33, n. 95, p. 245–258, 2019.

LAPPÉ, F. M. **Dieta para um pequeno planeta**. Tradução Sílvia Branco Sarzana. São Paulo: Global, 1985.

LATHAM, J. R.; WILSON, A. K.; STEINBRECHER, R. A. The Mutational Consequences of Plant Transformation. **Journal of Biomedicine and Biotechnology**, v. 2006, p. 1–7, 2006. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/bmri/2006/025376/abs/>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

LEDFOORD, H. Caution urged over editing DNA in wildlife (intentionally or not). **Nature**, v. 524, n. 7563, p. 16–16, 2015. Disponível em: <<http://www.nature.com/doi/10.1038/524016a>>. Acesso em: 18 fev. 2019.

LEDFOORD, H. CRISPR gene editing produces unwanted DNA deletions. **Nature**, 2018. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/d41586-018-05736-3>>. Acesso em: 18 fev. 2019.

LOPES, R. J. Milho pode até ser do México, mas foi domesticado na Amazônia, diz estudo. **Folha de São Paulo**, 2018. Disponível em: <<https://folha.com/m4jqbl5e>>. Acesso em: 13 dez. 2018.

MAGALHÃES, A. As patentes do ‘Crispr’. **O Estado de São Paulo**, 2019. Disponível em: <https://politica.estadao.com.br/blogs/fausto-macedo/as-patentes-do-crispr/?utm_source=estadao:whatsapp&utm_medium=link>

MARCHIONE, M. Primeira edição de genes dentro do corpo é testada por cientistas dos EUA. **Associated Press/Folha de São Paulo**, 2017. Disponível em: <<https://m.folha.uol.com.br/ciencia/2017/11/1935843-cientistas-dos-eua-tentam-primeira-edicao-de-genes-no-corpo.shtml>>. Acesso em: 10 fev. 2019.

MARCHIONE, M. Cientista chinês diz ter criado os primeiros bebês editados geneticamente. **Folha de São Paulo**, 2018. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2018/11/cientista-chines-diz-ter-feito-os-primeiros-bebes-editados-geneticamente.shtml>>. Acesso em: 2 fev. 2019.

MARINHO, C. L. C.; MINAYO-GOMEZ, C. Decisões conflitivas na liberação dos transgênicos no Brasil. **São Paulo em Perspectiva**, v. 18, n. 3, p. 96–102, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-88392004000300011&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 12 nov. 2018.

MELGAREJO, L.; FERRAZ, J. M.; FERNANDES, G. B. Transgênicos no Brasil: a manipulação não é só genética. **Agriculturas**, v. 10, n. 1, p. 14–21, 2013. Disponível em: <<http://aspta.org.br/wp-content/uploads/2013/06/artigo-2.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2019.

MESNAGE, R. et al. An integrated multi-omics analysis of the NK603 Roundup-tolerant GM maize reveals metabolism disturbances caused by the transformation process. **Scientific Reports**, v. 6, n. 1, 2016. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/srep37855>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

MILLSTONE, E.; BRUNNER, E.; MAYER, S. Beyond 'substantial equivalence'. *Nature*, v. 401, n. 6753, p. 525–526, 1999. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/44006>>. Acesso em: 19 fev. 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Relatório Nacional de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Agrotóxicos**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2016. v. 1 Disponível em: <<http://www.agroecologia.gov.br/sites/default/files/publicacoes/Relatorio-Nacional-de-VSPEA-vol-1.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2019.

MOLDENHAUER, H.; HIRTZ, S. De sete para quatro - hegemonizando o mercado. In: SANTOS, M.; GLASS, V. (Eds.). **Atlas do Agronegócio: fatos e números sobre as corporações que controlam o que comemos**. Rio de Janeiro: Fundação Heinrich Boll, 2018. p. 20–21.

NATURE EDITORIAL. Gene-drive technology needs thorough scrutiny. *Nature*, v. 552, n. 7683, p. 6–6, 2017. Disponível em: <<http://www.nature.com/doifinder/10.1038/d41586-017-08214-4>>. Acesso em: 5 fev. 2019.

OLIVEIRA, A. J. **Descoberto editor de DNA que pode ser ainda melhor que o CRISPR**. *Super Interessante*, 2019. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/ciencia/descoberto-novo-editor-de-dna-que-pode-ser-ainda-melhor-que-o-crispr/amp/>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

OLIVEIRA, C. **'Pacote do veneno' em doses homeopáticas: Anvisa libera agrotóxico perigoso**. *Rede Brasil Atual*, 2017. Disponível em: <<https://www.redebrasilatual.com.br/ambiente/2017/11/pacote-do-veneno-em-doses-homeopaticas-anvisa-libera-agrotoxico-perigoso/>>. Acesso em: 17 set. 2019.

OYE, K. A. et al. Regulating gene drives. *Science*, v. 345, n. 6197, p. 626, 2014. Disponível em: <<http://science.sciencemag.org/content/345/6197/626.abstract>>

PIGNATI, W. A. et al. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 22, n. 10, p. 3281–3293, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232017021003281&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 19 nov. 2018.

PONISIO, L. C. et al. Diversification practices reduce organic to conventional yield gap. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 282, n. 1799, p. 20141396–20141396, 2014. Disponível em: <<http://rspb.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rspb.2014.1396>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

PRETTY, J. N. et al. Resource-Conserving Agriculture Increases Yields in Developing Countries. *Environmental Science & Technology*, v. 40, n. 4, p. 1114–1119, 2006. Disponível em: <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es051670d>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

RANA, P.; CRAYMER, L. Big Tongues and Extra Vertebrae: The Unintended Consequences of Animal Gene Editing. *The Wall Street Journal*, 2018. Disponível em: <<https://www.wsj.com/articles/deformities-alarm-scientists-racing-to-rewrite-animal-dna-11544808779?mod=e2tw>>. Acesso em: 15 dez. 2018.

