

# O Estado Global do Desenvolvimento de Árvores Geneticamente Modificadas

## Uma Ameaça Crescente



# O Estado Global do Desenvolvimento de Árvores Geneticamente Modificadas

## Uma Ameaça Crescente

Setembro de 2022

### Agradecimentos

**Autora principal (inglês):** Lucy Sharratt, Canadian Biotechnology Action Network (CBAN / Rede Canadense de Ação em Biotecnologia)

**Pesquisadora principal:** Joana Chelo

**Agradecemos às seguintes pessoas por várias formas de apoio à pesquisa e à revisão:**

Taarini Chopra e Kaitlyn Duthie-Kannikkatt, Canadian Biotechnology Action Network; Claire Gilmore; Anne Petermann, Global Justice Ecology Project; Claire Bleakley, GE-Free New Zealand; Bob Phelps, Gene Ethics; Lizzie Díaz, World Rainforest Movement; Mariam Mayet e Rifqah Tifolen, African Centre for Biodiversity; María Isabel Manzur, Fundación Sociedades Sustentables; Inyaku Tomoya; Rachel Smolker, Biofuelwatch; Claire Robinson, GMWatch; Chris Lang, REDD-Monitor; Helena Paul, EcoNexus.

Projeto gráfico: [jwalkerdesign.ca](http://jwalkerdesign.ca)

Tradução: David Hathaway

Este relatório está disponível em inglês, espanhol, e português e em breve também será publicado em japonês. [stopGETrees.org/global-status-report](http://stopGETrees.org/global-status-report)

Por favor, compartilhe conosco suas informações sobre as árvores GM ou comente sobre o relatório. Contato: [trees@cban.ca](mailto:trees@cban.ca)

Para participar da Campanha “STOP GE Trees”, entre em contato conosco: [action@stopgetrees.org](mailto:action@stopgetrees.org)

Este relatório foi produzido pela Canadian Biotechnology Action Network para a Campanha “STOP GE Trees.”

Agradecemos à GEKKO Foundation, grassroots foundation, e Ceres Trust pelo apoio financeiro.

[stopGETrees.org](http://stopGETrees.org)



grassroots  
foundation

# Índice

Resumo Executivo	2
Introdução	5
<b>O CENÁRIO</b>	<b>7</b>
O quê? Árvores Geneticamente Modificadas	8
Por quê? Objetivos/Setores Industriais	9
Quem? Empresas Responsáveis	11
Onde? Árvores GM em Desenvolvimento	12
Onde? Resumos Regionais	13
América Latina	13
África	16
América do Norte	16
Nova Zelândia e Austrália	17
Ásia	18
Europa	20
<b>OS RISCOS</b>	<b>22</b>
Os Riscos Ambientais das Árvores Geneticamente Modificadas	23
PERFIL #1 – 751KO32: O Brasil aprova o plantio comercial de um eucalipto geneticamente modificado tolerante a um herbicida	28
PERFIL nº 2 – “Darling 58”: Proposta de Liberação nos EUA e Canadá de Castanheiros Americanos Geneticamente Modificados	32
PERFIL nº 3 – Living Carbon: Hipervalorizando o “Melhoramento” de Árvores para a Tecno-remediação do Clima	35
O Conselho de Manejo Florestal (FSC) começa a abrir a porteira para a liberação global de árvores geneticamente modificadas	38
Os governos estão eliminando a regulação	41
Conclusão	43
Notas Finais	44

# Resumo Executivo

**A liberação global de árvores geneticamente modificadas (GM, ou geneticamente engenheiradas ou, em alguns casos, transgênicas) está mais próxima do que nunca.**

## Riscos

Vem sendo proposto o uso de árvores geneticamente modificadas em plantações comerciais, e até mesmo a liberação de árvores GM na natureza, apesar dos graves riscos e de enormes incertezas.

Os processos de engenharia genética muitas vezes resultam em mudanças imprevistas. O potencial para resultados genéticos e impactos ambientais não previstos aumenta e se multiplica no decorrer da longa vida das árvores, por causa dos extremos ambientais que as árvores enfrentam, e porque tantas outras espécies interagem com as árvores. A capacidade das árvores de espalhar pólen e sementes por longas distâncias aumenta a gama de impactos ambientais e sociais potenciais, atravessando fronteiras e violando a soberania indígena.

A liberação de árvores geneticamente modificadas seria uma ameaça às florestas e aos ecossistemas florestais, com impactos sobre muitas comunidades locais e povos indígenas. Os impactos negativos potenciais podem ser profundos e irreversíveis.

## Estado atual

A China plantou a primeira árvore GM, um choupo resistente a insetos, em 2002, mas há poucas informações sobre esse lançamento. Esses choupos transgênicos são as únicas árvores florestais transgênicas plantadas comercialmente no mundo. A pesquisa com árvores GM hoje se concentra nos EUA e no Brasil, que podem ser os próximos países a plantarem árvores GM em escala comercial. Há também duas outras árvores GM – um pinheiro loblolly (ou pinheiro amarelo do sul) e um eucalipto – cujo plantio já é legal, nos EUA e no Brasil, a partir de 2015, mas que ainda não foram plantadas.

Um pequeno número de empresas-chave e equipes de pesquisa universitárias hoje lideram o desenvolvimento e a promoção de árvores GM: principalmente, a empresa de papel e celulose Suzano e sua subsidiária FuturGene; a empresa de biotecnologia de árvores ArborGen; e os centros de pesquisa da Universidade Estadual do Oregon e da Universidade Estadual de Nova Iorque.

A maioria da pesquisa atual sobre árvores GM está focada no eucalipto, juntamente com pinus e choupo, e é movida pela busca de plantações mais lucrativas para fins industriais como a produção de papel e celulose, madeira e biocombustíveis. As características mais comuns introduzidas nas árvores florestais geneticamente modificadas são tolerância a herbicidas, tolerância ao frio e à seca, resistência a pragas e doenças, crescimento mais rápido, e qualidade alterada da madeira.

## Resumos Regionais

A localização dos testes de campo indica as regiões do mundo mais ameaçadas a curto prazo pela introdução de árvores GM, se bem que poucas dessas árvores testadas acabarão um dia sendo comercializadas.

### AMÉRICA LATINA

Em novembro de 2021, a empresa brasileira Suzano, através de sua subsidiária de biotecnologia FuturaGene, obteve a aprovação no **Brasil** para plantar eucaliptos geneticamente modificados para tolerarem o herbicida glifosato. Isto se segue à aprovação anterior, em 2015, da árvore de eucalipto GM de crescimento rápido da FuturaGene, que não foi plantada comercialmente. O Brasil é o único país da América Latina onde parecem estar ocorrendo testes de campo hoje com árvores geneticamente modificadas. Enquanto isso, há pesquisas em andamento com árvores GM no **Chile**, particularmente na Universidade de Concepción.

### ÁFRICA

Não há ensaios de campo com árvores florestais GM na África, e a **África do Sul** é o único país africano onde há pesquisa em curso sobre árvores GM. Ela está ocorrendo na Universidade de Pretória, financiada pelas empresas de papel e celulose Sappi e Mondi, bem como por outras empresas de madeira e por instituições públicas.

### AMÉRICA DO NORTE

Os **Estados Unidos** abrigam o maior número de pesquisas e testes de campo com árvores GM do mundo, e dois dos mais proeminentes pesquisadores de árvores GM do mundo. Em 2020, pesquisadores universitários solicitaram nos EUA a liberação na natureza de um castanheiro americano geneticamente modificado, tolerante a uma doença. Essa decisão está pendente.

### NOVA ZELÂNDIA E AUSTRÁLIA

Existem testes de campo de longo prazo em curso com um pinheiro GM radiata na **Nova Zelândia**, conduzidos pelo instituto governamental de pesquisa florestal chamado Scion. Os testes foram aprovados em 2010 e durarão 25 anos. Já houve vários testes de campo com árvores GM na Nova Zelândia, acompanhados de protestos. Não há testes de campo com árvores GM de plantação na **Austrália**.

### ÁSIA

Duas variedades de choupos GM resistentes a insetos foram amplamente plantadas na **China** no início dos anos 2000, mas o plantio não foi monitorado de perto. Há uma enorme quantidade de pesquisas de laboratório sobre várias espécies na China e testes de campo provavelmente estão acontecendo, mas não há informações públicas disponíveis. A Índia e a **Malásia** fazem testes de campo com seringueiras GM. Tem havido testes de campo com eucalipto e choupo GM no **Japão**.

### EUROPA

Existem atualmente testes de campo com árvores GM – principalmente choupo – na **Suécia**, **Finlândia** e **Bélgica**. Esses testes de campo são conduzidos por universidades e pela empresa sueca de biotecnologia florestal SweTree.

---

## Eucalipto Tolerante ao Glifosato

Além da liberação chinesa de um choupo GM em 2002, um eucalipto GM tolerante a um herbicida no Brasil poderá ser em breve a primeira árvore GM a ser liberada para uso comercial. Em 16 de novembro de 2021, o Brasil aprovou o plantio e o uso comercial de uma árvore de eucalipto geneticamente modificada para sobreviver à pulverização com o herbicida glifosato. O uso dessa árvore GM provavelmente resultará no aumento do uso do glifosato nas plantações de eucalipto, que já causam impactos negativos no meio ambiente, assim como em muitas comunidades locais e povos indígenas. Essa árvore GM foi desenvolvida pela empresa FuturaGene, subsidiária da empresa brasileira de papel e celulose Suzano, e segue-se à aprovação no Brasil em 2015 do eucalipto GM de rápido crescimento da Suzano, que também ainda não foi lançado comercialmente.

---

## Castanheiro Americano GM

Pesquisadores da Universidade Estadual de Nova Iorque, na Faculdade de Ciências Ambientais e Florestais (SUNY-ESF), modificaram geneticamente um castanheiro americano para ser tolerante a uma doença, e estão pedindo ao governo dos EUA que o aprove para o plantio irrestrito na natureza. O castanheiro americano é uma espécie ameaçada de extinção, mas os pesquisadores argumentam que a liberação desta árvore geneticamente modificada irá “restaurá-la” para as florestas do leste dos EUA e Canadá. Se aprovada, ela seria a primeira planta GM liberada com o objetivo de se espalhar livremente em ecossistemas silvestres. Sua liberação seria um experimento em grande escala, e haveria pouco ou nenhum potencial para rastreá-la ou reverter sua propagação.

---

## Living Carbon

A pequena empresa de capital de risco nos EUA Living Carbon está experimentando com a engenharia genética em árvores de choupo para capturar e armazenar mais carbono. Os testes de campo começaram em 2021, mas a empresa já está vendendo créditos de carbono não-certificados e divulgando uma ampla gama de intenções e ideias que não parecem ter pesquisa séria alguma por trás delas. A Living Carbon ainda não provou que sua árvore GM funciona e ainda assim já captou \$15 milhões de dólares de investidores que esperam lucrar com isso. Mesmo sem uma árvore GM, a Living Carbon já está ganhando dinheiro.

Enquanto a pesquisa sobre árvores GM tem sido acompanhada de protestos em todo o mundo, um punhado de empresas e uma coalizão de pesquisadores em árvores GM vêm fazendo campanha ativa por uma regulamentação mais fraca em nível nacional e internacional, e por programas de certificação florestal que admitam o uso de árvores GM. Em resposta, o Conselho de Manejo Florestal (FSC) iniciou um processo que poderá permitir a supervisão direta de alguns testes de campo com árvores GM, para as empresas certificadas lucrarem com árvores GM. Tais decisões tomadas por entidades de certificação reconhecidas poderão abrir o caminho para o uso de árvores GM no mundo inteiro.

Ao mesmo tempo, as regulamentações domésticas oficiais estão mudando rapidamente em todo o mundo. Muitos governos estão abrindo mão de sua autoridade sobre certas plantas desenvolvidas com as novas técnicas de engenharia genética, nos casos de “edição” de genes. Esses fatos políticos podem dar origem a muitos testes de campo não registrados e não regulamentados, e à liberação de algumas árvores GM sem avaliações de risco pelas autoridades ou sequer uma notificação aos governos. Tal expansão da autorregulamentação empresarial poderá acelerar a introdução de algumas das aplicações mais arriscadas da engenharia genética, inclusive de árvores geneticamente modificadas.

# Introdução

**A liberação global de árvores geneticamente modificadas (GM, ou geneticamente engenheiradas ou, em alguns casos, transgênicas) está mais próxima do que nunca. Esse passo é uma preocupação de monta porque a liberação de árvores geneticamente modificadas traria sérias ameaças às florestas e a outros ecossistemas, assim como a muitas comunidades locais e povos indígenas. Seus impactos ambientais podem ser irreversíveis.**

Este relatório examina a realidade global atual das árvores transgênicas. Documenta a situação do desenvolvimento das árvores GM em todo o mundo, a fim de identificar onde o risco de sua liberação é mais imediato. Também delineamos alguns dos riscos e discutimos alguns dos usos mais salientes na agenda. Devido a mudanças em curso nas regulamentações nacionais, este relatório pode ser a última oportunidade para se ter um panorama geral dos ensaios de campo com árvores GM em todo o mundo.

As informações deste relatório se baseiam em décadas de monitoramento e pesquisa por grupos e movimentos ao redor do mundo contrários à aplicação da engenharia genética em espécies arbóreas. Esta oposição – e a análise neste relatório – está fundamentada em compromissos com a justiça ambiental e social, ameaçados diretamente pela introdução de árvores geneticamente modificadas.

## ÁRVORES FLORESTAIS GENETICAMENTE MODIFICADAS

Este relatório se concentra na engenharia genética em árvores usadas para produtos de madeira, como toras e celulose. As árvores GM se distinguem das frutíferas e de outras árvores alimentícias pelos riscos ambientais singulares e pelas ameaças econômicas e socioculturais. Árvores como choupo, pinheiro e eucalipto são organismos maiores e de vida mais longa do que a maioria das árvores frutíferas e de castanhas no cultivo agrícola. Estas espécies arbóreas também têm uma história de domesticação mais curta, com mais parentes selvagens.

Usamos o termo **árvores de plantação** assim como **árvores florestais** quando nos referimos a essas espécies, embora a maioria seja utilizada em plantações de monocultura em grande escala, em regiões onde são espécies exóticas (como o uso de eucaliptos em plantações no Brasil). Essas plantações frequentemente substituem florestas diversificadas.

“Uma floresta, em todas as línguas, não é plantada. Na verdade, é cientificamente errado afirmar o contrário. Uma plantação nunca pode ser uma floresta, nem mesmo um tipo biológico ou legal da mesma. As florestas são formadas por vegetação natural e um alto nível de biodiversidade. Elas desempenham várias funções ecológicas, inclusive como sistemas de captação de água. Elas protegem a vida selvagem, os peixes e os microrganismos. As plantações são grandes monoculturas de cultivos, e são desastrosas para bacias hidrográficas, rios, ecossistemas inteiros e sua biodiversidade.”

– Amigos da Terra Malásia, 2020<sup>1</sup>

A pesquisa e desenvolvimento de árvores geneticamente modificadas está concentrada em certas espécies importantes de árvores em todo o mundo. A maioria das pesquisas com árvores de plantação GM concentra-se no eucalipto, que é a segunda maior espécie de plantação comercial do mundo, depois do pinheiro. Muitas pesquisas também utilizam choupos, que servem como modelo bem conhecido para pesquisas genéticas que podem ser aplicadas a outras espécies. Onde quer que haja uso comercial de espécies para plantações, juntamente com ferramentas de pesquisa como o mapeamento genômico dessas espécies, a pesquisa GM poderá acompanhar em seguida.

Este relatório inclui informações sobre pesquisas com a palmeira de óleo (dendezeiro) GM, devido a seu uso intensivo em plantações (inclusive para usos não-alimentares como os biocombustíveis), e ao peso dessas plantações no desmatamento. Também mencionamos pesquisas sobre o bambu GM, que é um capim, mas também um importante recurso florestal com usos semelhantes aos das árvores de plantio, inclusive para papel e material de construção.





# O CENÁRIO

# O quê? Árvores Geneticamente Modificadas

A engenharia genética (também chamada de modificação genética) compreende um conjunto de técnicas de laboratório utilizadas para criar organismos geneticamente modificados, muitas vezes abreviados para OGMs. Às vezes é chamada de biotecnologia moderna, mas este é um termo amplo que também inclui técnicas que não usam a engenharia genética.

**A engenharia genética muda diretamente a composição genética (DNA) de um organismo, contornando a reprodução normal de plantas ou animais para criar novas características.** A engenharia genética inclui técnicas que fazem mudanças no DNA através da inserção de material genético dos mesmos organismos, similares ou totalmente não relacionados, ou, com a edição do genoma (também chamada edição de genes), através da introdução de um material genético que age como “editor” para mudar o DNA.<sup>2</sup>

A engenharia genética aplicada às árvores é um desafio técnico repleto de graves riscos ambientais e sociais. É também muito polêmica, e a pesquisa recebe constantemente oposição e protestos. Apesar dos grandes desafios, o trabalho com árvores GM continua.

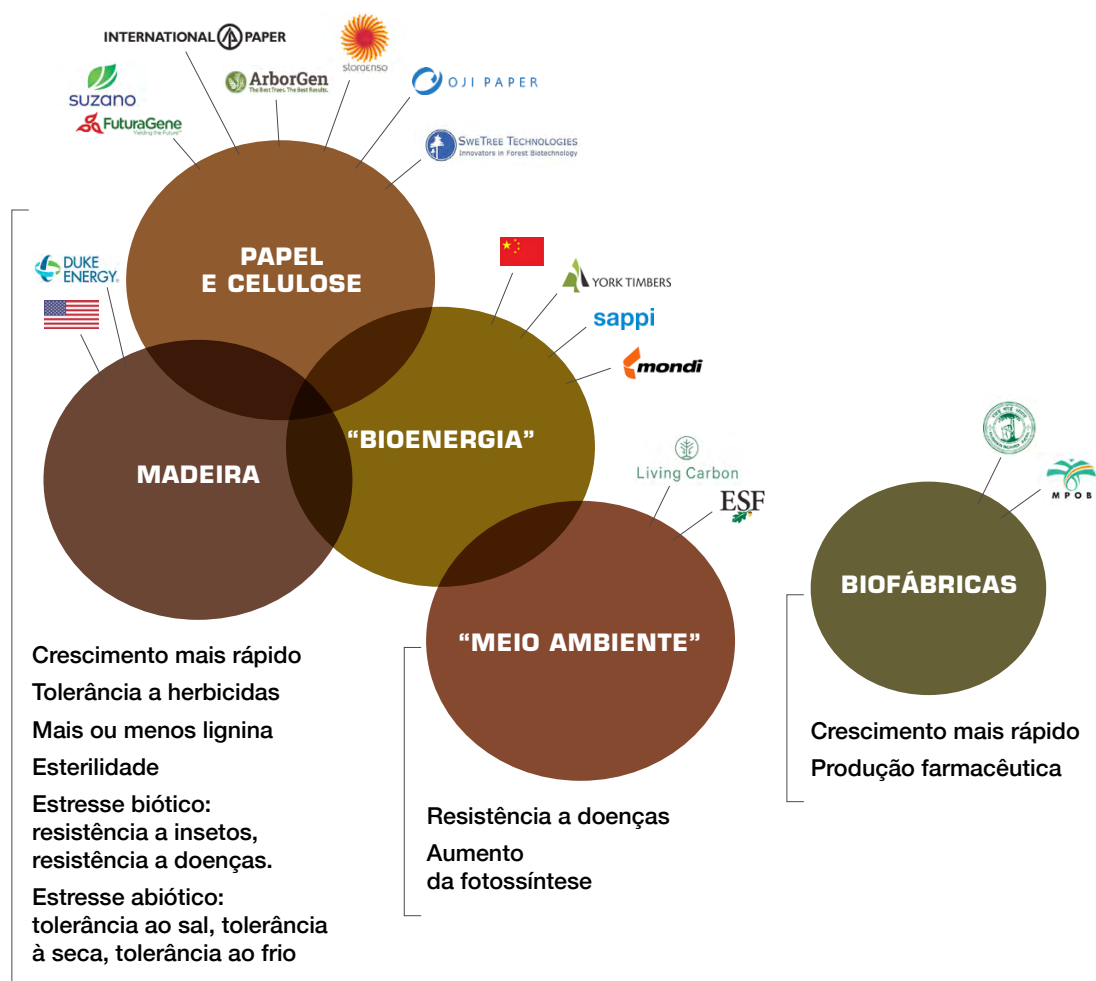
O desenvolvimento de árvores GM é menos avançado do que o das culturas alimentares GM, mas está avançando rapidamente. Há um pequeno número de empresas que investiram no desenvolvimento de árvores GM e alguns pesquisadores-chave ativos em projetos com árvores GM em universidades de todo o mundo. Alguns passos técnicos e políticos recentes também estão aproximando as árvores transgênicas da comercialização.

Como outras tecnologias novas e não comprovadas, a pesquisa com árvores GM promete muitos benefícios. A história de promessas por culturas agrícolas GM nos ensina que as feitas por árvores GM podem nunca ser cumpridas. Na prática, muitas características GM propostas podem não ser viáveis e, se forem plantadas, as árvores podem não resistir à evolução de insetos, ervas daninhas e vírus.<sup>3</sup>

O entusiasmo pelas árvores geneticamente modificadas começou com a promessa de “engenheirar” árvores que possam crescer mais rapidamente, tolerar herbicidas e resistir a pragas de insetos, a fim de torná-las mais lucrativas para as plantações industriais. Estes objetivos comerciais continuam no centro das pesquisas, mas há uma promoção cada vez maior da noção de usar árvores GM como soluções climáticas e de conservação. Isto passa pela pesquisa de árvores geneticamente modificadas para serem mais facilmente convertidas em combustível e em outros materiais hoje fabricados a partir do petróleo. São propostas perigosas que ameaçam não só substituir florestas com árvores GM, mas também expandir a monocultura em plantações, nos distraindo das mudanças realmente necessárias para enfrentarmos as crises globais do clima e da biodiversidade.

Hoje, alguns projetos de árvores GM estão mais próximos da realidade do que outros, e a experiência mostra que mesmo as árvores GM aprovadas para uso comercial podem nunca chegar ao mercado. Entretanto, neste ponto da trajetória da tecnologia, o plantio comercial de uma árvore GM abriria um precedente global que pode aumentar e ampliar o interesse comercial por árvores GM e estimular o desenvolvimento e lançamento de outras árvores GM. Isto pode significar a importação e exportação de várias espécies de árvores GM para plantações em escala industrial em muitas regiões do mundo, inclusive em regiões que atualmente não possuem grandes plantações de árvores.

# Por quê? Objetivos/Setores Industriais



Este gráfico apresenta os setores industriais que exploram as árvores GM, seus objetivos e os atributos GM incorporados. Relaciona também as empresas, instituições e universidades identificadas neste relatório como desenvolvedoras ou investidoras em árvores GM.

A maior parte da pesquisa com árvores GM está focada em aumentar a produtividade das árvores plantadas, para diversos **fins industriais**. Esses objetivos incluem a produção de celulose, papel e madeira; assim como o uso de árvores como culturas “bioenergéticas” – para produzir biomassa (pellets de madeira, por exemplo, para queimar para eletricidade) e “biocombustível celulósico” líquido.<sup>4</sup> Há também algum interesse em árvores geneticamente modificadas para produzir outros materiais industriais, tais como produtos farmacêuticos, utilizando as árvores como “biofábricas”. Há também alguns experimentos com árvores GM para vender créditos de carbono e propostas para liberar árvores GM na natureza para “restaurar” espécies ameaçadas de extinção.