REDE BRASIL ATUAL. **Brasil pode voltar ao Mapa da Fome. ONU faz campanha pela segurança alimentar**. *Rede Brasil Atual*, 2018. Disponível em: <<https://www.redebrasilatual.com.br/cidadania/2018/03/brasil-pode-voltar-ao-mapa-da-fome-onu-faz-campanha-pela-seguranca-alimentar>>. Acesso em: 26 fev. 2019.

REINACH, F. Transgênicos: precaução ou obstrução? *O Estado de São Paulo*, 2003. Disponível em: <http://www.reinach.com/publications/trnsgenicos_precaucao_obstrucao.htm>. Acesso em: 14 fev. 2019.

ROCKSTRÖM, J. et al. A safe operating space for humanity. *Nature*, v. 461, n. 7263, p. 472–475, 2009. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/461472a>>. Acesso em: 13 fev. 2019.

SANTOS, J. V. A fragilidade da Anvisa e o uso indiscriminado de agrotóxicos no Brasil. Entrevista especial com Victor Manoel Pelaez Alvarez. *Instituto Humanitas Unisinos*, 2015. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/539242-fragilidade-da-anvisa-e-o-uso-indiscriminado-de-agrotoxicos-no-brasil-entrevista-especial-com-victor-manoel-pelaez-alvarez>>. Acesso em: 13 fev. 2019.

SCHUTTER, O. **Report submitted by the Special Rapporteur on the right to food**. United Nations Human Rights Council, 2010. Disponível em: <<https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/G10/178/49/PDF/G1017849.pdf?OpenElement>>. Acesso em: 14 fev. 2019.

STEINBRECHER, R. A. From Green to Gene Revolution: The Environmental Risks of Genetically Engineered Crops. *The Ecologist*, v. 26, n. 6, p. 273–81, 1996.

STEINBRECHER, R. A. **Genetic Engineering in Plants and the “New Breeding Techniques (NBTs)”:** **Inherent risks and the need to regulate**. Eonexus, 2015. Disponível em: <<https://www.eonexus.info/files/NBT%20Briefing%20-%20EcoNexus%20December%202015.pdf>>. Acesso em: 6 fev. 2019.

THOMAS, J. The National Academies’ Gene Drive study has ignored important and obvious issues. *The Guardian*, 2016. Disponível em: <<https://www.theguardian.com/science/political-science/2016/jun/09/the-national-academies-gene-drive-study-has-ignored-important-and-obvious-issues>>. Acesso em: 6 fev. 2019.

TRANS ATLANTIC CONSUMER DIALOGUE. **Resolution on consumer concerns about new genetic engineering techniques**. Consumers International, 2016. Disponível em: <http://tacd.org/wp-content/uploads/2016/09/TACD-Resolution-new-genetic-engineering-techniques_with-appendix_7-September.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2019.

VANLOQUEREN, G.; BARET, P. V. How agricultural research systems shape a technological regime that develops genetic engineering but locks out agroecological innovations. *Research Policy*, v. 38, n. 6, p. 971–983, 2009. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048733309000614>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

WALTZ, E. GM crops: Battlefield. *Nature*, v. 461, n. 7260, p. 27–32, 2009a. Disponível em: <<http://www.nature.com/doi/10.1038/461027a>>. Acesso em: 14 fev. 2019.

WALTZ, E. Under wraps. *Nature Biotechnology*, v. 27, n. 10, p. 880–882, 2009b. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/nbt1009-880>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

Novas biotecnologias, velhos agrotóxicos:

um modelo insustentável que
avança e pede alternativas urgentes

Gabriel Bianconi Fernandes

Novas biotecnologias, velhos agrotóxicos:

um modelo insustentável que avança
e pede alternativas urgentes

Nesta publicação, Gabriel Bianconi Fernandes analisa a lógica inerente ao sistema dominante de produção de alimentos de tentar solucionar um problema ou um desafio exclusivamente pela introdução de novas tecnologias. Demonstra como esta lógica significa mais intrusão na natureza, já que, quando surge um problema causado pelas novas tecnologias, este é solucionado com outras tecnologias que fazem parte do mesmo modelo, num cenário que mais parece ficção científica.

A introdução de sementes geneticamente modificadas no Brasil, um processo que teve muita facilidade do ponto de vista regulatório, provoca, até hoje, resistência em muitas outras partes do mundo. O novo passo, a introdução das novas biotecnologias, que podem levar espécies à extinção, projeta um domínio ainda maior das empresas e de suas patentes sobre a natureza. E como acontece com qualquer inovação, a ciência ligada ao capital e a indústria proclamam que as biotecnologias prometem grandes soluções e vitórias.

A publicação analisa essas novas tecnologias e a confiança de que elas não vão provocar efeitos negativos e consequências indesejadas. Descreve também o processo de como a indústria agroalimentar aproveita o momento de instabilidade política e de desregulação da legislação socioambiental para estabelecer fatos.

A Fundação Heinrich Böll publica esta análise como um alerta. Estamos num momento decisivo para acompanhar as decisões políticas sobre algo tão fundamental para nossa vida como é a alimentação.

ISBN 978-85-62669-32-3