Os **atributos** genéticos mais comuns a serem incorporados às árvores florestais são tolerância a herbicidas, tolerância ao frio e à seca, resistência a pragas e doenças, crescimento mais rápido e qualidade alterada da madeira, inclusive a redução da lignina. A lignina é uma das principais substâncias estruturais das plantas. Ela dificulta e encarece o processamento da madeira em celulose para papel, por exemplo, e impede a produção de combustível líquido a partir da madeira.

“Além dos usos tradicionais dos produtos de madeira, a celulose de árvores é usada como insumo para as indústrias química e farmacêutica, já suplementando, e no futuro possivelmente substituindo, os combustíveis fósseis.”

Grupo de Trabalho de Biotecnologia Florestal na Faculdade de Ciências Ambientais e Silvicultura da Universidade Estadual de Nova Iorque (SUNY-ESF).<sup>5</sup>

## A SITUAÇÃO DA COMERCIALIZAÇÃO DE ÁRVORES GM:

- Em 2002, a República Popular da China plantou a primeira árvore GM de todos os tempos. Os dois tipos de choupos GM resistentes a insetos **continuam sendo as únicas árvores GM plantadas comercialmente no mundo.**
- Há duas árvores GM cuja liberação já é legal, mas que ainda não foram plantadas: um pinheiro loblolly tolerante ao frio e um eucalipto de crescimento rápido. Ambas têm o plantio legalizado desde 2015 nos EUA e no Brasil, mas as empresas afirmam nunca tê-las plantado comercialmente.
- Em novembro de 2021, o Governo do Brasil aprovou o plantio comercial de um eucalipto GM, da empresa de papel e celulose Suzano, tolerante a um herbicida. **Esse eucalipto GM no Brasil poderá em breve ser a primeira árvore GM plantada comercialmente no mundo depois do choupo GM na China.**
- Existe um castanheiro americano GM tolerante a uma doença, que está sendo analisado para aprovação pelo governo dos EUA, para liberação deliberada na natureza.

O choupo GM na China foi a primeira e, até agora, é a única árvore GM plantada comercialmente no mundo. Entretanto, isto pode mudar em breve. Existem árvores GM nos EUA e no Brasil cujo plantio já é legal, mas que ainda não foram lançadas para uso comercial. Enquanto isso, testes de campo com potenciais novas árvores GM continuam em muitos países ao redor do mundo.



# Quem? Empresas Responsáveis

A **Suzano** é a maior produtora de celulose do mundo e uma das maiores fabricantes e exportadoras mundiais de celulose de eucalipto. A empresa tem sede no Brasil e escritórios internacionais na Argentina, Áustria, China, Suíça e EUA. Em 2021, ela anunciou a construção de uma nova fábrica no Brasil, que será a maior fábrica de celulose em linha única do mundo.<sup>6</sup> A Suzano é responsável por quase metade de todos os ensaios de campo com árvores GM já realizados no Brasil. Ela tem autorização no Brasil para plantar duas árvores GM de eucalipto, mas estas ainda não foram liberadas. A FuturaGene, subsidiária da Suzano desde 2010, é sua unidade de pesquisa e desenvolvimento em biotecnologias. As pesquisas da FuturaGene estão concentradas no Brasil, com alguma pesquisa e desenvolvimento na China e em Israel.

A **ArborGen** foi fundada em 1999 como empresa de biotecnologia de árvores, em um consórcio de 60 milhões de dólares entre Monsanto, International Paper, Westvaco (depois MeadWestvaco e agora WestNorth), e Fletcher Challenge Forests (depois Rubicon, que comprou a ArborGen em 2017, e então mudou seu próprio nome para ArborGen).<sup>7</sup> Hoje ela licencia sua tecnologia a outras empresas para produzirem pinheiros geneticamente modificados<sup>8</sup> e, em 2021, anunciou um acordo de licenciamento com uma empresa não identificada, que desenvolve árvores para

capturar e armazenar mais carbono.<sup>9</sup> A ArborGen é uma grande fornecedora de mudas de pinus loblolly (*Pinus taeda*) e eucalipto não-GM nos EUA e no Brasil. Em 2021, vendeu seus negócios na Austrália e Nova Zelândia para se concentrar nos mercados dos EUA e Brasil.<sup>10</sup> Não cultiva nenhuma árvore GM comercialmente, mas tem aprovação nos EUA (2015) para plantar um pinheiro loblolly GM. A ArborGen é a empresa que realizou a maioria dos ensaios de campo com árvores GM nos últimos vinte anos.

A **Stora Enso** é uma empresa finlandesa-sueca que produz material de embalagem, madeira e papel, inclusive produtos destinados a substituir materiais feitos de combustíveis fósseis (“biomateriais”).<sup>11</sup> É a maior fabricante europeia de papel, possuindo fábricas em toda a Europa, assim como no Brasil, Uruguai e China. A Stora Enso possui ou arrenda mais de 2 milhões de hectares de terra na Suécia, Finlândia, Brasil, Uruguai e China, assim como na Estônia e Romênia.<sup>12</sup> Em 2018, a Stora Enso juntou-se a outras 23 empresas finlandesas e suecas para lançarem o projeto *CombiEnt*, focado em inteligência artificial, grandes conjuntos de dados e automação.<sup>13</sup> A Stora Enso já fez ensaios de campo com eucalipto GM no Brasil.

A **Veracel** surgiu como um consórcio entre Suzano e Stora Enso, com sede no Brasil, para a produção de celulose de eucalipto. No final de 2020, a Veracel possuía 213.000

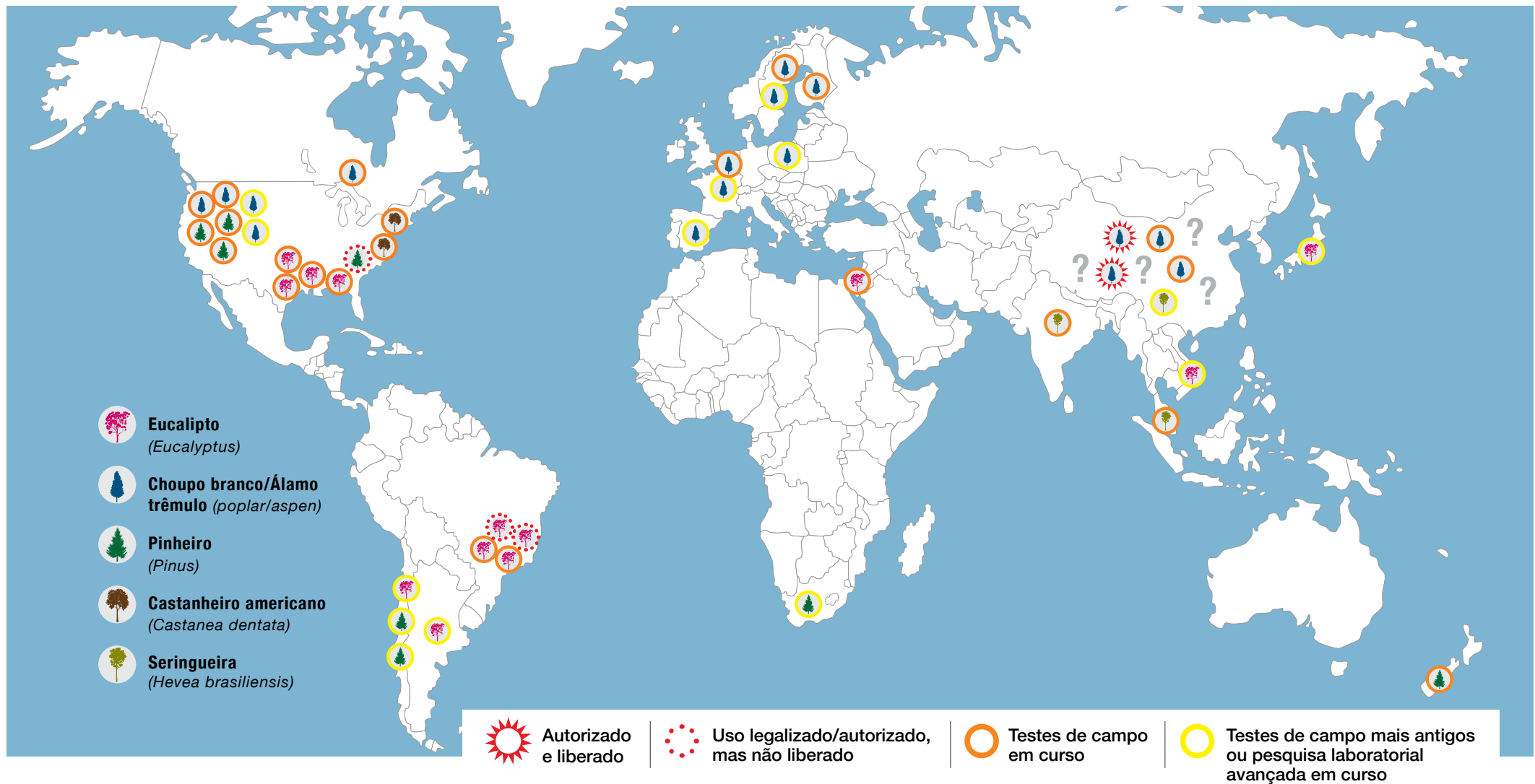
hectares de terra, dos quais 82.000 foram plantados com eucaliptos para a produção de celulose.<sup>14</sup>

A **SweTree** é uma empresa sueca de biotecnologia florestal fundada em 1999 e conta com a Stora Enso entre seus principais acionistas. A SweTree tem dois ensaios de campo com álamo-trémulo GM em curso na Suécia. A empresa também tem parcerias com cientistas em instituições acadêmicas como o Centro Botânico Umeå (Umeå Plant Science Center UPSC) na Suécia e o Instituto Vlaams para Biotecnologia (Vlaams Instituut voor Biotechnologie VIB) em Gent, na Bélgica, que fazem ensaios de campo com árvores GM.

A **International Paper** é uma das maiores empresas de celulose, papel e embalagens do mundo. Sediada nos EUA, possui operações na América do Norte, América Latina, África do Norte e Europa. Ela adquiriu várias empresas brasileiras para formar a International Paper do Brasil, que realiza alguns ensaios de campo com eucalipto GM. Em 2006, a International Paper vendeu parte de seus negócios, juntamente com 50.000 hectares de terras no Brasil, incluindo plantações de pinus e eucaliptos, para a Stora Enso.<sup>15</sup>

A **Oji Paper** é uma empresa japonesa que fabrica papel. É uma das cinco maiores do mundo neste ramo. A Oji Paper administra plantações no Brasil, Austrália, China, Camboja, Vietnã e outros países.

# Onde? Árvores GM em Desenvolvimento



Este mapa mostra quais espécies de árvores estão em etapas avançadas de desenvolvimento em todo o mundo, e identifica outras pesquisas relevantes.

O mapa não é um levantamento exaustivo de cada país porque pode haver testes de campo ou outras pesquisas avançadas que não identificamos. Alguns governos, como o da República Popular da China, não divulgam informações ao público sobre os testes de campo com engenharia genética. Entre os países onde essa informação não é acessível, a China tem a maior probabilidade de ter testes de campo em curso.

## Onde? Resumos Regionais

Esta seção destaca pesquisas avançadas sobre árvores GM em todo o mundo, detalhando as informações apresentadas no mapa global na página 12.

**Nosso relatório constatou que o desenvolvimento de árvores geneticamente modificadas não avança de modo uniforme no mundo todo.** Esse processo varia de uma região para outra, dependendo de múltiplos fatores, como as espécies cultivadas em plantações florestais comerciais em cada região.

A localização dos testes de campo revela as regiões do mundo mais ameaçadas a curto prazo pela introdução potencial de árvores GM. No entanto, uma vez aprovadas, as árvores GM podem ser introduzidas rapidamente em qualquer outro país onde houver plantações dessas espécies, ou onde tais plantações forem viáveis.

Testes de campo são um dos principais indicadores de pesquisa avançada, se bem que poucos desses testes levam ao desenvolvimento de produtos finais. A presença de testes de campo, ou até mesmo aprovações oficiais para a liberação comercial, não significam que uma árvore GM automaticamente chegará ao mercado. Por exemplo, há duas árvores GM cujo uso foi legalizado em 2015 – um pinheiro loblolly GM nos EUA e um eucalipto GM no Brasil – que não foram lançadas em escala comercial. Além disso, é comum os grupos de pesquisa anunciarem o desenvolvimento de uma característica GM baseada apenas em pesquisa de laboratório, mesmo quando o desempenho da árvore GM não foi testado e não há um horizonte visível para seu lançamento.

**Fora a situação desconhecida na China, os testes de campo com árvores GM hoje se concentram nos EUA e no Brasil. Se houver novos lançamentos comerciais de árvores GM, eles provavelmente ocorrerão primeiro nos EUA, Brasil ou China.** Muitos outros países estão posicionados para segui-los, se essa comercialização começar.

Nos resumos desta seção, há uma certa distinção entre licenças para testes de campo e testes de campo efetivos: as licenças podem designar um ou mais testes de campo, para diferentes períodos de tempo e para números variados de árvores. Além disso, algumas autorizações são mais detalhadas do que outras, e os requisitos de informação variam em diferentes países. Em alguns casos, há fontes públicas adicionais com detalhes sobre os testes de campo.

### América Latina

**O plantio de um eucalipto GM tolerante a um herbicida foi aprovado recentemente no Brasil e em breve poderá ser lançado comercialmente no país.**

O desenvolvimento comercial de árvores GM no Brasil é liderado pela empresa de papel e celulose Suzano. Em novembro de 2021, a **Suzano**, através de sua subsidiária para biotecnologias **FuturaGene**, teve aprovado no Brasil o plantio de suas árvores de eucalipto geneticamente engenheiradas para a tolerância ao herbicida glifosato.<sup>16</sup> Isto seguiu à aprovação no início de 2015 do eucalipto GM da FuturaGene<sup>17</sup> de crescimento rápido, que não foi plantado comercialmente, aparentemente porque outras árvores de eucalipto convencional (não GM) tiveram um desempenho tão bom ou melhor.<sup>18</sup> Ambas as aprovações de árvores GM enfrentaram a forte oposição de grupos da sociedade civil brasileira e internacionais.<sup>19</sup> (Veja o perfil sobre o eucalipto GM, páginas 28-31.)

**O Brasil é o único país da América Latina onde se sabe que estão sendo realizados testes de campo com árvores GM para plantações florestais.<sup>a</sup>**

**Todas as árvores GM testadas em campo no Brasil têm sido de eucalipto.** Desde 2007, quatro empresas fizeram testes de campo com eucaliptos GM no Brasil e quase a metade das licenças emitidas agraciaram a Suzano, as restantes sendo concedidas às empresas de papel e celulose International Paper e SweTree, e para a empresa de biotecnologia de árvores ArborGen.

**Fora do Brasil, há relatos de poucos testes de campo iniciais, no Uruguai e no Chile.** Houve alguns testes de campo para eucaliptos GM tolerantes a herbicidas e com lignina alterada no Uruguai, nos anos 90.<sup>20</sup> No Chile, houve testes de campo com um eucalipto GM tolerante ao glifosato em 1996, e um pinheiro resistente a insetos, em 2000/2001.<sup>21</sup>

No Chile, houve financiamento do setor público pela Corporação de Fomento à Produção (CORFO) e pelo Fundo de Fomento ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FONDEF) para projetos de pesquisa em pinheiros, eucaliptos e choupos geneticamente modificados, conduzidos pela Fundación Chile, INIA (Instituto Nacional de Pesquisa Agrícola) e universidades chilenas (Universidade da Fronteira, Universidade Austral, Universidade Católica e Universidade Andrés Bello).<sup>22</sup>

A pesquisa em árvores GM ganhou um alto perfil no Chile pelo departamento de Genômica Florestal do Centro de Biotecnologia da Universidade de Concepción. A pesquisadora líder do centro, **Prof<sup>a</sup> Sofia Valenzuela Águila**, é coautora de trabalhos sobre a tolerância de eucaliptos GM ao frio (2016)<sup>23</sup> e à seca (2022).<sup>24</sup> Ela é uma das cientistas que pressionam o Conselho de Manejo Florestal (FSC) a permitir árvores GM em seu programa de certificação (ver páginas 38-40).<sup>25</sup> Em 2022, a Prof. Valenzuela foi nomeada Secretária de Ciência do Governo do Chile (*Seremi de las Ciencias*). Em resposta a sua nomeação política, Lucía Sepúlveda Ruiz, da *Red de Acción en Plaguicidas y el Movimiento por el Agua y los Territorios* (Rede de Ação sobre Agrotóxicos e Movimento pela Água e pelos Territórios), disse que, “*Interpretamos sua nomeação para um cargo público como um endosso [das árvores GM] e um aviso sobre o poder dos defensores das culturas GM, contra aqueles de nós que defendemos a proteção da biodiversidade e a transição para um modelo de agricultura agroecológica.*”<sup>26</sup>

O surgimento do Chile como um centro de biotecnologia de árvores na América Latina já enfrentou oposição: em 2017, a Conferência sobre Biotecnologia de Árvores da União Internacional de Organizações de Pesquisa Florestal (IUFRO), realizada no Chile, foi obrigada a cancelar sua viagem de campo ao Centro de Biotecnologia da Universidade de Concepción por causa dos protestos contra as árvores geneticamente modificadas.<sup>27</sup>

A **Argentina**, o terceiro maior produtor mundial de culturas alimentares GM, não informa sobre testes de campo. Entretanto, em 2016, o Centro de Biotecnologia Florestal e Agrícola, no Chaco, anunciou que havia desenvolvido, com financiamento público, um eucalipto GM tolerante à seca e de crescimento rápido,<sup>28</sup> e o conselho oficial de pesquisa CONICET (*Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas*) divulgou posteriormente sua pesquisa sobre um choupo geneticamente modificada para a floração precoce.<sup>29</sup>

Frente à notícia que o Ministério do Meio Ambiente e da Água da Bolívia estaria a ponto de autorizar a importação de eucaliptos GM para o cultivo em plantações em 2020, o Colégio de Biólogos de La Paz levantou preocupações ambientais, e não houve a importação.<sup>30</sup>

**O Peru, Equador, Venezuela e Panamá** todos proíbem o cultivo de plantas GM.

Não há relatos de testes de campo com árvores GM em outros países da América Latina e do Caribe.

a As licenças para testes de campo no Brasil não informam quando os testes de campo terminarão. No entanto, a Suzano relata testes em andamento em seus registros corporativos de 2021 junto à *US Securities and Exchange Commission*. (Suzano S.A. 2021. Form 6K, Ex 99.1. Notice to the Market. November 12)



**Tabela 1: Todas as licenças para testes de campo com árvores GM no Brasil**Dados do órgão regulador, CNTBio.<sup>31</sup>

Empresa	Nº de Licenças para Ensaios de Campo (eucalipto)	Ano de Obtenção da Licença*	Atributos**
Suzano	3	2003, 2004, 2005	<ul style="list-style-type: none"><li>• crescimento/rendimento</li><li>• tolerância ao estresse abiótico</li></ul>
FuturaGene (subsidiária da Suzano)	25	2013, 2014 (5), 2015 (7), 2016 (8), 2017 (3), 2018 (4)	<ul style="list-style-type: none"><li>• crescimento/rendimento</li><li>• resistência a pragas/doenças</li><li>• resistência a herbicida</li><li>• tolerância ao estresse abiótico</li></ul>
Fibria Celulose (fundiu-se com a Suzano)	8	2013 (4), 2014 (2), 2017, 2018	<ul style="list-style-type: none"><li>• crescimento/rendimento</li><li>• qualidade da madeira</li><li>• resistência a herbicida</li></ul>
Stora Enso (a Suzano é co-proprietária de sua empresa Veracel)	5	2016 (2), 2017 (2), 2018	<ul style="list-style-type: none"><li>• crescimento/rendimento</li><li>• qualidade da madeira</li><li>• tolerância a geadas</li></ul>
International Paper of Brazil	19	2004 (2), 2005 (2), 2006 (3), 2014, 2015 (7), 2016, 2017 (3)	<ul style="list-style-type: none"><li>• crescimento/rendimento</li><li>• qualidade da madeira</li><li>• tolerância à seca</li><li>• biocombustíveis</li></ul>
ArborGen	13	2006 (2), 2007 (2), 2008 (2), 2009, 2010, 2012, 2013, 2014, 2017 (2)	<ul style="list-style-type: none"><li>• crescimento/rendimento</li><li>• qualidade da madeira</li></ul>
BioAgro (Universidade Federal de Viçosa)	1	1999	<ul style="list-style-type: none"><li>• tolerância a glyphosate</li></ul>
Monsanto (agora pertence à Bayer)	1	1999	<ul style="list-style-type: none"><li>• tolerância a glyphosate</li></ul>
Alellyx (subsidiária da Monsanto)	3	2005, 2007 (2)	<ul style="list-style-type: none"><li>• qualidade da madeira</li></ul>
<b>TOTAL</b>	<b>78</b>		

\* As licenças da CNTBio não informam a data de término da licença.

\*\* Algumas empresas não descrevem com precisão seu atributo GM para a “qualidade da madeira” nas licenças. Ele pode incluir mudanças no teor de lignina (menos ou mais) e/ou mudanças no teor de celulose, densidade, e comprimento das fibras.

## África

---

**Não há ensaios de campo com árvores florestais GM na África, e a África do Sul é o único país africano onde há pesquisas com árvores GM.<sup>32</sup>**

A África é o continente com “o potencial de florestamento mais rentável do mundo”, de acordo com um relatório de 2019 produzido para o Banco Africano de Desenvolvimento e o Fundo Mundial para a Natureza (WWF) Quênia.<sup>33</sup> O estudo identificou cerca de 500.000 hectares de “terras viáveis para plantações” em dez países, principalmente em **toda a África Austral**: Angola, República do Congo, Gana, Moçambique, Malawi, Sudão do Sul, Tanzânia, Uganda, Zâmbia e Zimbábue.

Na Universidade de Pretória, na **África do Sul**, um centro de pesquisa biotecnológica chamado Instituto de Biotecnologia Florestal e Agrícola abriga o programa de Genética Molecular Florestal (FMG). Seu objetivo é desenvolver árvores de crescimento rápido para plantações comerciais “com vistas a aumentar a produção de biomassa e melhorar as propriedades da madeira para a produção de madeira, celulose, papel e biomateriais”, além da resistência a pragas e doenças,<sup>34</sup> em particular para espécies de eucalipto e pinheiro.<sup>35</sup>

O programa FMG é financiado pelas empresas de papel e celulose **Sappi** e **Mondi**; pelas empresas florestais e madeiras sul-africanas SAFCOL/Komatiland Forests e York Timbers; por entidades públicas na África do Sul; e pelo Joint Genome Institute do Departamento de Energia dos EUA.<sup>36</sup> Foi fundado na universidade pelo **Prof. Zander Myburg**, que também coordena a rede internacional Eucalyptus Genome Network (Eucagen) e é o investigador chefe do Projeto de Genômica de Eucaliptos do Departamento de Energia dos EUA.

**O Departamento de Energia dos Estados Unidos** fornece ao FMG componentes genéticos para pesquisas em **engenharia genética com eucaliptos** para a produção de **energia e “biomateriais”**.<sup>37</sup> O FMG também colabora com o **Prof. Steven Strauss**, da Universidade Estadual de Oregon (OSU) nos EUA, no desenvolvimento de tecnologias para a engenharia genética em eucaliptos.<sup>38</sup> Em 2021, a OSU anunciou<sup>39</sup> que sua colaboração internacional com pesquisadores na Universidade de Pretória havia demonstrado que a edição genética (com CRISPR-Cas9) poderia ser usada para inibir a floração do eucalipto.<sup>40</sup> O Programa de Biologia Molecular Florestal da Universidade de Pretória é o único outro integrante universitário da GREAT TREES, um consórcio de pesquisa em biotecnologia entre universidades, agências públicas e indústrias, gerido pela OSU.

A indústria florestal da África do Sul é uma indústria multimilionária, responsável por cerca de 10% do produto interno bruto do país.

## América do Norte

---

**Os Estados Unidos realizam a maioria das pesquisas e testes de campo com árvores GM em nível global, e pesquisadores universitários nos EUA já solicitaram o registro para liberar um castanheiro americano GM na natureza.**

Os Estados Unidos respondem por cerca de 40% de toda a área plantada com culturas GM no mundo e cultivam as únicas árvores frutíferas GM já no mercado: um mamoeiro GM resistente a um vírus (também cultivado na China) e uma macieira GM cujas maçãs não escurecem depois de cortadas.

Já existe **uma árvore geneticamente modificada que pode ser plantada legalmente nos Estados Unidos**. Em 2015, o Departamento de Agricultura (USDA) decidiu que não lhe competia avaliar um **pinheiro loblolly** (*Pinus taeda*) geneticamente modificado pela empresa **ArborGen** e, portanto, podia ser liberado sem qualquer avaliação oficial de risco.<sup>41</sup> A ArborGen disse que o pinheiro foi geneticamente engenheirado para aumentar a densidade da madeira, na produção de celulose, papel, madeira e “bioenergia”.<sup>42</sup> A empresa pode cultivar e vender legalmente os pinheiros GM,<sup>43</sup> mas disse que não os está explorando, pois “avançou para outras coisas”.<sup>44</sup> Sua decisão pode ser explicada por um estudo posterior que mostrou que, embora a árvore GM tenha aumentado a densidade da madeira, ela também cresce mais lentamente.<sup>45</sup>

Um pedido anterior para autorizar um **eucalipto** GM tolerante ao frio nos EUA, apresentado em 2011 pela **ArborGen**, foi encerrado sem explicação em 2017, antes da conclusão da última etapa do processo.<sup>46</sup> Enquanto isso, a FuturaGene/Suzano do Brasil, que agora tem duas árvores de eucalipto GM aprovadas no Brasil, possui parcerias institucionais e de pesquisa nos EUA, assim como em outros países.<sup>47</sup>

Dois dos pesquisadores de árvores GM mais ativos e proeminentes no mundo estão nos EUA: Os professores **William A. Powell**, da Faculdade de Ciências Ambientais e Florestais da Universidade Estadual de Nova York (SUNY-ESF), e **Steven Strauss**, da Universidade Estadual de Oregon (OSU).

- Em 2020, liderada pelo Prof. Powell, a SUNY-ESF solicitou ao USDA a liberação na natureza de um **castanheiro americano** geneticamente modificado para resistir a um fungo, e disse que também pedirá a aprovação do governo canadense.<sup>48</sup> Essa decisão continua pendente.
- Até 2018, a OSU disse ter realizado mais de 100 testes de campo com árvores GM portando diversos atributos.<sup>49</sup> Os testes mais recentes envolvem um choupo branco GM tolerante ao herbicida glufosinato, e com floração precoce. A OSU também está realizando testes de campo do **choupo branco** GM com a empresa Living Carbon (ver Perfil nº 3 sobre a Living Carbon, páginas 35-37). Também foram emitidas autorizações para 32 testes de campo com uma **árvore-do-âmbar** (*Liquidambar styraciflua*) geneticamente modificada, o mais recente deles administrado pela **Universidade Estadual de Oregon** para alterar sua floração.<sup>50</sup>

**No Canadá**, há um teste de campo em andamento (desde 2009) com árvores de choupo GM, administrado por uma equipe de pesquisa na Queen’s University em Ontário, que investiga vários possíveis atributos.<sup>51</sup> O governo canadense antes disso já havia gastado até 20 milhões de dólares em pesquisas com árvores GM através do Serviço Florestal Canadense,<sup>52</sup> incluindo testes de campo com choupos geneticamente modificados para tolerância a herbicidas e outros atributos (2000-2014), bem como com um pinheiro-do-Canadá (*Picea glauca*) Bt resistente a insetos (2000-2006).<sup>53</sup>

## Nova Zelândia e Austrália

---

### Há testes de campo em andamento com pinheiros radiata GM na Nova Zelândia.

Existem atualmente testes de campo de longo prazo com um pinheiro radiata (*Pinus radiata*) GM na **Nova Zelândia**, conduzidos por um instituto público de pesquisa florestal chamado **Scion**. Os testes aprovados em 2010 **durarão 25 anos**,<sup>54</sup> examinando alterações no crescimento das plantas, aquisição de biomassa, desenvolvimento reprodutivo, tolerância a herbicidas, utilização de biomassa, densidade, e estabilidade dimensional da madeira.<sup>55</sup>

**Há uma longa história de testes de campo com árvores GM, e de protestos contra eles, na Nova Zelândia**. Em 2000, a Scion obteve autorização para realizar um teste de campo de nove anos de duração com um **pinheiro radiata** (*Pinus radiata* D. Don) GM e um abeto da Noruega (*Picea abies* (L.) Karst) tolerantes a herbicidas.<sup>56</sup> Entretanto, em 2006, quatro pessoas foram presas nas instalações de pesquisa durante uma manifestação contra árvores GM<sup>57</sup> e em 2008 o ensaio foi desativado depois que a instalação de contenção de testes de campo da Scion foi invadida por manifestantes que destruíram algumas mudas.<sup>58</sup> O ensaio de campo foi replantado em 2011<sup>59</sup> mas, em 2012, os manifestantes voltaram a destruir árvores no mesmo projeto.<sup>60</sup>

Em 2010, 260.000 árvores de **eucalipto** GM tolerantes ao frio, desenvolvidas na Nova Zelândia pela Horizon 2 em parceria com a Rubicon (agora **ArborGen**), foram enviadas para testes de campo em 28 locais no sul dos EUA.<sup>61</sup>

Não constam testes de campo com árvores geneticamente modificadas para plantações comerciais nos registros oficiais da **Austrália**, que é o centro de origem do eucalipto.

## Ásia

---

**A primeira e única árvore GM plantada comercialmente em qualquer lugar do mundo é um choupo GM resistente a insetos, plantado em grande escala na China.**

### CHINA

**Choupos** geneticamente modificados resistentes a insetos (Bt) foram amplamente plantados na **China** em 2002, e duas variedades foram finalmente liberadas.<sup>62</sup> Essas árvores GM foram plantadas depois que um projeto para conter a desertificação com plantações em monocultura de choupos foi assolado por pragas de insetos.<sup>63</sup> A liberação não foi monitorada de perto<sup>64</sup> e é difícil confirmar as escassas informações disponíveis. Em 2021, os choupos GM supostamente ocupavam 450 hectares na China,<sup>65</sup> embora um pesquisador na China tenha declarado em 2004 que um milhão de árvores haviam sido plantadas e que o governo tinha o objetivo de plantar 44 milhões de hectares até 2012.<sup>66</sup>

Há uma enorme quantidade de pesquisas laboratoriais em andamento sobre várias questões e espécies de árvores na China,<sup>67</sup> entre elas o bambu<sup>68</sup> e a seringueira,<sup>69</sup> com um número desconhecido de testes de campo. Embora a China exija licenças para testes de campo, ela não as divulga publicamente.<sup>70</sup> Há relatos de 84 licenças para testes de campo com árvores GM concedidas na China antes de 2010, para árvores incluindo choupo, acácia-branca (*Robinia pseudoacacia*) e acácia-do-Japão (*Sophora japonica*).<sup>71</sup>

É provável que testes de campo com **eucaliptos** GM estejam em curso na China porque é uma árvore comum em plantações no país e há evidências de pesquisa em laboratório.<sup>72</sup> Além disso, em 2011, a **FuturaGene**, a subsidiária da **Suzano** que desenvolveu as duas árvores de eucalipto GM aprovadas no Brasil, abriu uma sede chinesa em Xangai.<sup>73</sup> Em 2014, a Suzano disse em relação às árvores GM: “No futuro, na China, pretendemos plantar choupo e eucalipto em regiões adequadas [em] várias províncias”.<sup>74</sup>

### JAPÃO

No **Japão**, testes de campo com **eucaliptos GM** foram realizados em série pelo Centro de Pesquisa Genética da Universidade de Tsukuba. O mais recente foi sobre a tolerância ao frio, em um ensaio que se estendeu de 2013 a 2017, e foram concedidas seis licenças para testes de campo com eucaliptos GM tolerantes ao sal, que duraram de 2005 a 2011.<sup>75</sup>

O Centro de Melhoramento de Árvores Florestais no Japão também conduziu um ensaio de campo de quatro anos com um **choupo** GM rico em celulose (2007-2011).<sup>76</sup> Em 2018, o Centro relatou seus esforços para desenvolver um **cedro japonês (ou Sugi; *Cryptomeria japonica*)** GM sem pólen, porque as plantações de Sugi causam muitas alergias no Japão.<sup>77</sup>

Em 2003, a empresa japonesa Oji Paper Company anunciou que havia desenvolvido, com a Universidade de Gifu, um eucalipto GM apto a ser cultivado em solos ácidos.<sup>78</sup> Os pesquisadores disseram que pretendiam iniciar plantações ao ar livre dentro de dez anos, mas não há evidências de que isso tenha acontecido. Em 2000, a Oji Paper Co. também estava realizando testes de campo no **Vietnã**.<sup>79</sup>

## ÍNDIA E MALÁSIA

Nos últimos anos, **seringueiras** geneticamente modificadas (*Hevea brasiliensis*) no sudeste asiático têm chamado a atenção. A pesquisa se baseia no sequenciamento do genoma da seringueira em 2016 pela principal instituição de pesquisa do Japão, o Centro RIKEN para a Ciência de Recursos Sustentáveis, em colaboração com a Universiti Sains Malaysia.

Hoje ocorrem testes de campo com **seringueiras GM** na Índia e na Malásia:

- Em 2021, a **Índia** aprovou seu primeiro ensaio de campo em árvores GM, com uma seringueira desenvolvida no **Instituto de Pesquisa da Borracha da Índia** para crescer mais rapidamente.<sup>80</sup> O diretor do instituto disse: “É uma grande conquista, pois somos os primeiros a plantar uma cultura GM no solo, enquanto outros ainda as estão guardando em seus laboratórios”.
- Em 2015, na **Malásia**, apesar das preocupações de organizações da sociedade civil,<sup>81</sup> foi aprovado um **teste de campo de 20 anos** com uma seringueira geneticamente modificada.<sup>82</sup> A árvore GM foi desenvolvida pelo **Conselho de Borracha da Malásia** para produzir compostos que podem ser usados em medicamentos.<sup>83</sup>

**Tailândia, Indonésia, Vietnã, Índia, Costa do Marfim, China continental e Malásia, os sete maiores produtores de borracha do mundo, juntos respondem por 84% da produção mundial desse produto.<sup>84</sup> Aproximadamente 90% da borracha mundial é colhida por pequenos produtores.<sup>85</sup>**

**Não há hoje projetos avançados de engenharia genética com palmeiras de óleo/dendezeiros (*Elaeis guineensis*, Jacq.).** No entanto, o Diretor Geral do Conselho de Óleo de Palma da Malásia é o Dr. Ahmad Parveez Ghulam Kadir, que desenvolveu o primeiro dendezeiro GM em 1997<sup>86</sup> e continua envolvido em pesquisas sobre a engenharia genética com essa palmeira, para produzir plásticos biodegradáveis.<sup>87</sup> Outros pesquisadores estão começando a conceituar a utilização de técnicas de edição genética, como CRISPR-Cas9, para criar tolerância ao estresse abiótico no dendezeiro.<sup>88</sup>

Não encontramos evidências de pesquisa com árvores GM na Indonésia.

Em 2003, o governo da Tailândia decretou a proibição geral dos ensaios de campo com OGMs, em resposta à oposição do público.

## ISRAEL

A FuturaGene diz ter realizado testes de campo anteriores em **Israel** (2015)<sup>89</sup> e pode ter testes em andamento.<sup>90</sup> As espécies não são identificadas, mas pode-se supor que incluem o eucalipto, pois este é o foco de pesquisa da FuturaGene. O Governo de Israel não divulga informação sobre testes de campo.

## Europa

**Tabela 2: Licenças para Testes de Campo com Árvores Florestais GM na Europa desde 2003, após a implementação da Diretiva 2001/18/CE (no 17 de outubro de 2002).<sup>91</sup>**

País	Número de Licenças	Espécies	Atributos*	Candidatos	Testes de Campo Hoje
Suécia	13	Espécies de Populus (álamo)	qualidade da madeira alterada	Umeå University (5), Swedish University of Agricultural Sciences (SLU) (3), SweTree (5)	2 testes de campo que terminam em 2024 e 2026 (SweTree)
Finlândia	4	Espécies de Populus (álamo), bétula	qualidade da madeira alterada, crescimento, risco ambiental	University of Joensuu (2), University of Helsinki (2)	1 teste de campo em andamento, que termina em 2023 (University of Helsinki)
Bélgica	3	Choupo	qualidade da madeira alterada, produção de biomassa, resistência ao estresse biótico e abiótico	University of Ghent (3)	1 teste de campo em andamento, que termina em 2025 (University of Ghent)
Polônia	2	Espécies de Populus (álamo e choupo)	qualidade da madeira alterada	Warsaw University (2)	-
Espanha	2	Espécies de Populus (álamo)	produção de biomassa	Universidad Politécnica de Madrid (2)	-
França	3	Espécies de Populus (álamo)	qualidade da madeira alterada	INRA – Institut National de la Recherche Agronomique (3)	-

\*Algumas empresas não descrevem com precisão seu atributo de “qualidade da madeira” da GM nas licenças. Ela pode incluir mudanças no teor de lignina (menos ou mais) e/ou mudanças no teor de celulose, densidade da madeira e comprimento das fibras.

## Existem testes de campo com árvores GM hoje na Suécia, Finlândia e Bélgica.

Com exceção de dois testes de campo com **bétula** GM na Finlândia, todos os experimentos de campo com árvores florestais GM na Europa utilizam **espécies do gênero Populus**, em particular um híbrido de **álamo** (*Populus tremula x Populus tremuloides*). Todos os testes de campo com árvores GM na Europa foram realizados por universidades, exceto os testes de campo na Suécia, realizados pela empresa de biotecnologia florestal SweTree.

**Quase a metade de todas as licenças para testes de campo na Europa foram emitidas na Suécia**, que é o quinto maior exportador mundial de produtos de papel e celulose. Treze licenças foram emitidas desde 2010, incluindo dois testes de campo em curso conduzidos pela **SweTree**. A SweTree tem uma “colaboração estratégica de longo prazo” com o centro de pesquisa em biotecnologia de árvores do Centro de Ciências Vegetais de Umeå, na Suécia.<sup>92</sup>

O VIB (Instituto Flandres de Biotecnologia/Vlaams Instituut voor Biotechnologie) da Universidade de Ghent, na **Bélgica**, abriga o Centro de Biologia de Sistemas Vegetais, onde há choupos GM sendo testados em campo. A universidade conduziu três testes de campo com choupos GM desde 2008, e há **um teste em andamento a ser concluído em 2025**. Esse projeto visa reduzir o teor de lignina em choupos “para a produção de bioenergia e de uma variedade de outros produtos de base biológica”.<sup>93</sup> Em 2020, o grupo de pesquisa divulgou seu estudo<sup>94</sup> sobre o uso da técnica de edição genética do CRISPR-Cas9 para “**ajustar com precisão o teor de lignina**” de modo estável, em um projeto que descrevem como a “CRISPRagem de árvores para uma economia amiga do clima”.<sup>95</sup>

O **Prof. Wout Boerjan** da Universidade de Ghent é um destacado promotor das árvores GM e coautor de uma carta de 2019, com o Prof. Ove Nilsson, do Departamento de Genética Florestal e Fisiologia Vegetal do Centro de Ciências Vegetais de Umeå, na Suécia, e o Prof. Steven Strauss (EUA), exortando os regimes de certificação florestal a aceitarem as árvores GM.<sup>96</sup> (Ver Conselho de Manejo Florestal/FSC, páginas 38-40.) Ele também foi coautor de um documento com o Prof. Strauss acusando a Convenção das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica (CDB) de “ter-se tornado uma plataforma para impor amplas restrições à pesquisa e desenvolvimento de todos os tipos de árvores transgênicas”,<sup>97</sup> depois que a CDB reafirmou a necessidade de os governos adotarem uma abordagem de precaução ao lidarem com a questão de árvores geneticamente modificadas.

# OS RISCOS





# Os Riscos Ambientais das Árvores Geneticamente Modificadas

“Árvores geneticamente modificadas são uma ameaça para um futuro sustentável. A engenharia genética proporciona uma distração de soluções reais, e sua implantação representaria um perigo concreto para os ecossistemas florestais.”

– Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN); Federação dos Povos Huni Kui do Acre, Brasil; Rede Ambiental Indígena; Ecoropa; Coalizão Global pelas Florestas; Projeto Ecologia da Justiça Global; Biofuelwatch; Canadian Biotechnology Action Network, 2021<sup>98</sup>

**As árvores geneticamente modificadas apresentam grandes incertezas e trazem uma ampla gama de riscos novos e únicos para as florestas e outros ecossistemas.**

**Os ecossistemas florestais são altamente complexos e pouco compreendidos.** Avaliar como a liberação de árvores GM irá afetar outras árvores, plantas de sub-bosque, insetos, solos, fungos, vida selvagem e comunidades humanas ao longo do tempo, exigiria uma compreensão muito melhor da ecologia florestal do que a que temos atualmente. Avanços recentes revelaram interdependências altamente complexas, circuitos de retroalimentação e redes de comunicação entre as espécies florestais.<sup>99</sup> **Esta incrível complexidade aumenta as incógnitas e incertezas sobre a introdução de árvores GM.**

“Mesmo mudanças aparentemente pequenas nas características de uma árvore florestal chave podem ter impactos em cascata.”

– Dra. Martha Crouch, Centro pela Segurança do Alimento, 2015<sup>100</sup>

## A contaminação por OGMs é inevitável

A contaminação por OGMs – a fuga e propagação indesejadas de organismos geneticamente modificados (OGMs) ou do material genético de OGMs para organismos não geneticamente modificados – é um risco claro e sério com as árvores geneticamente modificadas. A experiência global com plantas e animais GM mostra que a fuga pode e vai acontecer, tanto de experimentos como de liberações comerciais.<sup>101</sup> Erro humano, biologia, polinização e movimento do vento, eventos climáticos extremos e outros fatores tornam provável e, em muitos casos, inevitável a contaminação por OGMs.

**As árvores GM representam um risco particularmente alto de contaminação** porque as árvores são organismos grandes e de vida longa, que produzem pólen e sementes abundantes e projetados para percorrer longas distâncias,<sup>102</sup> com a ajuda do vento e de animais.<sup>103</sup> Por exemplo, um pinheiro produz cerca de 100 milhões de grãos de pólen por dia, e o pólen de um pinheiro que subiu até 610 metros na atmosfera e atravessou mais de 41 quilômetros de água até uma ilha ainda foi considerado viável.<sup>104</sup> As árvores produzem pólen e sementes ano após ano, durante décadas, ou até séculos.

Além disso, algumas árvores, como o choupo, são capazes de se reproduzir assexuadamente através da propagação vegetativa. Em algumas espécies, galhos isolados podem enraizar ou raízes podem formar brotos e virar árvores maduras. É por isso que, na regulamentação canadense, por exemplo, o sistema radicular deve ser totalmente removido e o solo deve ser monitorado para o desenvolvimento de brotos durante três anos consecutivos após os testes de campo com árvores de choupo GM.<sup>105</sup> Essas raízes são numerosas e minúsculas, aumentando a probabilidade de falha humana neste manejo do material vegetal. Isso é apenas um dos muitos caminhos de fuga conhecidos. **Apesar do risco de contaminação nas experiências ao ar livre, os testes de campo com árvores GM continuam em todo o mundo.**

**Uma vez iniciada a contaminação por OGMs nas florestas, ela não pode ser detida.**

As árvores também são menos domesticadas do que as plantas cultivadas, o que significa que muitas têm parentes silvestres ou ferais com os quais podem intercruciar. Portanto, as árvores GM podem se espalhar e persistir no meio ambiente mais facilmente do que a maioria das plantas GM cultivadas.

**A contaminação por OGMs é uma poluição viva, que pode se autorreplicar.** Uma vez liberados em nosso meio ambiente, os organismos geneticamente modificados podem ser difíceis ou impossíveis de controlar ou de recolher. **Uma vez iniciada a contaminação por OGMs nas florestas, ela não pode ser detida.** Se as árvores GM contaminarem as florestas nativas, essas florestas se tornarão elas mesmas contaminantes, criando um ciclo sem fim.

Propostas para tornar as árvores GM estéreis são comuns pois a ameaça de contaminação é largamente reconhecida,<sup>106</sup> mas estas tecnologias, na sua esmagadora maioria, não são infalíveis e trazem seus próprios, e graves, riscos ambientais.<sup>107</sup> Pesquisas para impedir o movimento de material genético a partir de árvores GM, tais como inibir o desenvolvimento de flores, pólen ou sementes, estão em andamento, e alguns destes métodos estão sendo testados em campo.<sup>108</sup> Entretanto, é extremamente difícil suprimir totalmente a reprodução de árvores, e mesmo um pequeno fluxo de genes pode acabar propagando características e até árvores GM na natureza.

**“Não devemos confiar em nossa capacidade de manter as plantas GM sob rédea curta. Ao contrário, a contenção total nunca pode ser garantida ou presumida, e nossa avaliação de risco deve se fundamentar na ideia de que os transgenes sempre têm alguma chance de escapar.”**

– Michelle Marvier e Rene Van Acker, 2005<sup>109</sup>

## **Os riscos singulares e inerentes da engenharia genética**

**Os processos envolvidos na engenharia genética, inclusive na edição de genomas (também chamada de edição de genes), geralmente resultam em mudanças não intencionais no DNA e nas características.**<sup>110</sup> Alterar ou introduzir genes pode provocar mudanças, não apenas no(s) gene(s) alvo(s), mas também em outros lugares, de forma inesperada, muitas vezes surpreendente e imprevisível, e pode ter impactos profundos sobre o organismo. Erros genéticos indesejáveis podem ocorrer mesmo quando as mudanças desejadas em si são pequenas.<sup>111</sup>

Os genes não funcionam como unidades isoladas, mas interagem uns com os outros e com seu ambiente de maneiras complexas que não são bem compreendidas ou previsíveis. O conceito de que um gene determina apenas uma característica é excessivamente simplista e ultrapassado.<sup>112</sup> Ao contrário, muitos genes podem interagir para determinar uma característica específica, e um gene pode estar envolvido com múltiplas características. As mudanças feitas em qualquer um dos genes envolvidos podem, portanto, ter impactos de longo alcance, mesmo sobre atributos aparentemente não relacionados.

Atributos não intencionais são comuns em culturas GM já no mercado.<sup>113</sup> No caso de árvores, efeitos não intencionais da engenharia genética poderiam, por exemplo, alterar inesperadamente os nutrientes nas sementes das quais dependem muitos animais,<sup>114</sup> ou a capacidade da árvore de colaborar com a comunidade micorrízica, comprometendo assim a resiliência ou as defesas da árvore.<sup>115</sup>

**Características inesperadas também podem surgir a partir de interações entre genes e o meio ambiente**, só se tornando aparentes, por exemplo, em épocas de estresse ambiental, como a seca.

Os novos atributos GM podem apresentar o desempenho pretendido para o propósito comercial desejado, ao mesmo tempo em que se comportam de forma imprevisível. Por exemplo, o teor da toxina Bt GM presente no milho comercial tolerante a insetos GM varia em diferentes tecidos vegetais, bem como em diferentes estágios de desenvolvimento e de uma geração para outra.<sup>116</sup>

**Os próprios atributos GM desejados também podem deixar de funcionar** com o tempo (inclusive os de esterilidade), com possíveis impactos inesperados a longo prazo. A proposta de introduzir um castanheiro americano GM nas florestas do leste da América do Norte é baseada no suposto sucesso de um novo traço GM para proteger as árvores da doença *Cryphonectria parasitica*. Entretanto, os estudos apresentados ao governo americano como parte do pedido para plantar essas árvores GM contêm informações limitadas sobre o desempenho futuro dessa tolerância à doença. Todos os testes foram feitos em árvores jovens cultivadas em laboratório e durante testes de campo de curto prazo, embora se saiba que árvores mais jovens são naturalmente mais resistentes à doença. Os castanheiros americanos podem viver por mais de 200 anos, e o desempenho deste ou de qualquer outra característica GM pode ser afetado por condições ambientais experimentadas durante toda sua vida útil, tais como seca, enchentes, calor, pragas, bem como por mudanças básicas associadas a seu envelhecimento. Além disso, tais esforços para engenheirar geneticamente a resistência a um patógeno provavelmente não terão sucesso a longo prazo, simplesmente porque os patógenos evoluem rapidamente para superar as defesas das plantas.<sup>117</sup>

Alterar atributos pode causar mudanças em outras funções, algumas mais previsíveis do que outras. Por exemplo, a ArborGen descobriu que seu eucalipto GM com maior densidade da madeira cresce mais lentamente.<sup>118</sup> Essas trocas podem resultar em **árvores mais fracas**. Por exemplo, é comum tentar reduzir o teor de lignina em árvores GM para produzir biocombustíveis, mas isso pode comprometer a integridade estrutural da árvore e suas defesas contra pragas e outras agressões (abióticos), como temporais ou enchentes.<sup>119</sup> Árvores geneticamente alteradas para crescimento rápido podem apresentar vulnerabilidades semelhantes. **A disseminação dessas características das plantações para as florestas e ecossistemas vizinhos poderá gerar sérios impactos na saúde das florestas.**

## Alterações nos ecossistemas florestais

A engenharia genética em árvores para mudar as características da madeira pode aumentar ou diminuir a taxa de decomposição da madeira, o que pode ter implicações **nos ciclos de nutrientes e na biodiversidade de uma floresta**. A velocidade da decomposição da madeira é importante para os ciclos de vida dos insetos, a composição e abundância de fungos e microrganismos do solo, e toda a teia alimentar.

A primeira e, até agora, única árvore GM lançada comercialmente é um choupo resistente a insetos (Bt) na China. As toxinas Bt geradas pelas plantas podem impactar as pragas-alvo como previsto, mas também podem ser tóxicas para insetos não-alvo e benéficos,<sup>120</sup> com possíveis impactos nas cadeias alimentares florestais e outros sistemas florestais. Aproximadamente uma década após a comercialização do milho Bt, pesquisas encontraram impactos negativos dos resíduos do milho Bt sobre organismos aquáticos em riachos próximos a fazendas,<sup>121</sup> e enquanto testes de laboratório mostram uma toxicidade variável,<sup>122</sup> todos os impactos das plantas Bt no mundo real de abelhas e outros polinizadores, e sobre os herbívoros e seus predadores, permanecem desconhecidos.

As árvores estão sendo modificadas geneticamente para expressar características que podem torná-las invasivas e prevalecer sobre outras árvores, por exemplo, árvores modificadas para

crescer mais rapidamente ou com folhas maiores poderão concorrer com vantagens sobre as mudas de outras árvores, na luta por luz e espaço nas florestas.

Além disso, há um grande esforço para incorporar a tolerância genética ao frio em árvores de eucalipto. Essa característica, se funcionar como se espera, poderá permitir que as árvores prosperem em áreas onde antes não podiam, expandindo ainda mais seu alcance, com novos riscos.



**“Mudanças genéticas introduzidas em árvores contra ameaças à saúde da floresta têm o potencial de promover características de espécies invasoras que desequilibram os ecossistemas”**

– National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, EUA, 2019<sup>123</sup>

A mudança de características das árvores cultivadas em plantações pode ter impactos ecológicos além da plantação, mesmo sem fuga alguma de árvores GM. Por exemplo, a experiência com culturas agrícolas GM sugere que plantações de árvores GM resistentes a insetos poderão ensejar o **surgimento de outras pragas (secundárias)**,<sup>124</sup> afetando as florestas ou plantações próximas.

## **Os impactos ambientais da expansão das plantações**

A maioria dos experimentos de engenharia genética em árvores é com árvores de plantação, para aumentar a produtividade e a rentabilidade das monoculturas usadas para produzir madeira, papel e outros materiais. Se árvores GM forem comercializadas com sucesso para tais usos, poderão ser amplamente plantadas em todo o mundo, **estimulando ainda mais investimentos em plantações de monocultura destrutivas, para produzir insumos industriais**. A engenharia genética de árvores mais eficientes na produção de combustíveis líquidos, por exemplo, é outra proposta comum, que poderá aumentar – em vez de diminuir – pressões econômicas para converter ainda mais terra em plantações de árvores.

Plantações de árvores não são florestas: elas não sustentam a mesma biodiversidade que os ecossistemas florestais. Muitas vezes esgotam os recursos hídricos; degradam e corroem o solo, e fazem uso extensivo de agrotóxicos. Os impactos ecológicos das plantações são sentidos por comunidades locais, que frequentemente ficam sem meios de subsistência, alimentos ou água, com poucas alternativas.<sup>125</sup> Em 2018, mais de mil mulheres do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) no Brasil ocuparam uma fábrica da Suzano, empresa de papel e celulose. As principais queixas delas incluíam a exaustão dos recursos críticos de água doce e a poluição da água pela pulverização aérea de agrotóxicos nas plantações de eucalipto (ver Perfil #1 páginas 28-31).<sup>126</sup>

**“Acabar com o modelo florestal dominante é uma questão de vida ou morte. Devemos pôr fim aos efeitos nocivos da monocultura florestal: a crise hídrica sem fim, a degradação da terra arável, a pobreza urbana e rural, a perda de floresta nativa, das zonas úmidas, dos ecossistemas e a proliferação de incêndios florestais.”**

– Declaração pública emitida pelos movimentos sociais dos Povos Chileno e Mapuche, 2017<sup>127</sup>



## Falsas soluções para o clima e a biodiversidade

“As tentativas de promover a saúde das florestas contornando a evolução e manipulando a genética das árvores... estão fadadas ao fracasso, com impactos potencialmente irreversíveis sobre os próprios ecossistemas que supostamente se destinam a ajudar.”

– Rachel Smolker, Anne Petermann e Rachel Kijewski, 2018<sup>128</sup>

Muitos defensores das árvores GM afirmam que precisamos mudar as árvores para proteger as florestas ameaçadas e ajudar a deter a mudança climática. Por exemplo, o site da “Petição de Apoio à Pesquisa em Biotecnologia Florestal” da Universidade Estadual do Oregon argumenta que, “Muitas florestas enfrentam ameaças existenciais devido à propagação de pragas e mudanças climáticas e precisam da biotecnologia ou de outras soluções genéticas inovadoras para ajudá-las a sobreviver e prosperar”.<sup>129</sup> Entretanto, **longe de proteger os ecossistemas florestais, as árvores GM representariam uma nova ameaça.**

## PERFIL #1

### 751KO32: O Brasil aprova o plantio comercial de um eucalipto geneticamente modificado tolerante a um herbicida

SITUAÇÃO: Aprovado, mas não plantado

Além do choupo GM plantado na China há vinte anos, no Brasil um eucalipto GM tolerante a um herbicida pode em breve ser a primeira árvore GM de plantação a ser lançada comercialmente. Essa é a segunda de duas árvores GM de eucalipto aprovadas, mas ainda não plantadas, no Brasil.

Em 16 de novembro de 2021, a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) do Brasil aprovou o plantio e o uso comercial de uma árvore de eucalipto GM tolerante a um herbicida. Esse eucalipto GM (identificado com o número 751KO32) foi desenvolvido pela empresa FuturaGene, subsidiária da empresa brasileira de papel e celulose Suzano, e vem na sequência da aprovação no Brasil, em 2015, do eucalipto GM de crescimento rápido da Suzano, que também ainda não foi lançado comercialmente.<sup>b</sup>

**A aprovação pelo Brasil, em 2021, desse eucalipto GM tolerante a um herbicida foi concedida em um processo de apenas cinco meses.** A decisão foi condenada por 33 organizações no Brasil, junto com muitos grupos em toda a América do Sul e ao redor do mundo.<sup>130</sup>

## O novo eucalipto GM foi modificado para ser usado com o herbicida glifosato

A árvore de eucalipto GM recentemente aprovada é tolerante ao glifosato, o que significa que a árvore foi modificada geneticamente para sobreviver à pulverização com herbicidas à base de glifosato, mesmo quando a árvore é jovem e mais vulnerável, enquanto todas as ervas daninhas e outras plantas ao seu redor morrerão.

A Suzano afirma que este eucalipto GM, “permitirá um controle mais eficiente de ervas daninhas com menor carga química e melhores condições para os trabalhadores”.<sup>131</sup> No entanto, a mesma promessa foi feita pela indústria biotecnológica em relação às culturas GM tolerantes a herbicidas, e provou ser falsa. **O uso de herbicidas aumentou significativamente com o plantio de culturas GM tolerantes a herbicidas na América do Norte<sup>132</sup> e América do Sul.<sup>133</sup>** “Houve um aumento de mais de 3 vezes no uso de agrotóxicos na cultura de soja entre 2000 e 2012”, após a introdução da soja GM de marca Roundup Ready.<sup>134</sup> Estatísticas oficiais mostram que as taxas de uso de glifosato aumentaram significativamente tanto no Brasil quanto na Argentina,<sup>135</sup> onde a soja tolerante ao glifosato representa 85% e 100% de toda a soja cultivada, respectivamente.<sup>136</sup>

O glifosato é utilizado para limpar a terra de outras plantas a fim de preparar locais de plantio de árvores, e também é aplicado em novas plantações nos primeiros anos de crescimento. Como já foi demonstrado com as culturas GM, a praticidade das árvores que sobrevivem ao glifosato provavelmente levará ao uso maior, e mais frequente, desse agrotóxico. No caso de plantações de eucalipto, também pode incentivar a pulverização aérea de novas plantações, em vez da pulverização normal, direta das plantas no solo.

b A Suzano está buscando a aprovação para novas versões de suas árvores de eucalipto GM tolerantes ao glifosato. Em agosto de 2022, a CNTBio aprovou o nº 955S019.

Aproximadamente 88% de todas as culturas agrícolas GM cultivadas no mundo hoje são geneticamente modificadas para serem tolerantes a herbicidas,<sup>137</sup> a maioria delas ao glifosato.<sup>138</sup>

O glifosato hoje é o herbicida mais utilizado em todo o mundo. A agência de saúde brasileira, Anvisa, concluiu que existem **riscos à saúde das pessoas expostas ao glifosato** quando ele é aplicado nas culturas e estipulou uma distância segura a ser mantida de áreas povoadas ao utilizá-lo.<sup>139</sup> Isso é importante porque muitas pequenas comunidades estão cercadas por plantações de eucalipto, assim como outras estão cercadas por monoculturas de soja GM tolerantes ao glifosato. O uso de agrotóxicos no Brasil, na era das culturas GM, prejudica milhares de pessoas a cada ano.<sup>140</sup>

Os “**desertos verdes**” de plantações industriais de eucalipto<sup>141</sup> se tornarão ainda mais desprovidos de vida com o uso de árvores tolerantes ao glifosato, e poderão reproduzir os impactos na saúde humana e no meio ambiente do uso do glifosato na soja GM tolerante ao glifosato na América do Sul.<sup>142</sup>

### **Uma árvore de eucalipto GM anterior da Suzano foi aprovada no Brasil, mas não foi comercializada.**

Em 2015, a CTNBio aprovou uma árvore de eucalipto GM (identificada com o número H421) geneticamente modificada para crescer mais rapidamente, com maior rendimento.<sup>143</sup> **A reunião inicial da CTNBio para considerar a aprovação foi encerrada quando trezentos agricultores da Via Campesina interromperam a reunião.**<sup>144</sup> Nesse mesmo dia, mil mulheres do Movimento dos Trabalhadores Sem Terra (MST) ocuparam o viveiro da FuturaGene em São Paulo e destruíram as mudas de árvores.<sup>145</sup>



Em junho de 2014, 103 entidades na América Latina, 57 delas brasileiras, **reivindicaram uma moratória global sobre a liberação comercial de árvores geneticamente modificadas**, “devido a seus impactos sociais e ecológicos desconhecidos, porém potencialmente severos, e os riscos econômicos incalculáveis, que seriam assumidos predominantemente pelo público”.<sup>146</sup> Os grupos afirmaram que “O único benefício que vemos nessa nova tecnologia de alto risco, com impactos futuros desconhecidos (e seu possível custo associado incalculável), é o aumento dos lucros para os acionistas da Suzano”. Seu apelo acabou sendo apoiado por 146 entidades de justiça ambiental e social de todo o mundo.<sup>147</sup>

A Suzano disse que sua árvore GM aumentou a produtividade em 20%<sup>148</sup> e o chefe da FuturaGene disse em 2012: “Nossas árvores crescem mais rápido e mais grossas. Estamos à frente de todos. Mostramos que podemos aumentar a produtividade e as taxas de crescimento das árvores mais do que tudo o que é cultivado pelo melhoramento tradicional”.<sup>149</sup> Entretanto, a Suzano até hoje não lançou essa árvore GM aprovada,<sup>150</sup> segundo consta, porque **outras árvores de eucalipto desenvolvidas pelo melhoramento convencional acabaram sendo mais eficientes.**<sup>151</sup>



Cerca de 1.000 mulheres do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) ocuparam a Suzano em Itapetininga, São Paulo, Brasil. 2015. Foto cortesia do MST.

## As plantações de eucalipto poderão seguir expandindo

**A introdução de árvores geneticamente modificadas para aumentar sua produtividade pode não limitar a expansão das plantações, conforme prometem, mas aumentá-la.** As empresas que administram plantações de árvores há muito prometem que os ganhos de rendimento levariam a menos uso da terra e agora sugerem que a engenharia genética pode facilitar esta chamada “intensificação sustentável”.<sup>152</sup> Entretanto, não há evidências de que o aumento da produtividade tenha resultado em menos terra ocupada por plantações. A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura constatou que a quantidade de terra coberta por plantações de árvores aumentou 60% entre 1990 e 2010, embora a quantidade de madeira colhida por hectare de terra tenha aumentado em 50%.<sup>153</sup> No Brasil, a produtividade das plantações de eucalipto aumentou em 2,8%<sup>154</sup> enquanto houve um aumento de 34,3% na área plantada, de 5,56 milhões de hectares em 2014 para 7,47 milhões de hectares em 2020.<sup>155</sup>

A Suzano é a maior produtora de celulose do mundo e um dos maiores fabricantes e exportadores mundiais de celulose de eucalipto. De 2015 a 2020, a área de eucalipto da Suzano quase triplicou para 1.364.000 hectares.<sup>156</sup> Em 2021, a Suzano anunciou a construção de uma nova unidade fabril no Brasil, que será a maior fábrica de celulose em linha única do mundo.<sup>157</sup>

**O eucalipto responde por cerca de 78% das plantações de árvores no Brasil<sup>158</sup> e os produtos das plantações de árvores representam quase 5% das exportações totais do Brasil.<sup>159</sup>**

## Os conflitos sociais aumentarão

“O eucalipto da Suzano é inimigo de populações camponesas, indígenas, quilombolas, quebradeiras de coco babaçu, e outros povos e populações tradicionais.”

– Carta Pública de Denúncia do Eucalipto Transgênico da Suzano Papel e Celulose, 2022<sup>160</sup>



A aprovação do eucalipto GM da Suzano tolerante ao glifosato ocorreu ignorando a consulta livre, prévia e informada das comunidades onde ocorrerão os plantios. A empresa realizou testes de campo em três estados brasileiros sem informar as comunidades locais.<sup>161</sup>

Se o eucalipto GM for plantado, estará comprometido o futuro dos mercados internacionais do mel brasileiro. A contaminação do mel com traços de pólen GM é inevitável, pois estima-se que 35% da produção brasileira de mel vêm do eucalipto.<sup>162</sup> Existem 350.000 produtores de mel no Brasil.<sup>163</sup>

**As comunidades no Brasil há muito resistem às plantações de eucaliptos.**<sup>164</sup> Em 2008, no Dia Internacional da Mulher, 900 mulheres do movimento agrícola La Via Campesina, com 250 crianças, ocuparam 2.100 hectares de monoculturas de eucaliptos no Rio Grande do Sul que pertenciam à empresa sueca **Stora Enso**.<sup>165</sup> Em 2018, mais de mil mulheres do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) ocuparam uma fábrica de celulose na Bahia, de propriedade da **Suzano**, para protestar contra as plantações de eucaliptos da empresa e seus planos futuros de árvores geneticamente modificadas.<sup>166</sup>

Grupos contrários à aprovação do eucalipto GM no Brasil em 2015 disseram: *“Já existem numerosos e graves conflitos pelo acesso à terra, e as condições de vida das comunidades cercadas pelas operações da Suzano se deterioraram a ponto de muitas delas estarem lutando para garantir sua soberania alimentar e correrem cada vez mais riscos de perder seus territórios”*.<sup>167</sup> O Movimento Mundial pelas Florestas Tropicais escreve: *“No Brasil há dois modelos em pugna: o das grandes monoculturas (desde eucaliptos até cana de açúcar, passando pela soja e o arroz), em terras concentradas em umas poucas grandes empresas e o das comunidades de camponeses, indígenas e sem-terra, que constroem espaços produtivos coletivos e diversos e exigem a historicamente prometida reforma agrária.”*<sup>168</sup> Membros de algumas comunidades rurais em Moçambique, Tanzânia e Brasil se reuniram em 2021 e divulgaram uma declaração que dizia: *“...os eucaliptos e seringueiras ocuparam e destruíram as terras férteis das machambas [roças] e hoje as famílias não têm mais como se alimentar e algumas não têm mais onde morar.”*<sup>169</sup>

Em 2013, a Veracel, uma *joint venture* entre **Stora Enso** e **Suzano**, levou os indígenas Pataxós à justiça para tentar expulsá-los de uma área que eles haviam retomado perto das plantações da empresa no estado da Bahia.<sup>170</sup> Os Pataxós procuram ficar com vinte hectares, cercados pelas plantações de eucaliptos da Veracel,<sup>171</sup> e sua demanda pelas terras está paralisada na justiça.<sup>172</sup> Eles alegam que a Suzano é parcialmente responsável pela contínua destruição de seu território. Em junho de 2022, os Pataxós ocuparam duas fazendas, incluindo uma que cultivava eucaliptos para a Suzano.<sup>173</sup> Em um manifesto em vídeo, os líderes da Pataxós declararam: *“Estamos expulsando daqui as multinacionais, os milionários e os bilionários. Não restará uma única árvore de eucalipto em nossa terra sagrada, porque isso é ruim. Queremos nossa água, terra de qualidade, e nosso bioma recuperado. Não aceitamos essa destruição vergonhosa”*.<sup>174</sup>

## Os Planos da FuturaGene

A FuturaGene, subsidiária da Suzano, tem planos de desenvolver eucaliptos GM para plantio no Brasil, nos EUA e na China.<sup>175</sup> Em 2018, a empresa anunciou que está usando a tecnologia RNAi, da empresa de pesquisa do governo australiano CSIRO, para modificar geneticamente o eucalipto para ser resistente a pragas e doenças, e para modificar as propriedades da madeira.<sup>176</sup> Em dezembro de 2021, a FuturaGene anunciou que começaria a fazer a edição de genes (com CRISPR-Cas9) para modificar geneticamente o eucalipto para ser “mais produtivo, resistente a doenças e pragas e ter melhores propriedades de fibra”.<sup>177</sup> A FuturaGene também afirma que “a empresa pretende que as novas variedades sejam mais resistentes às mudanças climáticas e sirvam como alternativa aos produtos derivados de combustíveis fósseis”.<sup>178</sup>

## PERFIL Nº 2

### “Darling 58”: Proposta de Liberação nos EUA e Canadá de Castanheiros Americanos Geneticamente Modificados

SITUAÇÃO: Pendente de aprovação nos EUA

**Pesquisadores universitários solicitaram ao Departamento de Agricultura dos EUA aprovação para a liberação na natureza de castanheiros americanos geneticamente modificados.**

O castanheiro americano (*Castanea dentata*) é classificado como uma espécie ameaçada de extinção no Canadá e é frequentemente designada como “funcionalmente extinta” nos EUA, apesar de milhões de árvores ainda crescerem nas florestas do leste dos EUA.<sup>179</sup> Era uma árvore que dominava essa região da América do Norte até que uma doença fúngica – juntamente com o corte comercial de madeira – dizimou as populações na primeira metade do século XX.

Agora, pesquisadores da Universidade Estadual de Nova York, na Faculdade de Ciências Ambientais e Silvicultura (SUNY-ESF), modificaram geneticamente um castanheiro americano para ser tolerante a esse fungo, e estão solicitando ao governo dos EUA a aprovação de seu plantio irrestrito na natureza.<sup>180</sup> Eles chamam essa árvore GM de “Darling 58”, e propõem que seja usada para restabelecer o castanheiro americano nos EUA e no Canadá.

Se o pedido for aprovado, o castanheiro americano GM será a primeira árvore florestal geneticamente modificada a ser plantada fora dos ensaios de campo na América do Norte. **Será também a primeira planta geneticamente modificada introduzida com o objetivo de se espalhar livremente em ecossistemas naturais.**

## O castanheiro americano geneticamente modificado

O castanheiro americano geneticamente modificado (CA GM) foi alterado para tolerar o fungo parasita *Cryphonectria parasitica*. A pesquisa sobre a árvore GM começou por uma colaboração entre a SUNY-ESF e a Seção Nova Iorque da American Chestnut Foundation em 1990.

O CA GM é uma árvore transgênica, ou seja, foi geneticamente modificada pela inserção de material genético de outra espécie no DNA da árvore (no caso, sequências genéticas do trigo, de outra planta parente da mostarda, duas bactérias, e um vírus vegetal).

## A liberação do CA GM é um experimento em larga escala

**Se o CA GM for autorizado, ele será plantado especificamente para se espalhar livremente pelas florestas. Uma vez liberado na natureza, haverá pouco ou nenhum potencial para rastrear ou reverter sua propagação.**

Os pesquisadores se propõem a plantar o CA GM em florestas silvestres para que as árvores GM tolerantes à doença espalhem pólen e sementes GM, e polinizem os castanheiros americanos selvagens remanescentes, espalhando a tolerância à doença para as gerações subsequentes. Dizem que o plantio da árvore geneticamente modificada “restaurará” a espécie. Os opositores argumentam, entretanto, que a versão GM do castanheiro americano não restaurará, mas substituirá o castanheiro americano silvestre.

Não é possível avaliar os riscos de soltar essa árvore GM porque não sabemos o que acontecerá em ecossistemas florestais altamente complexos sujeitos à mudança climática, ao longo de várias gerações de castanheiros americanos, que podem viver por mais de 200 anos. Os impactos de sua liberação nos ecossistemas são desconhecidos, e nem poderão ser conhecidos até que sejam observados na natureza, ao longo de décadas e séculos.

Além disso, localizar e monitorar todas as árvores CA GM e sua progênie em nossas florestas será quase impossível, especialmente durante um longo período. Na verdade, não poderá haver um monitoramento abrangente, pois o público poderá plantar e compartilhar as árvores livremente.

O pólen e as castanhas do CA GM também poderão se espalhar cruzando fronteiras para outras jurisdições. Os impactos dessa propagação podem incluir violações da soberania indígena em todo o território do castanheiro americano.

Muitas espécies animais interagirão com os castanheiros americanos GM se forem liberados. Os impactos diretos sobre os animais poderão ocorrer pelo consumo de pólen, nozes, folhas e outras partes da árvore. Impactos indiretos também podem resultar da perturbação do habitat, se o Darling 58 substituir outras árvores que se estabeleceram nas florestas nas últimas décadas.

As observações e dados submetidos ao Departamento de Agricultura dos EUA para o registro do castanheiro americano GM são insuficientes para avaliar seus riscos ambientais. Por exemplo, as árvores Darling 58 só estiveram em ensaios de campo durante três temporadas de crescimento.<sup>181</sup> Além disso, alguns estudos relacionados aos impactos ambientais do CA GM, tais como aqueles para examinar se as folhas são tóxicas para girinos e insetos aquáticos, não utilizaram o Darling 58, mas versões anteriores da árvore GM que têm uma expressão mais baixa do atributo de tolerância à doença. Da mesma forma, estudos de alimentação para examinar potenciais impactos sobre as abelhas não utilizaram o pólen do Darling 58.<sup>182</sup>

## Uma simplificação exagerada da complexidade

O fator de tolerância à doença introduzido geneticamente no castanheiro americano pode até mesmo não funcionar.<sup>183</sup> O atributo pode não ser estável durante toda a longa vida útil da árvore, e diante de condições variáveis na natureza.

Além disso, a sobrevivência do castanheiro americano também enfrenta pelo menos um outro patógeno letal, e uma série de outras pressões, incluindo a mudança climática.<sup>184</sup> Se o Darling 58 poderá crescer e viver tempo suficiente para se estabelecer nas florestas, como um dia o fazia o castanheiro americano, ainda é uma incógnita.

**“As comunicações públicas sobre o projeto de engenharia genética com o castanheiro americano simplificaram teatralmente a ciência e a certeza envolvidas.”**

– The Campaign to STOP GM Trees, Biofuelwatch e o Projeto Global Justice Ecology<sup>185</sup>

**A liberação do castanheiro GM nas florestas seria um experimento em larga escala e irreversível.**

## Restaurando o castanheiro americano

Voluntários e pesquisadores dedicados no Canadá e nos EUA têm localizado e estudado castanheiros americanos que sobreviveram na natureza. Vários grupos de eminentes pesquisadores voluntários em ambos os países também estão fazendo o melhoramento convencional para obter um castanheiro americano que tolere a doença, inclusive cruzando o castanheiro americano com castanheiros chineses naturalmente resistentes. Todos estes esforços serão minados pela liberação de um castanheiro americano geneticamente modificado, que se espalhará e entrecruzarará com outros.<sup>186</sup>

“Há muito trabalho importante e valioso de retrocruzamento [um tipo de melhoramento convencional] em curso, e sentimos que esse progresso estará ameaçado se os híbridos 94% [de castanheiros] americanos forem contaminados por castanhas GM que podem espalhar seu pólen sem nenhum controle ou regulamentação, como está sendo proposto”.

— Lois A. Breault-Melican & Denis M. Melican, ex-membros da diretoria da Seção Massachusetts/Rhode Island da American Chestnut Foundation, em sua carta de demissão dessa fundação<sup>187</sup>

## Uma árvore para “testar as águas”?

O castanheiro americano GM já foi descrito por alguns adeptos como uma “árvore-de-teste” ou vitrine destinada a atrair o apoio do público para outras árvores geneticamente modificadas.<sup>188</sup> Seus defensores esperam que uma árvore GM divulgada para a restauração da espécie seja mais aceitável para o público do que árvores geneticamente modificadas para fins industriais e que, dessa forma, possa abrir espaço para os outros usos.

O desenvolvimento do castanheiro americano GM já está vinculado a interesses monetários em escala industrial. A Monsanto e a ArborGen forneceram apoio financeiro e técnico inicial, e a Duke Energy, a maior empresa *holding* de energia elétrica dos EUA, financiou o desenvolvimento da árvore, de olho em futuras plantações para abastecer suas fábricas de pelotização de madeira<sup>189</sup> e para fornecer madeira de alta qualidade.<sup>190</sup> A Duke Energy disse que os castanheiros americanos GM também seriam “máquinas altamente eficazes de sequestro de carbono” e mencionou planos para levantar créditos de carbono para o plantio dessas árvores GM em suas próprias áreas ambientalmente degradadas pela mineração de superfície na região dos montes Apalaches, no leste dos EUA.<sup>191</sup>

## PERFIL Nº 3:

### Living Carbon: Hipervalorizando o “Melhoramento” de Árvores para a Tecno-remediação do Clima

SITUAÇÃO: Nos primeiros testes de campo, créditos de carbono à venda

A empresa norte-americana Living Carbon diz ter desenvolvido árvores de choupo geneticamente modificadas de rápido crescimento para capturar mais carbono. Os testes de campo começaram em 2021, mas a empresa já está vendendo créditos de carbono.

A Living Carbon é uma pequena empresa de capital de risco sediada na Califórnia, fundada em 2019 com base na ideia de engenharia genética de árvores para capturar e armazenar mais carbono. A pesquisa está na sua infância, mas a empresa já está promovendo e vendendo sua ideia. O conceito é mal orientado e perigoso.

## O quê

A Living Carbon promove o “aprimoramento da fotossíntese” pela engenharia genética em choupos, para aumentar o crescimento e assim capturar mais carbono: “Ao aumentar a eficiência da fotossíntese, podemos ajudar as árvores a crescerem mais rápido e agirem como parceiros na captura de mais carbono da atmosfera”.<sup>192</sup> Após crescerem por cerca de 25 anos, os choupos GM seriam cortados e vendidos como madeira.<sup>193</sup>

A empresa promove o “reflorestamento com biotecnologia”<sup>194</sup> com uma **visão de “plantar florestas de árvores de carbono vivo”**.<sup>195</sup> A cofundadora Maddie Hall explica: “Nosso objetivo é diminuir em dois por cento as emissões globais até 2050, utilizando aproximadamente 13 milhões de acres de terra”.<sup>196</sup> Este é um ambicioso discurso de marketing que pressupõe o êxito de sua tecnologia, a aprovação pelo órgão regulador para o plantio de suas árvores GM, e o acesso a 5,2 milhões de hectares de terra.

Entretanto, o único artigo científico disponível que discute a pesquisa por trás desta árvore GM é um “Livro Branco”<sup>197</sup> de 2022 da própria empresa, que não foi revisado por pares. A Living Carbon relata ter constatado um aumento de 53% na biomassa de algumas das árvores de choupo GM experimentais, mas esse resultado é de apenas cinco meses de testes sob condições controladas de cultivo em ambientes fechados.<sup>198</sup> A pesquisa não mostra se as árvores podem continuar a crescer a esta taxa maior durante sua vida útil, ou o que mais pode acontecer com as árvores por conta das mudanças genéticas. As mensurações realizadas não são suficientes para apoiar a afirmação do documento de que “Nossos resultados fornecem uma prova de conceito para a engenharia de árvores para ajudar a combater as mudanças climáticas”.

**A empresa desenvolve um amplo leque de outras intenções e ideias que não parecem ter pesquisa substantiva por trás delas.** Ela afirma ter criado uma característica de acumulação de metais, que permitiria que as árvores absorvam níveis mais altos de metais em suas raízes<sup>199</sup> para serem cultivadas em “terras marginalmente produtivas”,<sup>200</sup> e alega ter iniciado um “projeto de descoberta” para engenheirar uma taxa de decomposição mais lenta da madeira, para prolongar o armazenamento de carbono e inibir a podridão<sup>201</sup> para o “armazenamento permanente de carbono”.<sup>202</sup> De modo geral, a empresa afirma que seu objetivo é fazer a engenharia genética em muitas espécies comuns como o abeto Douglas e o pinheiro, assim como o switchgrass (*Panicum virgatum*) e o linho, com características como a fixação de nitrogênio, tolerância ao sal, tolerância à seca e resistência ao fogo.<sup>203</sup>

“O sistema biológico é poderoso quando se trata de extração e armazenamento de carbono, mas, ao mesmo tempo, é complexo. É desnecessário dizer que projetar árvores para ter um impacto significativo na mudança climática é um objetivo desafiador.”

– Living Carbon, Livro Branco, 2022<sup>204</sup>

## Quando

“Não podemos nos dar ao luxo de esperar 30 anos para garantir que nada possa dar errado.”

– Professor Steven Strauss, Universidade Estadual do Oregon, falando sobre as árvores de Living Carbon, 2022<sup>205</sup>

A Living Carbon tem uma parceria de pesquisa e desenvolvimento com a Universidade Estadual do Oregon,<sup>206</sup> onde **começou os testes de campo em 2021**.<sup>207</sup> O choupo híbrido com o qual Living Carbon está experimentando foi “um presente” do Prof. Steven Strauss da Universidade,<sup>208</sup> que também faz parte do conselho consultivo científico da empresa.<sup>209</sup>

A empresa diz que avaliará o desempenho fotossintético da árvore e o acúmulo de biomassa com funcionários e estudantes em 2022.<sup>210</sup> Entretanto, ao mesmo tempo, a empresa diz que em 2022 começará a propagar suas mudas “em escala” dentro de projetos piloto de plantio em 3.200 acres nos EUA.<sup>211</sup>

Em resposta à pergunta: “Isto é apenas teórico ou vocês têm árvores no chão?”, a empresa cita seus testes de campo na universidade e mais de 3.000 acres de “projetos de carbono”.<sup>212</sup> Grande parte de sua divulgação deixa a impressão de que as árvores GM estão prontas para o plantio ou já estão crescendo. No entanto, ainda é ilegal plantar essas árvores de choupo GM.

Se a tecnologia funcionar como previsto, a liberação comercial de suas árvores geneticamente modificadas com fotossíntese pode ocorrer dentro de 10 a 15 anos.<sup>213</sup>

## Como

“Sem a receita dos créditos de carbono ou a compra de mudas, as mudas com fotossíntese melhorada [da Living Carbon] não seriam fornecidas ao mercado.”

– promoção G-dash da compra de compensações da Living Carbon's carbon, 2022<sup>214</sup>

**A Living Carbon não tem uma árvore GM para vender, mas já pôs sua ideia à venda.**

**Living Carbon está vendendo compensações de carbono** em seu próprio site<sup>215</sup> e em pelo menos quatro outros sites, inclusive o site japonês persefoni.com, por US\$ 40 por tonelada de CO<sub>2</sub>.<sup>216</sup>

Essas promoções podem conduzir a um mal-entendido de que as árvores GM já estão sendo plantadas comercialmente, e que o seu correto funcionamento foi comprovado. Por exemplo, a descrição ao comprar compensações no website da empresa afirma que “a Living Carbon desenvolveu as primeiras árvores do mundo com fotossíntese melhorada para capturar mais carbono e gerar mais receita por acre para florestas familiares baseadas nos EUA. Ao se inscrever, você contribui diretamente para o plantio em um terreno de 800 acres na Geórgia, como parte de nosso primeiro projeto de bioengenharia para o reflorestamento em larga escala”.<sup>217</sup> Em outro lugar, a empresa esclarece que o plantio de choupo GM no estado da Geórgia é “um local de pesquisa ativa”.<sup>218</sup>

A Living Carbon estava vendendo créditos de carbono pelo “*Living Carbon Hybrid Poplar Biotech-Enhanced Reforestation*”, mas, no final de julho de 2022, começou a trocar sua promoção para pinheiros, e o nome de seu projeto de compensação para “*Living Carbon Loblolly Pine Biotech-Enhanced Reforestation*”.

A empresa afirma que seu projeto de carbono foi “desenvolvido de acordo com a metodologia ARR da Verra Verified Carbon Standard (VCS)”.<sup>219</sup> Entretanto, ela não possui um projeto VCS certificado.<sup>220</sup>

O funcionamento da árvore GM da Living Carbon não foi comprovado e, no entanto, a empresa levantou US\$ 15 milhões de investidores que esperam lucrar com isso.<sup>221</sup> **Com ou sem uma árvore GM, a Living Carbon já está ganhando dinheiro.**

## Uma falsa tecno-remediação

Apesar dos riscos, tais pretensões tecno-remediadoras para a crise climática são vistas como convincentes por alguns já que, se as tecnologias realmente funcionarem como afirmam, elas poderão dispensar as políticas e mudanças sociais complexas inerentes à implementação de algumas soluções eficazes reais, mas que limitam a obtenção de lucros. As falsas “correções” tecnológicas, porém, são uma distração e um atraso. Neste caso, florestas saudáveis e diversificadas já são reconhecidas e comprovadas como solução. As árvores geneticamente modificadas as colocariam em perigo. A ideia da Living Carbon de consertar árvores é uma abordagem profundamente errada, fundada numa noção de que as árvores não são suficientemente boas e que os humanos podem melhorá-las.

# O Conselho de Manejo Florestal (FSC) começa a abrir a porteira para a liberação global de árvores geneticamente modificadas

A proibição do uso de árvores geneticamente modificadas no programa de certificação do Conselho de Manejo Florestal é um obstáculo ao uso comercial de árvores GM em todo o mundo, mas o FSC agora pretende supervisionar testes de campo com árvores GM e se prepara para rever sua proibição.

“O FSC é no momento uma barreira de mercado... Mas estamos vendo uma mudança nos órgãos de certificação. O FSC agora permite que as empresas florestais analisem as pesquisas sobre árvores GM. Estamos estimulando o diálogo com o FSC.”

– Stanley Hirsch, Chief Executive Officer, FuturaGene (Suzano), 2012<sup>222</sup>

Ironicamente, pode ser o Conselho de Manejo Florestal (FSC, pela sigla em inglês para “*Forestry Stewardship Council*”) – entidade que afirma “promover o manejo florestal responsável ao redor do mundo”<sup>223</sup> – quem vai abrir a porteira para a exploração comercial de árvores GM. As árvores geneticamente modificadas hoje são proibidas na certificação do FSC, mas o FSC está se preparando para supervisionar diretamente os testes de campo como passo para a autorização de árvores GM.

## Certificação para a proteção das florestas

O Conselho de Manejo Florestal é um dos principais organismos certificadores de produtos florestais do mundo, ao lado do Programa para o Endosso da Certificação Florestal (PEFC). Estes e outros programas, às vezes chamados de “Sistemas de Manejo Florestal Sustentável”, fornecem a certificação de produtos florestais de acordo com seus próprios padrões ambientais e sociais. 39% das plantações de árvores no Brasil são certificadas pelo FSC e/ou CerFlor/PEFC.<sup>224</sup>

Tanto o FSC quanto o PEFC proíbem o uso de árvores geneticamente modificadas em seus esquemas de certificação, e ambos estão sob pressão da grande empresa de papel e celulose Suzano<sup>225</sup> e de pesquisadores de biotecnologia de árvores<sup>226</sup> nas universidades para consentir a presença de árvores GM em seus programas de certificação.

Para serem vendidos com o logotipo FSC, um produto deve ser proveniente de terras certificadas pelo FSC, e cultivado por uma empresa também certificada pelo FSC. No entanto, as atividades



dessa empresa em terras não certificadas também estão sujeitas às normas FSC. Atualmente, o FSC proíbe o cultivo comercial de árvores GM por empresas certificadas, tanto em terras certificadas quanto em terras não-certificadas. **O FSC cita o cultivo de árvores GM<sup>c</sup> como uma “atividade inaceitável”**. Desde 2011, entretanto, o FSC permite que as empresas façam testes de campo com árvores GM, para fins de pesquisa, em áreas não-certificadas.

## O FSC atualmente é um obstáculo às árvores GM

As decisões do FSC poderão determinar o futuro das árvores GM.

**A proibição de árvores GM pelo FSC hoje impede que a Suzano, empresa membro do FSC, comercialize seus eucaliptos GM recentemente aprovados no Brasil.** A Suzano só poderá plantar seus eucaliptos transgênicos comercialmente se o FSC revogar sua política, ou se a Suzano abandonar o FSC.

A **Suzano** é membro do FSC e do PEFC, assim como as empresas **Stora Enso** (Suécia) e **International Paper** (EUA), todas elas com árvores GM em testes de campo. Em 2012, o diretor executivo da FuturaGene (empresa de biotecnologia de árvores da Suzano), Stanley Hirsch, chamou a certificação FSC de **“uma barreira de mercado” para as árvores GM.**<sup>227</sup>

As políticas do FSC têm um impacto direto sobre o desenvolvimento global de árvores GM. Por exemplo, a decisão do FSC em 2011 de permitir testes de campo com árvores GM para fins de pesquisa em áreas não certificadas levou a Suzano, e outras empresas associadas ao FSC, a expandirem seus testes com árvores GM.<sup>228</sup>

## O FSC está dando os primeiros passos para aceitar as árvores GM

**“O FSC vai explorar se pode desempenhar algum papel na governança responsável da engenharia genética.”**

– Conselho de Manejo Florestal, 2021<sup>229</sup>

Em 2021, o FSC iniciou um “processo de aprendizado sobre a engenharia genética” para ajudá-lo a discutir “se devemos ou não permitir que as empresas fiquem associadas ao FSC enquanto usam a engenharia genética fora de qualquer operação certificada pelo FSC”.<sup>230</sup> O importante, se o processo proposto avançar, é que o **FSC supervisionará diretamente testes de campo selecionados com árvores GM** em áreas não-certificadas.

*“O FSC pretende usar esse conhecimento para determinar se poderia desenvolver um **modelo de governança** que garanta salvaguardas rigorosas, a gestão de risco e a criação de valor compartilhado para a engenharia genética na silvicultura em áreas não certificadas pelo FSC. **Os conhecimentos também seriam usados para atualizar políticas em vigor e permitir no futuro a tomada informada de decisões pelo FSC e seus membros sobre tópicos relacionados ao desenvolvimento da engenharia genética na silvicultura [grifo nosso]**”.*<sup>231</sup>

Na primeira fase de seu “processo de aprendizado”, o FSC estabeleceu um painel de especialistas (junho/julho de 2022) para desenvolver “salvaguardas” que os futuros testes de campo com árvores transgênicas gerenciados pelo FSC precisariam cumprir.<sup>232</sup> O painel inclui o pesquisador e promotor de árvores GM, Prof. Steven Strauss, da Universidade Estadual do Oregon nos Estados Unidos, que há vinte anos faz campanha para que o FSC remova sua proibição das árvores GM.<sup>233</sup>

c A “Política para Associação” do FSC cita os organismos geneticamente modificados (OGMs) como proibidos, mas o Conselho do FSC propôs uma mudança nesta formulação em 2021, para limitar a proibição apenas e especificamente às árvores geneticamente modificadas.

“A pesquisa com árvores GM deve ser permitida imediatamente em terras certificadas, e as árvores GM comprovadas pela pesquisa como provedoras de valor devem no devido momento ser permitidas em florestas certificadas.”

– Steven Strauss et al, 2019<sup>234</sup>

Esta citação é de uma declaração escrita por pesquisadores de árvores GM, incluindo muitos identificados neste relatório como líderes nos esforços de desenvolvimento: os professores **Steven Strauss** da Universidade de Oregon, que está trabalhando com a Living Carbon; **William A. Powell**, que lidera a tentativa de aprovação do castanheiro americano GM nos EUA; **Wout Boerjan**, que faz testes de campo com árvores GM na Bélgica; **Sofia Valenzuela**, Universidade de Concepción do Chile; e **Zander Myburg**, da Universidade de Pretória, na África do Sul.

O FSC defende seu novo projeto dizendo: «**É provável que a engenharia genética na silvicultura continue a acontecer com ou sem o FSC**» e por isso o FSC deve discutir como “pode contribuir para minimizar os impactos negativos potenciais e otimizar os benefícios potenciais da tecnologia neste setor.”<sup>235</sup> Entretanto, como vimos na decisão do FSC de permitir testes de campo para árvores GM em terras não certificadas, o que o FSC considera admissível para empresas certificadas tem um enorme impacto no avanço da tecnologia da engenharia genética. **É claramente incorreto o FSC enxergar as árvores GM como inevitáveis e ignorar seu próprio papel na determinação deste futuro.**

**É incorreto o FSC enxergar as árvores GM como inevitáveis e ignorar seu próprio papel na determinação deste futuro**

# Os governos estão eliminando a regulação

“O único método confiável para impedir a fuga de material genético como os transgenes de árvores geneticamente modificadas é não liberar tais árvores no ambiente aberto.”

– EcoNexus, Canadian Biotechnology Action Network, STOP GM Trees Campaign, ECOROPA, Global Justice Ecology Project, Global Forest Coalition, e Movimento Mundial pelas Florestas Tropicais, 2008<sup>236</sup>

Os governos não estão equipados para avaliar os riscos de liberação de árvores GM. Por exemplo, as Academias Nacionais de Ciências, Engenharia e Medicina concluíram que, nos EUA, “A saúde florestal não é prevista nas normas para o uso da biotecnologia ou de outras técnicas de mitigação de pragas ou patógenos florestais... Não há regulamentos ou políticas específicas que essas agências [USDA, EPA, e FDA] apliquem às árvores biotecnológicas”.<sup>237</sup>

À medida em que avança o desenvolvimento das árvores GM, a regulamentação governamental retrocede. Muitos governos nacionais estão reduzindo ou removendo seu controle sobre os testes de campo e a liberação comercial de novos organismos geneticamente modificados (OGMs), incluindo algumas árvores GM.

## No futuro, os governos podem deixar de regulamentar algumas árvores geneticamente modificadas.

A indústria da biotecnologia sempre defendeu uma regulamentação mínima ou inexistente para seus produtos, e o surgimento das novas técnicas de engenharia genética para a edição de genomas, como o CRISPR-Cas, virou mais uma oportunidade para incentivar mudanças significativas na regulamentação.<sup>238</sup>

Muitos governos estão revisando suas normas sobre organismos geneticamente modificados para isentar novos OGM desenvolvidos pela edição do genoma. Isto significa que algumas plantas GM no futuro podem ficar livres de avaliações de risco independentes por governos, e algumas podem até ser liberadas no meio ambiente sem sequer notificar às autoridades. Em alguns países, como o Reino Unido e o Canadá, as mudanças previstas serão aplicadas às árvores GM.<sup>239</sup> Nos EUA, já existiam isenções aplicadas às árvores GM de acordo com suas características e usos pretendidos; hoje, novas regras também isentam muitos organismos geneticamente editados, com base em como foram modificados.<sup>240</sup>

Enquanto as plantas transgênicas geneticamente editadas em geral ainda são reguladas em todo o mundo, alguns países, como os EUA, Austrália, Japão e Argentina, decidiram que muitos organismos geneticamente editados podem ser liberados no mercado com um mínimo ou sem controle governamental, se não contiverem um DNA de outra espécie.<sup>241</sup>

As técnicas de edição do genoma podem acelerar o desenvolvimento de árvores GM, e se muitos produtos assim “editados” não forem regulamentados, podemos prever que as empresas se concentrarão no uso dessas técnicas acima de outras. A eliminação de avaliações de risco e de outras formas de controle por governos multiplicará e amplificará os riscos ambientais da liberação de árvores GM, e encurtará o tempo entre seu desenvolvimento e sua liberação.

## Árvores GM exigem o uso do princípio da precaução

A cuidadosa avaliação de impactos potenciais do uso de plantas geneticamente modificadas é particularmente crítica porque se trata de organismos vivos que, uma vez liberados no ambiente, podem ser difíceis ou impossíveis de controlar ou de recolher.<sup>242</sup> Os riscos são ainda mais agravados com as árvores GM (ver Riscos Ambientais, páginas 23-27). A decisão de desenvolver e liberar árvores GM requer o uso do princípio da precaução, que prioriza a proteção da saúde humana e do meio ambiente diante de incertezas científicas e lacunas em nosso conhecimento.

O alto grau de incerteza e a falta de conhecimento sobre árvores GM foi a razão pela qual, em 2008, a Convenção das Nações Unidas sobre Diversidade Biológica (CDB) reafirmou “a necessidade de adotar uma abordagem preventiva ao lidar com a questão das árvores geneticamente modificadas”.<sup>243</sup> A CDB insta os governos a “autorizar a liberação de árvores geneticamente modificadas somente após a conclusão dos estudos em contenção, inclusive em estufas e ensaios de campo confinados, de acordo com a legislação nacional onde houver, abordando os efeitos a longo prazo, bem como avaliações de risco completas, abrangentes, baseadas na ciência e transparentes, para evitar possíveis impactos ambientais negativos sobre a diversidade biológica das florestas”.

A CDB também exorta os governos a “considerar os impactos socioeconômicos potenciais das árvores geneticamente modificadas, bem como seu impacto potencial sobre os meios de vida de comunidades indígenas e locais”. Essas considerações estão ausentes da regulamentação na maioria dos países.

A frequência e diversidade dos incidentes de fuga e contaminação por OGMs mostra que os riscos de contaminação não podem ser gerenciados pela regulamentação governamental atual ou por programas da indústria.<sup>244</sup> **A única maneira de prevenir a contaminação por certos OGMs é impedir sua liberação.**

A indústria biotecnológica parece concordar que a contaminação ocorrerá, pois defende a adoção de políticas de “Presença em Baixos Níveis” (ou presença adventícia) que **aceitariam a contaminação por OGMs**. Catorze países assinaram a “Declaração Internacional sobre Presença em Baixos Níveis”, incluindo os EUA, Canadá, Brasil, Chile, Indonésia, África do Sul e Austrália.<sup>245</sup>

Em última análise, **alguns OGMs podem ser simplesmente arriscados demais para serem desenvolvidos e liberados**. Alguns OGMs, como muitas árvores GM, seriam muito propensos à fuga, e outros teriam consequências por demais graves se a fuga ocorrer.

# Conclusão

A pesquisa sobre as árvores GM tem provocado protestos ao redor do mundo. Diversas entidades da sociedade civil e de povos indígenas já protestaram e interromperam reuniões governamentais e conferências da indústria de biotecnologia de árvores, e continuam a publicar cartas denunciando iniciativas com árvores geneticamente modificadas. Testes de campo e experimentos em estufas foram sabotados no Reino Unido, Bélgica, Nova Zelândia, Canadá, EUA e Brasil. Quando o Brasil aprovou a primeira árvore GM de eucalipto em 2015, houve protestos nos consulados e embaixadas brasileiras em todo o mundo.

A oposição global continua porque a liberação de árvores geneticamente modificadas ameaçaria gravemente as florestas e os ecossistemas florestais, assim como muitas comunidades locais e povos indígenas. As lacunas em nosso entendimento sobre a engenharia genética, a biologia das árvores e a ecologia florestal se resumem em um quadro de grande incerteza. Ao mesmo tempo, a enorme capacidade das árvores de espalhar pólen e sementes estende o alcance de potenciais impactos ambientais e sociais para além de fronteiras nacionais e viola a soberania de povos indígenas. Árvores geneticamente modificadas também perpetuam a produção em plantações industriais ambiental e socialmente destrutivas, que contribuem para a crise do clima. Em vez de contribuir para soluções climáticas, as árvores geneticamente modificadas podem agregar riscos desnecessários às florestas, com impactos possivelmente irreversíveis.

## Notas Finais

- 1 Friends of the Earth Malaysia. 2020. Plantations are not forests. <https://foe-malaysia.org/articles/plantations-are-not-forests/>
- 2 See Canadian Biotechnology Action Network. 2020. Genome Editing in Food and Farming: Risks and Unexpected Consequences. [www.cban.ca/GenomEditingReport2020](http://www.cban.ca/GenomEditingReport2020); The Greens/EFA in the European Parliament. 2021. Gene Editing Myths and Reality. <https://www.greens-efa.eu/en/article/document/gene-editing-myths-and-reality>.
- 3 For example, see Wu, Z., C. Mo, S. Zhang, and H. Li. 2018. Characterization of Papaya ringspot virus isolates infecting transgenic papaya 'Huanong No. 1' in South China. *Scientific Reports* 8(1): 8206; King, Carolyn. 2021. Grappling with Bt resistance in European corn borers. *Top Crop Manager*. December 24. <https://www.topcropmanager.com/grappling-with-bt-resistance-in-european-corn-borers/>; Bonny, Sylvie. 2016. Genetically Modified Herbicide-Tolerant Crops, Weeds, and Herbicides: Overview and Impact. *Environmental Management* 57:31-48.
- 4 For discussion, see Global Justice Ecology Project and Global Forest Coalition. 2014. GE Trees, Cellulosic Biofuels & Destruction of Forest Biological Diversity. <https://stopgetrees.org/wp-content/uploads/2014/06/GE-Trees-Cellulosic-Biofuels-Destruction-of-Forest-Biological-Diversity.pdf>
- 5 State University of New York College of Environmental Science and Forestry. 2022. Forest Biotechnology Working Group. <https://www.esf.edu/biotech/>
- 6 Escobar, Patricia. 2021. Brazil: Suzano announced a million-dollar investment in the construction of a new pulp mill in Mato Grosso do Sul, with a production capacity of 2.3 million tons of eucalyptus pulp per year. *Archyworldys*. May 15. <https://www.archyworldys.com/brazil-suzano-announced-a-million-dollar-investment-in-the-construction-of-a-new-pulp-mill-in-mato-grosso-do-sul-with-a-production-capacity-of-2-3-million-tons-of-eucalyptus-pulp-per-year/>
- 7 Fletcher Challenge, International Paper, Monsanto, Westvaco, Genesis. 1999. Fletcher Challenge Forests, International Paper, Monsanto Company and Westvaco Corporation announce forestry biotechnology joint venture. Press release. April 6.
- 8 ArborGen Holdings. 2021. Annual Shareholders Meeting 2021. August 19. [https://www.arborgenholdings.com/\\_files/ugd/2a74b0\\_3f7456259b0344ba88a60ceb17c585df.pdf](https://www.arborgenholdings.com/_files/ugd/2a74b0_3f7456259b0344ba88a60ceb17c585df.pdf)
- 9 Ibid.
- 10 ArborGen. 2022. ArborGen concludes strategic review. [https://www.arborgenholdings.com/\\_files/ugd/2a74b0\\_c76966eb438e41b9be05f0376eb35ee9.pdf](https://www.arborgenholdings.com/_files/ugd/2a74b0_c76966eb438e41b9be05f0376eb35ee9.pdf)
- 11 Stora Enso. 2022. Our divisions. <https://www.storaenso.com/en/about-stora-enso/our-divisions>
- 12 Stora Enso. 2022. Our forest holdings. <https://www.storaenso.com/en/about-stora-enso/our-forest-holdings>
- 13 Milne, Richard. 2018. Europe left playing catch-up in artificial intelligence. *Financial Times*. June 6.
- 14 Stora Enso. Sustainable resettlement in Brazil. <https://www.storaenso.com/en/sustainability/sustainability-reporting/sustainable-resettlement-in-brazil>
- 15 *Packaging Insights*. 2006. International Paper agrees to sell Brazilian coated papers business to Stora Enso for approximately \$415 million. August 25. <https://www.foodingredientsfirst.com/news/international-paper-agrees-to-sell-brazilian-coated-papers-business-to-stora-enso-for-approximately-415-million.html>
- 16 Comissão Técnica Nacional de Biossegurança - Consultar Liberação Comercial - Plantas - Eucalipto. Parecer Técnico nº 7788-2021. <https://bit.ly/3pH2p4M>
- 17 Comissão Técnica Nacional de Biossegurança- Consultar Liberação Comercial - Plantas - Eucalipto. Parecer Técnico nº 4408-2015. <https://bit.ly/3pBzrmZ>
- 18 Suzano. 2021. Personal communication to André Dallagnol for World Rainforest Movement, February 10; Sofia Valenzuela. 2022. The Future of Forests: Part 3 – CRISPR, climate change and forest health panel. (At 10:07). *iBiology Science Communication Lab*. February 3. <https://www.ibiology.org/ecology/future-of-forests/#part-3>
- 19 Various organizations. 2014. Open letter to be sent to the Brazilian National Technical Biosafety Commission (CTNBio). <https://www.wrm.org.uy/all-campaigns/open-letter-to-be-sent-to-the-brazilian-national-technical-biosafety-commission-ctnbio>; Various organizations. 2022. Open letter denouncing Suzano Papel e Celulose's genetically engineered (GE) eucalyptus. <https://alertacontradesertosverdes.org/wp-content/uploads/2022/06/LetterEucalyptusSuzano-05June2022-1.pdf>
- 20 World Rainforest Movement. 2000. Uruguay: sin árboles transgénicos... por ahora. December 10. <https://www.wrm.org.uy/es/articulos-del-boletin/uruguay-sin-arboles-transgenicos-por-ahora>
- 21 Servicio Agrícola y Ganadero. Listas y estadísticas. <https://www.sag.gob.cl/ambitos-de-accion/listas-y-estadisticas>
- 22 Manzur, M.I. 2003. Investigación biotecnológica en Chile orientada a la producción de transgénicos. *Fundación Sociedades Sustentables. Lom Ediciones*. Santiago. 2ª. Edición.; Miguel A. Sánchez and León, Gabriel. 2016. Status of market, regulation and research of genetically modified crops in Chile. *New Biotechnology* 33(6): 815-823.
- 23 Aguayo, P., J. Sanhueza, F. Noriega, et al. 2016. Overexpression of an SK<sub>2</sub>-dehydrin gene from *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens* enhances tolerance to freezing stress in *Arabidopsis*. *Trees* 30: 1785-1797.
- 24 Ulloa, J., P. Aguayo, D. Conejera, R. Rubilar, C. Balocchi, and S. Valenzuela. 2022. Transcriptomic response in foliar and root tissues of a drought-tolerant *Eucalyptus globulus* genotype under drought stress. *Trees*. 36(2).
- 25 Steven H. Strauss et al. 2019. Letter: Certification for gene-edited forests. *Science*. 365(6455). [https://people.forestry.oregonstate.edu/steve-strauss/sites/people.forestry.oregonstate.edu/steve-strauss/files/Strauss\\_et\\_al\\_Letter\\_ScienceMag\\_Aug2019.pdf](https://people.forestry.oregonstate.edu/steve-strauss/sites/people.forestry.oregonstate.edu/steve-strauss/files/Strauss_et_al_Letter_ScienceMag_Aug2019.pdf)
- 26 Hevia, Aniceto. 2022. Sofia Valenzuela, propulsora de la modificación genética de árboles en la región, es nombrada Seremi de Ciencias. *Resumen*. April 9. <https://resumen.cl/articulos/sofia-valenzuela-propulsora-de-la-modificacion-genetica-de-arboles-en-la-region-es-nombrada-seremi-de-ciencias>
- 27 The Campaign to Stop GE Trees. 2017. Tree biotech conference disrupted amidst week of protest. June 8. <https://stopgetrees.org/tree-biotech-conference-disrupted-amidst-week-of-protest/>
- 28 Cámara Forestal de Bolivia. 2016. Argentina: Chaco creó los primeros eucaliptos transgénicos del país. *Comunicado de Prensa*. Julio 26. <https://www.cfb.org.bo/noticias/economia-comercio/argentina-chaco-creo-los-primeros-eucaliptos-transgenicos-del-pais>
- 29 Briones, M.V., et al. 2008. Optimización de un sistema de modificación genética de álamos para la incorporación de genes inductores de floración temprana y androesterilidad. *Actas de las Jornadas de Salicáceas 2017 – V Congreso Internacional de Salicáceas*. [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/129801/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/129801/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- 30 Gobierno de Bolivia, Ministerio de Medio Ambiente y Agua. 2020. Aprueban requisitos fitosanitarios para la importación de plantines de eucalipto. Junio 4. <https://www.mmaya.gob.bo/2020/06/aprueban-requisitos-fitosanitarios-para-la-importacion-de-plantines-de-eucalipto/>; Mongabay. 2020. Bolivia: cuestionan decisión de gobierno de importar eucalipto para plantaciones forestales. Julio 20. <https://es.mongabay.com/2020/07/bolivia-eucalipto-plantaciones-forestales/>
- 31 Governo do Brasil, Comissão Técnica Nacional de Biossegurança - Consultar Liberação Planejada. <http://ctnbio.mctic.gov.br/liberacao-planejada#/liberacao-planejada/consultar-processo>

- 32 Republic of South Africa, Department of Agriculture, Land Reform and Rural Development. 2022. Biosafety (Genetically Modified Organisms (GMO)), Permits issued. <https://www.dalrrd.gov.za/Branches/Agricultural-Production-Health-Food-Safety/Genetic-Resources/Biosafety/Information/Permits-Issued>
- 33 African Development Bank and World Wide Fund for Nature-Kenya. 2019. Towards Large-Scale Commercial Investment in African Forestry. [https://blogs.afdb.org/sites/default/files/towards\\_large-scale\\_commercial\\_investment\\_in\\_african\\_forestry.pdf](https://blogs.afdb.org/sites/default/files/towards_large-scale_commercial_investment_in_african_forestry.pdf)
- 34 University of Pretoria, Forestry and Agricultural Biotechnology Institute. 2022. Forest Molecular Genetics. <https://www.fabinet.up.ac.za/index.php/research-groups/forest-molecular-genetics>
- 35 University of Pretoria, Forestry and Agricultural Biotechnology Institute. 2022. Eucalyptus and Pine Pathogen Interactions. <https://www.fabinet.up.ac.za/index.php/research-groups/eucalyptus-and-pine-pathogen-interactions>
- 36 University of Pretoria, Forestry and Agricultural Biotechnology Institute. 2022. Funding. <https://www.fabinet.up.ac.za/index.php/funding-fmg>
- 37 University of Pretoria, Forestry and Agricultural Biotechnology Institute. 2022. Synthetic Biology: Eucalyptus synthetic biology resources for re-engineering woody biomass for biomaterials and bioenergy. <https://www.fabinet.up.ac.za/index.php/fm-platforms/synthetic-biology>
- 38 University of Pretoria, Forestry and Agricultural Biotechnology Institute. 2022. Tissue Culture and Transformation Platform. <https://www.fabinet.up.ac.za/index.php/fm-platforms/tissue-culture-and-transformation-platform>
- 39 Lundeborg, Steve. 2021. Research suggests eucalyptus trees can be genetically modified not to invade native ecosystems. Oregon State University. <https://today.oregonstate.edu/news/research-suggests-eucalyptus-trees-can-be-genetically-modified-not-invade-native-ecosystems>
- 40 Elorriaga, E., et al. 2021. Genetic containment in vegetatively propagated forest trees: CRISPR disruption of LEAFY function in Eucalyptus gives sterile indeterminate inflorescences and normal juvenile development. *Plant Biotechnology Journal* 19(9): 1743-1755.
- 41 United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service. 2014. Letter to ArborGen Inc. Re: Request for confirmation that loblolly pine is not a regulated article. August 28. [https://www.aphis.usda.gov/biotechnology/downloads/reg\\_loi/brs\\_resp\\_arborgen\\_loblolly\\_pine.pdf](https://www.aphis.usda.gov/biotechnology/downloads/reg_loi/brs_resp_arborgen_loblolly_pine.pdf); Center for Food Safety. 2015. New genetically engineered tree to avoid federal oversight completely. Press release. January 26. <https://www.centerforfoodsafety.org/issues/680/ge-animals/press-releases/3713/new-genetically-engineered-tree-to-avoid-federal-oversight-completely>
- 42 Pearson, Les, Director Regulatory Affairs, ArborGen. 2012. Re: Loblolly pine modified for increased density which is not a regulated article. Letter to Michael Gregoire, Biotechnology and Regulatory Services, Animal and Plant Health Inspection Service, United States Department of Agriculture. September 4. [https://www.aphis.usda.gov/biotechnology/downloads/reg\\_loi/arborgen\\_air\\_loblolly\\_pine.pdf](https://www.aphis.usda.gov/biotechnology/downloads/reg_loi/arborgen_air_loblolly_pine.pdf)
- 43 Center for Food Safety. 2015. New genetically engineered tree to avoid federal oversight completely. Press release. January 26. <https://www.centerforfoodsafety.org/press-releases/3713/new-genetically-engineered-tree-to-avoid-federal-oversight-completely>
- 44 Cantu, Leslie. 2015. Protesters arrested at ArborGen. *The Summerville Journal*. September 29. [https://www.postandcourier.com/journal-scene/news/protesters-arrested-at-arborgen/article\\_6274c125-eb12-5072-b444-cec0d7292e9a.html](https://www.postandcourier.com/journal-scene/news/protesters-arrested-at-arborgen/article_6274c125-eb12-5072-b444-cec0d7292e9a.html)
- 45 Miller, Z.D., et al. 2019. Anatomical, physical and mechanical properties of transgenic loblolly pine (*Pinus taeda* L.) modified for increased density. *Wood and Fiber Science* 51(2): 1-10.
- 46 United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service. Biotechnology, Petitions for Determination of Nonregulated Status (Search: Eucalyptus. Search Filter: Eucalyptus) <https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/biotechnology/permits-notifications-petitions/petitions/petition-status>
- 47 Innovation is Action. 22 Innovation business cases of small, medium and large companies. Chapter 8: FuturaGene. [https://www.futuragene.com/wp-content/uploads/2018/06/8\\_FuturaGene-3.pdf](https://www.futuragene.com/wp-content/uploads/2018/06/8_FuturaGene-3.pdf)
- 48 State University of New York College of Environmental Science and Forestry. 2020. Petition for determination of Nonregulated status for blight-tolerant Darling 58 American chestnut (*Castanea dentata*). January 17. <https://www.aphis.usda.gov/brs/aphisdocs/19-309-01p.pdf>
- 49 Oregon State University. 2018. GREAT TREES. <https://people.forestry.oregonstate.edu/steve-strauss/sites/people.forestry.oregonstate.edu/files/GREAT%20TREES%20flyer%202018.pdf>
- 50 United States Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service. 2020 BRS Interstate/ Release and Release Permits and Notification. (Search "Sweetgum"). [https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/biotechnology/permits-notifications-petitions/sa\\_permits/status-update/release-permits](https://www.aphis.usda.gov/aphis/ourfocus/biotechnology/permits-notifications-petitions/sa_permits/status-update/release-permits)
- 51 Canadian Food Inspection Agency. 2022. Plants with novel traits – Approved confined research field trials and terms and conditions. <https://inspection.canada.ca/plant-varieties/plants-with-novel-traits/approved-under-review/field-trials/eng/1313872595333/1313873672306>; Sharon Regan's Plant Biotechnology Lab. Functional Genomics in Poplar. Queen's University. <https://regans17.wixsite.com/reganlab>
- 52 Jack, Ian. 2003. Ottawa spends \$20 million for genetically modified trees. *National Post*. October 14.
- 53 Canadian Food Inspection Agency. 2022. Plants with novel traits – Approved confined research field trials and terms and conditions. <https://inspection.canada.ca/plant-varieties/plants-with-novel-traits/approved-under-review/field-trials/eng/1313872595333/1313873672306>
- 54 Scion. 2010. Scion's application to grow genetically modified pine trees approved. Press release. December 15. <https://www.scionresearch.com/about-us/news-and-events/news/news-archive/2010-news-and-media-releases/scions-application-to-grow-genetically-modified-pine-trees-approved>
- 55 Scion. 2021. Field test GMF100001 - Annual Report to the Environmental Protection Authority (EPA). July 10. <https://www.gefree.org.nz/assets/Uploads/2021-Scion-Pine-Trees-Annual-Report.pdf>
- 56 Government of New Zealand, Environmental Protection Authority. 2009. Environmental Risk Management Decision. <https://www.epa.govt.nz/assets/FileAPI/hsno-ar/GMF99005/8a246a684f/GMF99005-s67A-FINAL.pdf>
- 57 Easton, Paul. 2008. Protesters cut down GM-trial pine trees. *The Dominion Post*. January 16.
- 58 Biosecurity New Zealand. 2008. MAFBNZ Investigation of Compliance and Monitoring of the Scion GM Field Test. February 11. <https://www.gefree.org.nz/assets/doc/GE-breaches/Scion-incident-investigation-20080211.pdf>; Environmental Risk Management Authority of New Zealand. 2008. *Te Pūtara*. Issue 14. <https://www.gefree.org.nz/assets/teputara14.pdf>
- 59 GE Free New Zealand. 2012. Time to End Public Money Wasted on GE Pine Trees at Scion? Press release. April 14. <https://press.gefree.org.nz/press/20120414.htm>
- 60 Stuff. 2012. Hundreds of GM trees destroyed. April 13. <https://www.stuff.co.nz/environment/6735584/Hundreds-of-GM-trees-destroyed>
- 61 Soil & Health Association. 2010. USA GE trees approval will reflect negatively on NZ, Press release. May 13. <https://soilandhealth.org.nz/media-releases/usa-ge-trees-approval-will-reflect-negatively-nz/>; GE Free New Zealand. 2015. Kiwis join global vigil against GE trees. Press release. March 2. <https://press.gefree.org.nz/press/20150302.htm>

- 62 Häggman, H., et al. 2013. Genetically engineered trees plantation forest: Key considerations for environmental risk assessment. *Plant Biotechnology Journal* 11(7): 785-798. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3823068/>
- 63 Burcher, Sam. 2005. GM Trees Lost in China's Forests. <https://www.i-sis.org.uk/GMTGL.php>; Pearce, Fred. 2004. Altered trees hide out with the local poplars. *New Scientist* 183(2465). September 18. <https://www.newscientist.com/article/mg18324651-100-altered-trees-hide-out-with-the-local-poplars/>
- 64 Lang, Chris. 2004. China: Genetically modified madness. *World Rainforest Movement Bulletin* 85. <https://chrislang.org/2004/08/27/china-genetically-modified-madness/>
- 65 Lu, Meng-Zhu and Jian-Jun Hu. 2011. A brief overview of field testing and commercial application of transgenic trees in China. *BMC Proceedings* 5, Article number O63. <https://bmcproc.biomedcentral.com/articles/10.1186/1753-6561-5-S7-O63>
- 66 Lang, Chris. 2004. China: Genetically modified madness. *World Rainforest Movement Bulletin* 85.. <https://chrislang.org/2004/08/27/china-genetically-modified-madness/>
- 67 The 20th IUFRO Tree Biotech & The 2nd Forest Tree Molecular Biology and Biotechnology Conference. 2022. Abstract. <http://www.treebiotech2022.com/Abstract.pdf>
- 68 Qiao, G., H. Yang, L. Zhang, et al. 2014. Enhanced cold stress tolerance of transgenic *Dendrocalamus latiflorus* Munro (Ma bamboo) plants expressing a bacterial *CodA* gene. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant* 50: 385-391.
- 69 Hainan University. 2019. Hainan Key Laboratory for Sustainable Utilization of Tropical Bioresources. [http://en.hainanu.edu.cn/2019-06/21/c\\_384015.htm](http://en.hainanu.edu.cn/2019-06/21/c_384015.htm); Wang Y., et al. 2013. Genetic transformation and regeneration of *Hevea brasiliensis* transgenic plant with GAI gene by microparticle bombardment. *Romanian Biotechnological Letters*. <https://www.rombio.eu/vol18nr1/5%20Wangying.pdf>
- 70 United States Department of Agriculture. Global Agricultural Information Network. 2021. Agricultural Biotechnology Annual: China-People's Republic of. 26 November. [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Agricultural%20Biotechnology%20Annual\\_Beijing\\_China%20-%20People%27s%20Republic%20of\\_10-20-2021.pdf](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Agricultural%20Biotechnology%20Annual_Beijing_China%20-%20People%27s%20Republic%20of_10-20-2021.pdf)
- 71 Lu, Meng-Zhu and Jian-Jun Hu. 2011. A brief overview of field testing and commercial application of transgenic trees in China. *BMC Proceedings* 5, Article number O63. <https://bmcproc.biomedcentral.com/articles/10.1186/1753-6561-5-S7-O63>
- 72 Zhan, Ni, Xiuhua Shang, Zhen Wang, Yaojian Xie, Guo Liu, Zhihua Wu. 2022. Screening cellulose synthesis related genes of EgrEXP and EgrHEX in *Eucalyptus grandis*. *Gene* 824.
- 73 FuturaGene. 2011. FuturaGene Opens China HQ and biotech R&D Centre in Shanghai. Press release. December 4. <https://www.businesswire.com/news/home/20111204005021/en/FuturaGene-Opens-China-HQ-and-biotech-RD-Centre-in-Shanghai>
- 74 The Forests Dialogue. 2014. Suzano's response to the questionnaire on "What NGOs want to know from industry about Genetically Modified Trees." [https://theforestdialogue.org/sites/default/files/tfds\\_gmt\\_questionnaire\\_with\\_company\\_responses\\_1.pdf](https://theforestdialogue.org/sites/default/files/tfds_gmt_questionnaire_with_company_responses_1.pdf)
- 75 Japan Biosafety Clearing House. Approved LMOs. [https://www.biodic.go.jp/bch/english/lmo\\_2005.html](https://www.biodic.go.jp/bch/english/lmo_2005.html)
- 76 Incorporated Administrative Agency, Forest Tree Breeding Center. High cellulose rich white poplar trg300-1. [https://www.biodic.go.jp/bch/download/en\\_lmo/trg300\\_1enUR.pdf](https://www.biodic.go.jp/bch/download/en_lmo/trg300_1enUR.pdf)
- 77 Forest Tree Breeding Center (FTBC) and Forest Bio-Research Center (FBRC). 2018. Brochure. August. <https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/en/documents/brochure201902.pdf>
- 78 Japan for Sustainability. 2003. Oji Paper Develops Eucalyptus Trees that Grow in Acidic Soils. [https://www.japanfs.org/en/news/archives/news\\_id025407.html](https://www.japanfs.org/en/news/archives/news_id025407.html)
- 79 Nikkei Biotechnology and Business. 2000. <https://bio.nikkeibp.co.jp/article/oc/0001/3642/>
- 80 Chandran, Abhilash. 2021. A decade after Kerala denies nod, world's first genetically modified rubber planted in Assam. *The New Indian Express*. June 21. <https://www.newindianexpress.com/states/kerala/2021/jun/23/a-decade-after-kerala-denies-nod-worlds-first-genetically-modified-rubber-planted-in-assam-2320113.html>
- 81 Third World Network, 2014. TWN preliminary comments on application for approval for confined field assessment of genetically transformed rubber trees (*Hevea brasiliensis*). Correspondence to the Director General, Department of Biosafety, Ministry of Natural Resources and Environment, Government of Malaysia, November 28; Idris, SM Mohamed. 2015. GM rubber trees like jumping with no safety net. *Malaysiakini*. Feb 11. <https://www.malaysiakini.com/letters/288966>
- 82 Government of Malaysia, Genetic Modification Advisory Committee. 2015. Risk Assessment Report for an Application for Approval for Release of Transgenic Rubber (*Hevea brasiliensis*) for Confined Field Trial for Research and Development Purpose. June 16. [https://www.biosafety.gov.my/wp-content/uploads/2021/08/GMAC-Malaysia-RA-Report\\_Transgenic-Rubber-Trees.pdf](https://www.biosafety.gov.my/wp-content/uploads/2021/08/GMAC-Malaysia-RA-Report_Transgenic-Rubber-Trees.pdf)
- 83 Sunderasan, E. 2017. Genetic modification of Hevea, from contained facilities to confined field trial. MRB Monograph n°26, Malaysian Rubber Board.; Government of Malaysia, Ministry of Natural Resources and Environment. 2014. Fact Sheet: Application for approval for confined field assessment of genetically transformed rubber trees (*Hevea brasiliensis*).
- 84 Food and Agriculture Organisation. 2022. Crops and Livestock Products: Natural Rubber, 2020. FAOStat. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- 85 GEP. 2019. Global natural rubber production all set to increase in 2019. <https://www.gep.com/blog/mind/global-natural-rubber-production-all-set-to-increase-in-2019#:~:text=Asia%20is%20the%20largest%20hub,total%20natural%20rubber%20production%20globally.>
- 86 Future-Proofed Palm Oil. 2021. Datuk Dr. Ahmad Parveez Ghulam Kadir, P.J.N. PhD. FASc. Speaker profile. [https://www.futureproofedpalmoil.com/speaker/speaker\\_profile/1261](https://www.futureproofedpalmoil.com/speaker/speaker_profile/1261)
- 87 Parveez, G., B. Bahariah, A.N. Hanin, M. Masani, R. Abdul, T. Hashim and I. Zamzuri. 2015. Production of polyhydroxybutyrate in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) mediated by microprojectile bombardment of PHB biosynthesis genes into embryogenic calli. *Frontiers in Plant Science* 6. August 11.
- 88 Bahariah, B., M. Masani, O. Rasid, and G. Parveez. 2021. Multiplex CRISPR/Cas9-mediated genome editing of the FAD2 gene in rice: a model genome editing system for oil palm. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology* 19(1): 86; Yarra, R., L. Jin, Z. Zhao, and H. Cao, H. 2019. Progress in tissue culture and genetic transformation of oil palm: An overview. *International Journal of Molecular Sciences* 20(21): 5353. <https://www.mdpi.com/1422-0067/20/21/5353/html><https://www.mdpi.com/1422-0067/20/21/5353/htm>
- 89 Innovation is Action. 22 Innovation business cases of small, medium and large companies. Chapter 8: FuturaGene. [https://www.futuragene.com/wp-content/uploads/2018/06/8\\_FuturaGene-3.pdf](https://www.futuragene.com/wp-content/uploads/2018/06/8_FuturaGene-3.pdf)
- 90 United States Department of Agriculture. 2020. Global Agricultural Information Network. Agricultural Biotechnology Annual: Israel. [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Agricultural%20Biotechnology%20Annual\\_Tel%20Aviv\\_Israel\\_10-20-2020](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Agricultural%20Biotechnology%20Annual_Tel%20Aviv_Israel_10-20-2020); Innovation is Action. 22 Innovation business cases of small, medium and large companies. Chapter 8: FuturaGene. [https://www.futuragene.com/wp-content/uploads/2018/06/8\\_FuturaGene-3.pdf](https://www.futuragene.com/wp-content/uploads/2018/06/8_FuturaGene-3.pdf)
- 91 European Commission. GMO. Deliberate release into the environment of other than plants GMOs for any other purposes than placing on the market (experimental releases). [https://webgate.ec.europa.eu/fip/GMO\\_Registers/GMO\\_Part\\_B\\_Others.php](https://webgate.ec.europa.eu/fip/GMO_Registers/GMO_Part_B_Others.php)
- 92 Swetree. About Swetree. <https://swetree.com/about-swetree>



- 93 VIB-UGent Center for Plant Systems Biology. Boerjan Lab. <https://vib.be/labs/boerjan-lab>
- 94 De Meester, B., B.M. Calderón, L. de Vries, J. Pollier, G. Goeminne, J. Van Doorselaere, M. Chen, J. Ralph, R. Vanholme, W. Boerjan. 2020. Tailoring poplar lignin without yield penalty by combining a null and haploinsufficient CINNAMOYL-CoA REDUCTASE2 allele. *Nature Communications* 11 (1).
- 95 VIB (the Flanders Institute for Biotechnology). 2020. CRISPRing trees for a climate-friendly economy. Press release. October 6. <https://www.sciencedaily.com/releases/2020/10/201006114227.htm>
- 96 Strauss, S.H., W. Boerjan, V. Chiang, A. Costanza, H. Coleman, J.M. Davis, M.Z. Lu, S.D. Mansfield, S. Merkle, A. Myburg, O. Nilsson, G. Pilate, W. Powell, A. Seguin, S. Valenzuela. 2019. Certification for gene-edited forests. *Science* 365(6455): 767-768.
- 97 Strauss, S.H., H. Tan, W. Boerjan, R. Sedjo. 2009. Strangled at birth? Forest biotech and the Convention on Biological Diversity. *Nature Biotechnology* 27(6): 219-527.
- 98 Fundación Ambiente y Recursos Naturales et al. 2021. Joint letter of concern. RE: FSC proposal to engage in GE tree field testing activities is a threat to forests and FSC. November 17. <https://cban.ca/wp-content/uploads/joint-letter-of-concern-GE-trees-nov-2021.pdf>
- 99 For example, see Gorzelak, Monika A., A.K. Asay, B.J. Pickles, S.W. Simard. 2015. Inter-plant communication through mycorrhizal networks mediates complex adaptive behaviour in plant communities, *AoB PLANTS* 7, plv050.
- 100 Center for Food Safety. 2015. New genetically engineered tree to avoid federal oversight completely. Press release. January 29. <https://www.centerforfoodsafety.org/issues/680/ge-animals/press-releases/3713/new-genetically-engineered-tree-to-avoid-federal-oversight-completely>
- 101 Canadian Biotechnology Action Network. 2019. GM Contamination in Canada: The failure to contain living modified organisms – Incidents and impacts. [www.cban.ca/ContaminationReport2019](http://www.cban.ca/ContaminationReport2019)
- 102 Williams, C.G. 2005. Framing the issues on transgenic forests. *Nature Biotechnology* 23: 530-532.
- 103 Steinbrecher, R.A. and A. Lorch. 2008. Genetically Engineered Trees & Risk Assessment: An Overview of Risk Assessment and Risk Management Issues. Federation of German Scientists. [https://www.econexus.info/files/GE-Tree\\_FGS\\_2008.pdf](https://www.econexus.info/files/GE-Tree_FGS_2008.pdf)
- 104 Williams, Claire G. and Viviane R. Després. “Northern Hemisphere forests at temperate and boreal latitudes are substantial pollen contributors to atmospheric bioaerosols.” *Forest Ecology and Management* 401 (2017): 187-191; Williams, C.G. 2010. Long-distance pine pollen still germinates after meso-scale dispersal. *American Journal of Botany* 97(5): 846-855.
- 105 Seguin, Armand. 2010. What we have learned from several field trials with transgenic trees. Presentation to the 4<sup>th</sup> International Biotechnology Symposium Rimini. <https://www.oecd.org/health/emerging-tech/46084568.pdf>; Canadian Food Inspection Agency. Directive Dir 2000-07: Conducting Confined Research Field Trials of Plants with Novel Traits in Canada [https://inspection.canada.ca/plant-varieties/plants-with-novel-traits/applicants/directive-dir-2000-07/eng/1304474667559/1304474738697#a3\\_1](https://inspection.canada.ca/plant-varieties/plants-with-novel-traits/applicants/directive-dir-2000-07/eng/1304474667559/1304474738697#a3_1)
- 106 For example, see Voose, Paul. 2010. Genetically Modified Forest Planned for U.S. Southeast. *Scientific American*. January 29. <http://www.scientificamerican.com/article/eucalyptus-genetically-modified-pine-tree-southwest-forest>
- 107 EcoNexus. 2006. V-GURTs (Terminator Technology): Design, reality and inherent risks. [https://www.econexus.info/files/ENx-CBD-GURTs-2006\\_0.pdf](https://www.econexus.info/files/ENx-CBD-GURTs-2006_0.pdf)
- 108 Klocko, A., A. Brunner, J. Huang, et al. 2016. Containment of transgenic trees by suppression of LEAFY. *Nature Biotechnology* 34, 918–922.
- 109 Marvier, M. and R.C. Van Acker. 2005. Can crop transgenes be kept on a leash? *Frontiers in Ecology and Environment* 3: 93-100
- 110 Wilson, A.K., J.R. Latham, and R.A. Steinbrecher. 2006. Transformation-induced mutations in transgenic plants: analysis and biosafety implications. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews* 23: 209-237; Eckerstorfer MF, M. Dolezel, A. Heissenberger, M. Miklau, W. Reichenbecher, R.A. Steinbrecher and F. Waßmann. 2019. An EU perspective on biosafety considerations for plants developed by genome editing and other new genetic modification techniques (nGMs). *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* 7: 31; Tuladhar, R., Yeu, Y., Tyler Piazza, J. et al. 2019. CRISPR-Cas9-based mutagenesis frequently provokes on-target mRNA misregulation. *Nat Commun* 10, 4056.; Li, J. et al. 2019. Whole genome sequencing reveals rare off-target mutations and considerable inherent genetic or/and somaclonal variations in CRISPR/Cas9-edited cotton plants. *Plant Biotechnology Journal* 17(5): 858–868; Wang, X., M. Tu, Y. Wang, et al. 2021. Whole-genome sequencing reveals rare off-target mutations in CRISPR/Cas9-edited grapevine. *Horticulture Research* 8: 114.
- 111 For a review, see Kawall, K., J. Cotter and C. Then. 2020. Broadening the GMO risk assessment in the EU for genome editing technologies in agriculture. *Environmental Sciences Europe* 32: 106.
- 112 Commoner, Barry. 2002. Unravelling the DNA myth: The Spurious Foundation of Genetic Engineering. *Harpers Magazine*. February 1. <https://grain.org/article/entries/375-unravelling-the-dna-myth>
- 113 Wilson, A. 2021. Will gene-edited and other GM crops fail sustainable food systems? In Amir Kassam and Laila Kassam (eds.). *Rethinking Food and Agriculture*. Woodhead Publishing. pp. 247-284.
- 114 Benevenuto R.F., et al. 2017. Molecular responses of genetically modified maize to abiotic stresses as determined through proteomic and metabolomic analyses. *PLoS ONE* 12(2): e0173069.
- 115 Anthony, M.A., Crowther, T.W., van der Linde, S. et al. 2022. Forest tree growth is linked to mycorrhizal fungal composition and function across Europe. *ISME J* 16, 1327–1336.; Jacott, Catherine N., Jeremy D. Murray, and Christopher J. Ridout. 2017. “Trade-Offs in Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis: Disease Resistance, Growth Responses and Perspectives for Crop Breeding” *Agronomy* 7, no. 4: 75.; Lattuada et al. 2019. Interaction between endomycorrhizae and native fruit tree (Myrtaceae) in Rio Grande do Sul state. *Ciencia Florestal* 29(4):1726-1738.
- 116 Nguyen, H.T. and J.A. Jehle. 2007. Quantitative analysis of the seasonal and tissue-specific expression of Cry1Ab in transgenic maize Mon810. *Journal of Plant Diseases and Protection* 114(2): 82-87; Lorch, A. and C. Then. 2007. How much Bt toxin do genetically engineered MON810 maize plants actually produce? [https://www.testbiotech.org/sites/default/files/How%20much%20Bt%20toxin%20produced%20in%20MON810\\_Greenpeace.pdf](https://www.testbiotech.org/sites/default/files/How%20much%20Bt%20toxin%20produced%20in%20MON810_Greenpeace.pdf)
- 117 The Campaign to STOP GE Trees, Biofuelwatch and Global Justice Ecology Project. 2019. Biotechnology for Forest Health? The Test Case of the Genetically Engineered American Chestnut. April. <https://stopgetrees.org/wp-content/uploads/2019/04/biotechnology-for-forest-health-test-case-american-chestnut-report-WEB-1.pdf>
- 118 Miller, Z.D., et al. 2019. Anatomical, physical and mechanical properties of transgenic loblolly pine (*Pinus taeda* L.) Modified for Increased Density. *Wood and Fiber Science* 51(2): 1-10.
- 119 Global Justice Ecology Project and Global Forest Coalition. 2014. GE trees, cellulosic biofuels & destruction of forest biological diversity. <https://stopgetrees.org/wp-content/uploads/2014/06/GE-Trees-Cellulosic-Biofuels-Destruction-of-Forest-Biological-Diversity.pdf>
- 120 Schmidt J.E.U, C.U. Braun, L.P. Whitehouse, and A. Hilbeck. 2009. Effects of activated Bt transgene products (Cry1Ab, Cry3Bb) on immature stages of the ladybird *Adalia bipunctata* in laboratory ecotoxicity testing. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 56(2): 221-228.
- 121 Rosi-Marshall, E.J., J.L. Tank, T.V. Royer, M.R. Whiles, M. Evans-White, C. Chambers, N.A. Griffiths, J. Pokelsek, and M.L. Stephen. 2007. Toxins in Transgenic Crop Byproducts May Affect Headwater Stream Ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(41): 16204–8.

- 122 For example, see Böhn, T., C.M. Rover, P.R. Semenchuk. 2016. *Daphnia magna* negatively affected by chronic exposure to purified Cry-toxins. *Food and Chemical Toxicology* 91: 130-140; Ramirez-Romero, R., N. Desneux, A. Decourtye, A. Chaffio, and M.H. Pham-Delégue. 2008. Does Cry1Ab Protein Affect Learning Performances of the Honey Bee *Apis Mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae)? *Ecotoxicology and Environmental Safety* 70(2): 327–33.
- 123 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2019. *Forest Health and Biotechnology: Possibilities and Considerations*. Washington, DC: The National Academies Press, pp 94.
- 124 Lu Y., et al. 2010. Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China. *Science*, 328(5982): 1151–1154; National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2019. *Forest Health and Biotechnology: Possibilities and Considerations*. Washington, DC: The National Academies Press.
- 125 Various organizations. 2014. Open letter delivered to the Brazilian National Technical Biosafety Commission (CTNBio). <https://www.wrm.org.uy/all-campaigns/open-letter-to-be-sent-to-the-brazilian-national-technical-biosafety-commission-ctnbio>
- 126 Global Justice Ecology Project. 2018. More than one thousand women take over Suzano pulp & paper mill to protest genetically engineered trees and eucalyptus plantations. Press release. March 5. <https://globaljusticeecology.org/brazil-militant-women-occupy-pulp-mill-to-protest-genetically-engineered-trees-tree-plantations/>
- 127 Campaign to STOP GE Trees. 2017. Genetically engineered trees conference met with protest in Chile: Press release. June 5. <https://stopgetrees.org/release-genetically-engineered-trees-conference-met-protest-chile/>
- 128 Smolker, Rachel, Anne Petermann and Rachel Kijewski. 2018. The forests are in crisis but biotechnology is not the solution. *The Hill*. March 28. <https://thehill.com/opinion/energy-environment/380363-the-forests-are-in-crisis-but-biotechnology-is-not-the-solution/>
- 129 Petition in Support of Forest Biotechnology Research. 2019. FAQ. <https://biotechtrees.forestry.oregonstate.edu/faq>
- 130 Various organizations. 2022. Open letter denouncing Suzano Papel e Celulose's genetically engineered (GE) eucalyptus. <https://alertacontradesertosverdes.org/wp-content/uploads/2022/06/LetterEucalyptusSuzano-05June2022-1.pdf>
- 131 Suzano. 2021 Annual Report to United States Securities and Exchange Commission, Form 20-F. December. <https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/909327/000110465922053794/suz-20211231x20f.htm>
- 132 Benbrook, C., 2012. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. – the first sixteen years. *Environmental Sciences Europe*, 24.
- 133 Canadian Biotechnology Action Network. 2015. Are GM Crops Better for the Environment? [www.gmoenquiry.ca/environment](http://www.gmoenquiry.ca/environment)
- 134 Almeida V.E.S. et al. 2017. Use of genetically modified crops and pesticides in Brazil: growing hazards. *Ciencia & saude coletiva* 22(10): 3333–3339. <https://www.scielo.br/j/csc/a/tjr9r6KFWxPMqzxM3jKDBPJ/?lang=en>
- 135 Böhn, Thomas, and Erik Millstone. 2019. The Introduction of Thousands of Tonnes of Glyphosate in the food Chain—An Evaluation of Glyphosate Tolerant Soybeans. *Foods* 8(12): 669.
- 136 Canadian Biotechnology Action Network. 2015. Are GM Crops Better for the Environment? GMO Inquiry. [www.gmoenquiry.ca/environment](http://www.gmoenquiry.ca/environment)
- 137 ISAAA. 2020. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2019. ISAAA Brief No. 55. Ithaca, NY.
- 138 ISAAA. 2020. Pocket K No. 10: Herbicide Tolerance Technology: Glyphosate and Glufosinate. <https://www.isaaa.org/resources/publications/pocketk/10/default.asp>
- 139 Spring, Jake. 2019. Brazil health officials find weed-killer glyphosate non-cancerous. *Reuters*. February 26. <https://www.reuters.com/article/us-brazil-agriculture-glyphosate-idUSKCN1QF1J1>
- 140 Gross, Anna Sophie. 2018, Brazil's pesticide poisoning problem poses global dilemma, say critics. Mongabay. August 27. <https://news.mongabay.com/2018/08/brazils-pesticide-poisoning-problem-poses-global-dilemma-say-critics/>; Human Rights Watch. 2018. "You Don't Want to Breathe Poison Anymore": The Failing Response to Pesticide Drift in Brazil's Rural Communities. July 20. <https://www.hrw.org/report/2018/07/20/you-dont-want-breathe-poison-anymore/failing-response-pesticide-drift-brazils>
- 141 Global Forest Coalition. 2018. Indigenous Peoples, Afro-descendants, and peasant farmers resist "green deserts" in Brazil. September 21. <https://globalforestcoalition.org/resisting-green-deserts-in-brazil/>
- 142 Antoniou, Michael, et al. 2010. GM Soy: Sustainable? Responsible? [https://gmwatch.org/images/pdf/gm\\_full\\_eng\\_v15.pdf](https://gmwatch.org/images/pdf/gm_full_eng_v15.pdf)
- 143 Vidal, John. 2012. The GM tree plantations bred to satisfy the world's energy needs. *The Guardian*. November 15. <https://www.theguardian.com/environment/2012/nov/15/gm-trees-bred-world-energy>; ISAAA. 2022. GM Approval Database, GM Crop Events List, Event Name: H421. <https://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/event/default.asp?EventID=395>
- 144 Global Justice Ecology Project. 2015. Brazil CTNBio Meeting Cancelled-FuturaGene Occupied. Blog. March. <https://globaljusticeecology.org/brazil-ctnbio-meeting-cancelled-futuragene-occupied/>
- 145 Ibid.
- 146 Várias organizações. 2014. Carta aberta à Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) do Brasil. <https://www.wrm.org.uy/all-campaigns/open-letter-to-be-sent-to-the-brazilian-national-technical-biosafety-commission-ctnbio>
- 147 Various organizations. 2014. Statement in support of the open letter to CTNBio. <https://www.wrm.org.uy/action-alerts/statement-in-support-of-the-open-letter-to-ctnbio>
- 148 FuturaGene. 2015. FuturaGene's eucalyptus is approved for commercial use in Brazil. Press release. April 9. <https://www.futuragene.com/wp-content/uploads/2019/04/FuturaGene%E2%80%99s-eucalyptus-is-approved-for-commercial-use-in-Brazil.pdf>
- 149 Vidal, John. 2012. The GM tree plantations bred to satisfy the world's energy needs. *The Guardian*. November 15. <https://www.theguardian.com/environment/2012/nov/15/gm-trees-bred-world-energy>
- 150 Suzano. 2021. Personal communication with André Dallagnol for World Rainforest Movement, February 10.
- 151 Valenzuela, Sofia. 2022. The Future of Forests: Part 3 – CRISPR, climate change and forest health panel. (At 10:07). iBiology Science Communication Lab. February 3. <https://www.ibiology.org/ecology/future-of-forests/#part-3>
- 152 Forest Stewardship Council. 2021. Sustainable Intensification. <https://members.fsc.org/en/media/si-fact-sheet-updated-october-2021>
- 153 Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2010. Global Forest Resources Assessment 2010. FAO Forestry Paper 163. <http://www.fao.org/3/a-i1757e.pdf>
- 154 IBÁ. 2021 – Relatório Anual IBÁ. Indústria Brasileira de árvores p.121. <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>
- 155 IBÁ. 2021 – Relatório Anual IBÁ. Indústria Brasileira de árvores p.118. <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>; IBÁ. 2016 – Relatório Anual IBÁ. Indústria Brasileira de árvores p.38. [http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2016\\_.pdf](http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2016_.pdf)
- 156 Suzano. 2015. Sustainability Report. [https://s1.q4cdn.com/987436133/files/doc\\_downloads/sustainability\\_reports/pt/Relatorio-de-Sustentabilidade-2015-Suzano.pdf](https://s1.q4cdn.com/987436133/files/doc_downloads/sustainability_reports/pt/Relatorio-de-Sustentabilidade-2015-Suzano.pdf); Suzano. Relatório 2020. <https://r2020.suzano.com.br/wp-content/uploads/2021/05/RelatorioSuzano2020.pdf>

- 157 Suzano. 2021. Suzano investirá R\$ 14,7 bilhões na construção de nova fábrica de celulose no Mato Grosso do Sul. May 13. <https://www.suzano.com.br/suzano-investira-r-147-bilhoes-na-construcao-de-nova-fabrica-de-celulose-no-mato-grosso-do-sul/>
- 158 IBÁ. Annual Report 2021. <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>
- 159 Ibid.
- 160 Várias organizações. 2022. Denúncia pública do novo eucalipto transgênico resistente ao glifosato da empresa Suzano. <https://www.wrm.org.uy/pt/artigos-do-boletim/denuncia-publica-do-novo-eucalipto-transgenico-resistente-ao-glifosato-da-empresa-suzano>
- 161 Ibid.
- 162 Carvalho, Cleide. 2014. Eucalipto transgênico ameaça mel orgânico. *O Globo*, 28 June. <https://oglobo.globo.com/brasil/sustentabilidade/eucalipto-transgenico-ameaca-mel-organico-14379745>
- 163 Amigos, Caros. 2015. Eucalipto transgênico: mel e oferta de água em risco; mobilização faz CTNBio suspender votação. University of Sao Paulo. [http://www.esalq.usp.br/acom/clipping/arquivos/05-03\\_eucalipto\\_transgenico\\_CA.pdf](http://www.esalq.usp.br/acom/clipping/arquivos/05-03_eucalipto_transgenico_CA.pdf); Carvalho, Cleide. 2014. Eucalipto transgênico ameaça mel orgânico. *O Globo*. 28 June. <https://oglobo.globo.com/brasil/sustentabilidade/eucalipto-transgenico-ameaca-mel-organico-14379745>
- 164 Movimento Mundial pelas Florestas Tropicais. 2022. Luta contra as monoculturas de árvores. <https://www.wrm.org.uy/pt/temas/luta-contra-monoculturas-de-arvores>
- 165 Movimento Mundial pelas Florestas Tropicais. 2008. O Brasil da Stora Enso: violência contra as mulheres e legislação à sua medida. *Boletim WRM* 129. <https://www.wrm.org.uy/pt/artigos-do-boletim/o-brasil-da-stora-enso-violencia-contra-as-mulheres-e-legislacao-a-sua-medida>; Mulheres da Via Campesina do Rio Grande do Sul. 2008. Manifesto das Mulheres da Via Campesina. Março 4, Brasil. <https://www.wrm.org.uy/sites/default/files/2022-06/Manifesto%20das%20Mulheres%20da%20Via%20Campesina.pdf>
- 166 Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra. 2018. No extremo Sul da Bahia, mil mulheres Sem Terra ocupam a fábrica de celulose da Suzano. <https://mst.org.br/2018/03/05/no-extremo-sul-da-bahia-mil-mulheres-sem-terra-ocupam-a-fabrica-de-celulose-da-suzano/>; Global Justice Ecology Project. 2018. More than one thousand women take over Suzano pulp & paper mill to protest genetically engineered trees and eucalyptus plantations. <https://globaljusticeecology.org/brazil-militant-women-occupy-pulp-mill-to-protest-genetically-engineered-trees-tree-plantations/>
- 167 Várias organizações. 2014. Carta aberta à Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) do Brasil. <https://www.wrm.org.uy/pt/todas-as-campanhas/carta-aberta-a-comissao-tecnica-nacional-de-biosseguranca-ctnbio-do-brasil>
- 168 Movimento Mundial pelas Florestas Tropicais. 2008. O Brasil da Stora Enso: violência contra as mulheres e legislação à sua medida. *Boletim WRM* 129. 28 de abril. <https://www.wrm.org.uy/pt/artigos-do-boletim/o-brasil-da-stora-enso-violencia-contra-as-mulheres-e-legislacao-a-sua-medida>
- 169 Movimento Mundial pelas Florestas Tropicais. 2021. Plantações de monocultura de eucaliptos e seringueiras promovem fome nas comunidades rurais. *Boletim WRM* 258. 17 de dezembro. <https://www.wrm.org.uy/pt/artigos-do-boletim/plantacoes-de-monocultura-de-eucaliptos-e-seringueiras-promovem-fome-nas-comunidades-rurais>
- 170 Movimento Mundial pelas Florestas Tropicais. 2016. Brasil: A empresa de monocultivos de eucalipto Veracel Celulose tenta expulsar indígenas Pataxó do seu Território. *Boletim WRM* 221. 5 Fevereiro 2016. <https://www.wrm.org.uy/bulletin-articles/brazil-the-monoculture-eucalyptus-company-veracel-celulosa-is-trying-to-evict-indigenous-pataxo-from-their>
- 171 Movimento Mundial pelas Florestas Tropicais. 2019. Árvores transgênicas e plantações de monoculturas de árvores. <https://www.wrm.org.uy/pt/files/2019/09/Compilaci%C3%B3n-BRASIL-2019.pdf>
- 172 Sax, Sarah. 2022. With plantation takeover, Brazil's Indigenous Pataxó move to reclaim their land. *Mongabay*. July 14. <https://news.mongabay.com/2022/07/with-plantation-takeover-brazils-indigenous-pataxo-move-to-reclaim-their-land/>
- 173 Ibid.
- 174 Mongabay. 2022. Reclaiming Indigenous Land: Brazil's Indigenous Pataxó reclaim their land. Video. July 14. [https://www.youtube.com/watch?v=03luBm0cGhM&feature=emb\\_imp\\_woyt](https://www.youtube.com/watch?v=03luBm0cGhM&feature=emb_imp_woyt)
- 175 Cornell Alliance for Science. 2015. 4 Questions with Stanley Hirsch, CEO of FuturaGene — creator of Brazil's first commercially available GE eucalyptus tree. May 4. <https://allianceforscience.cornell.edu/blog/2015/05/4-questions-with-stanley-hirsch-ceo-of-futura-gene-creator-of-brazils-first-commercially-available-ge-eucalyptus-tree/>
- 176 FuturaGene. 2018. FuturaGene's Exclusive License for RNAi Technology in Eucalyptus Enhanced by Grant of Patent in Brazil. Press release. January 17. <https://www.b3cnnews.com/201801171713/futura-gene-s-exclusive-license-for-rnai-technology-in-eucalyptus-enhanced-by-grant-of-patent-in-brazil.html>
- 177 FuturaGene. 2021. FuturaGene secures license to CRISPR-Cas9 technology to develop sustainable varieties of Eucalyptus with improved productivity, stress resistance and fiber quality. Press release. December 8. <https://www.businesswire.com/news/home/20211208005555/en/FuturaGene-Secures-License-to-CRISPR-Cas9-Technology-to-Develop-Sustainable-Varieties-of-Eucalyptus-with-Improved-Productivity-Stress-Resistance-and-Fiber-Quality>
- 178 Ibid.
- 179 Davis, Donald Edward. 2021. *The American Chestnut: An environmental history*. The University of Georgia Press.
- 180 State University of New York College of Environmental Science and Forestry. 2020. Petition for determination of nonregulated status for blight-tolerant Darling 58 American chestnut (*Castanea dentata*). January 17. <https://www.aphis.usda.gov/brs/aphisdocs/19-309-01p.pdf>
- 181 Centre for Food Safety. 2000. RE: Petition for Determination of Nonregulated Status for Blight-tolerant Darling 58 American Chestnut (*Castanea dentata*). October 19. <https://stopgetrees.org/wp-content/uploads/2020/10/CFS-comment-GE-American-chestnut-APHIS-10-19-20.pdf>
- 182 State University of New York College of Environmental Science and Forestry. 2020. Petition for determination of nonregulated status for blight-tolerant Darling 58 American chestnut (*Castanea dentata*). January 17. <https://www.aphis.usda.gov/brs/aphisdocs/19-309-01p.pdf>
- 183 The Campaign to STOP GE Trees, Biofuelwatch and Global Justice Ecology Project. 2019. Biotechnology for Forest Health? The Test Case of the Genetically Engineered American Chestnut. <https://stopgetrees.org/wp-content/uploads/2019/04/biotechnology-for-forest-health-test-case-american-chestnut-report-WEB-1.pdf>
- 184 The Campaign to STOP GE Trees, Biofuelwatch and Global Justice Ecology Project. 2019. Biotechnology for Forest Health? The Test Case of the Genetically Engineered American Chestnut. <https://stopgetrees.org/wp-content/uploads/2019/04/biotechnology-for-forest-health-test-case-american-chestnut-report-WEB-1.pdf>
- 185 Ibid.
- 186 Davis, Donald Edward. 2021. *The American Chestnut: An environmental history*. The University of Georgia Press.
- 187 Breault-Melican, Lois A. and Denis M. Melican. 2019. Letter of resignation to Massachusetts/Rhode Island Chapter Board Members, Asheville Staff, Science Coordinators, and Chapter Presidents, American Chestnut Foundation. March 28. <https://stopgetrees.org/release-american-chestnut-foundation-board-members-resign-over-ge-chestnut/>

- 188 The Campaign to STOP GE Trees, Biofuelwatch and Global Justice Ecology Project. 2019. Biotechnology for Forest Health? The test case of the genetically engineered American chestnut. <https://stopgetrees.org/wp-content/uploads/2019/04/biotechnology-for-forest-health-test-case-american-chestnut-report-WEB-1.pdf>
- 189 Center for Food Safety. 2016: Genetically Engineered Trees: The new frontier of biotechnology. [http://www.centerforfoodsafety.org/files/ge\\_trees\\_es\\_2016\\_93285.pdf](http://www.centerforfoodsafety.org/files/ge_trees_es_2016_93285.pdf)
- 190 Duke Energy. 2012. Sustainability Report. <https://sustainabilityreport.duke-energy.com/2012/environmental-footprint/bringing-back-the-american-chestnut/>
- 191 Ibid.
- 192 Living Carbon. 2022. Photosynthesis Enhanced Trees Grow Faster and Capture More Carbon. Blog Post, 30 March. <https://www.livingcarbon.com/post/photosynthesis-enhanced-trees-grow-faster-and-capture-more-carbon>
- 193 Reynolds, Matt. 2022. A Bold Idea to Stall the Climate Crisis – by Building Better Trees. *Wired*. March 28. <https://www.wired.co.uk/article/trees-carbon-capture-genes>; Hall, Maddie and Patrick Mellor. 2022. Post and comments at Hacker News. <https://news.ycombinator.com/item?id=30672841>
- 194 Living Carbon. Our Work: Credits. Biotechnology-Enhanced Reforestation. <https://subscriptions.patch.io/project/living-carbon>
- 195 Sweeny, Joe. 2022. Interview with Maddie Hall, Episode 19: Living Carbon: Super Trees with Maddie Hall, Founder and CEO. Just Raised podcast. 26 January. <https://player.captivate.fm/episode/932152f0-4ec0-45b2-8abb-30519010c4d1>
- 196 Living Carbon. 2022. Climate Change Breakthrough: New Research Indicates Photosynthesis Enhanced Trees Grow Faster and Capture More Carbon. Blog. February 23. <https://www.livingcarbon.com/press-releases/photosynthesis-enhanced-trees-grow-faster-and-capture-more-carbon>
- 197 Ibid.
- 198 Living Carbon team, Tao, Yumin, Li-Wei Chiu, Jacob W. Hoyle, Jessica Du, Karli Rasmussen, Patrick Mellor, Christian Richey, Julie Kuiper, Madeline Fried, Rebecca A. Dewhirst, Rick Zuzow, Dominick Tucker, Alex Crites, Gary A. Orr, Matthew J. Heckert, Damaris G. Vidal, Martha L. Oroscó-Cardenas, Madeline E. Hall. 2022. Enhanced photosynthetic efficiency for increased carbon assimilation and woody biomass production in hybrid poplar INRA 717-1B4. *BioRxiv*. <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2022.02.16.480797v2>
- 199 Living Carbon. 2022. Climate Change Breakthrough: New Research Indicates Photosynthesis Enhanced Trees Grow Faster and Capture More Carbon. Blog. February 23. <https://www.livingcarbon.com/press-releases/photosynthesis-enhanced-trees-grow-faster-and-capture-more-carbon>
- 200 Persefoni. 2022. Commission Free Carbon Offsets, Living Carbon Hybrid Poplar Biotech-Enhanced Reforestation, About (Search: Forestry). [https://persefoni.com/ja/carbon-offsets?project=pro\\_prod\\_dc5714f54325f4bbe90b9f2978d1f693](https://persefoni.com/ja/carbon-offsets?project=pro_prod_dc5714f54325f4bbe90b9f2978d1f693)
- 201 Living Carbon team, Tao, Yumin, Li-Wei Chiu, Jacob W. Hoyle, Jessica Du, Karli Rasmussen, Patrick Mellor, Christian Richey, Julie Kuiper, Madeline Fried, Rebecca A. Dewhirst, Rick Zuzow, Dominick Tucker, Alex Crites, Gary A. Orr, Matthew J. Heckert, Damaris G. Vidal, Martha L. Oroscó-Cardenas, Madeline E. Hall. 2022. Enhanced photosynthetic efficiency for increased carbon assimilation and woody biomass production in hybrid poplar INRA 717-1B4. *BioRxiv*. <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2022.02.16.480797v2>
- 202 Living Carbon Team. 2022. The diamond of the plant world. Blog. June 29. <https://www.livingcarbon.com/post/the-diamond-of-the-plant-world>
- 203 Persefoni. 2022. Commission Free Carbon Offsets, Living Carbon Hybrid Poplar Biotech-Enhanced Reforestation, About (Search: Forestry). [https://persefoni.com/ja/carbon-offsets?project=pro\\_prod\\_dc5714f54325f4bbe90b9f2978d1f693](https://persefoni.com/ja/carbon-offsets?project=pro_prod_dc5714f54325f4bbe90b9f2978d1f693)
- 204 Living Carbon team, Tao, Yumin, Li-Wei Chiu, Jacob W. Hoyle, Jessica Du, Karli Rasmussen, Patrick Mellor, Christian Richey, Julie Kuiper, Madeline Fried, Rebecca A. Dewhirst, Rick Zuzow, Dominick Tucker, Alex Crites, Gary A. Orr, Matthew J. Heckert, Damaris G. Vidal, Martha L. Oroscó-Cardenas, Madeline E. Hall. 2022. Enhanced photosynthetic efficiency for increased carbon assimilation and woody biomass production in hybrid poplar INRA 717-1B4. *BioRxiv*. <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2022.02.16.480797v2>
- 205 Popkin, Gabriel. 2022. To fight climate change, a biotech firm has genetically engineered a very peppy poplar. *Science*. February 23. <https://www.science.org/content/article/fight-climate-change-biotech-firm-has-genetically-engineered-very-peppy-poplar>
- 206 Living Carbon. 2022. Photosynthesis Enhanced Trees Grow Faster and Capture More Carbon. Blog. March 30. <https://www.livingcarbon.com/post/photosynthesis-enhanced-trees-grow-faster-and-capture-more-carbon>
- 207 Living Carbon team, Tao, Yumin, Li-Wei Chiu, Jacob W. Hoyle, Jessica Du, Karli Rasmussen, Patrick Mellor, Christian Richey, Julie Kuiper, Madeline Fried, Rebecca A. Dewhirst, Rick Zuzow, Dominick Tucker, Alex Crites, Gary A. Orr, Matthew J. Heckert, Damaris G. Vidal, Martha L. Oroscó-Cardenas, Madeline E. Hall. 2022. Enhanced photosynthetic efficiency for increased carbon assimilation and woody biomass production in hybrid poplar INRA 717-1B4. *BioRxiv*. <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2022.02.16.480797v2>
- 208 Ibid.
- 209 Popkin, Gabriel. 2022. To fight climate change, a biotech firm has genetically engineered a very peppy poplar. *Science*. February 23. <https://www.science.org/content/article/fight-climate-change-biotech-firm-has-genetically-engineered-very-peppy-poplar>
- 210 Living Carbon. 2022. Photosynthesis Enhanced Trees Grow Faster and Capture More Carbon. Blog. March 30. <https://www.livingcarbon.com/post/photosynthesis-enhanced-trees-grow-faster-and-capture-more-carbon>
- 211 Ibid.
- 212 Living Carbon. Frequently Asked Questions: Is this just theoretical or do you have trees in the ground? <https://www.livingcarbon.com/faq>
- 213 Popkin, Gabriel. 2022. To fight climate change, a biotech firm has genetically engineered a very peppy poplar. *Science*. February 23. <https://www.science.org/content/article/fight-climate-change-biotech-firm-has-genetically-engineered-very-peppy-poplar>
- 214 G-dash. Living Carbon Loblolly Pine Biotech-Enhanced Reforestation. [https://carbon-offset.e-dash.io/products/pro\\_prod\\_0471182c05d0c3960ca453e7584b9943](https://carbon-offset.e-dash.io/products/pro_prod_0471182c05d0c3960ca453e7584b9943)
- 215 Living Carbon. Biotech-enhanced reforestation. <https://subscriptions.patch.io/project/living-carbon>
- 216 Persefoni. Commission Free Carbon Offsets, Living Carbon Hybrid Poplar Biotech-Enhanced Reforestation, About (Search: Forestry). [https://persefoni.com/ja/carbon-offsets?project=pro\\_prod\\_dc5714f54325f4bbe90b9f2978d1f693](https://persefoni.com/ja/carbon-offsets?project=pro_prod_dc5714f54325f4bbe90b9f2978d1f693)
- 217 Living Carbon. Biotech-enhanced reforestation. <https://subscriptions.patch.io/project/living-carbon>
- 218 Living Carbon. 2022. Carbon Projects: A few of our biotech-enhanced reforestation projects. <https://www.livingcarbon.com/our-work/carbon-projects>
- 219 Persefoni. Commission Free Carbon Offsets, Living Carbon Hybrid Poplar Biotech-Enhanced Reforestation. <https://persefoni.com/ja/carbon-offsets>
- 220 Verra. Verified Carbon Standard. Search Registry, Pipeline: Living Carbon. <https://registry.verra.org/app/search/VCS/All%20Projects>; Zwick, Steve, Verra. 2022. Personal communication, June 8.

- 221 Living Carbon. 2022. Frequently Asked Questions. <https://www.livingcarbon.com/faq>
- 222 Vidal, John. 2012. The GM tree plantations bred to satisfy the world's energy needs. *The Guardian*. November 15. <https://www.theguardian.com/environment/2012/nov/15/gm-trees-bred-world-energy>
- 223 Forest Stewardship Council. 2022. About Us. <https://fsc.org/en/about-us>
- 224 Indústria Brasileira de Árvores. 2021. Relatório Anual 2021. <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>
- 225 Vidal, John. 2012. The GM tree plantations bred to satisfy the world's energy needs. *The Guardian*. November 15. <https://www.theguardian.com/environment/2012/nov/15/gm-trees-bred-world-energy>
- 226 Oregon State University. 2018. Petition in Support of Forest Biotechnology, Committee of Scientists. <https://biotechtrees.forestry.oregonstate.edu/committee-scientists>; International Tree Biotechnology Community. 2021. Allow Use of GE Technology in Forest Trees. Go Petition. <https://www.gopetition.com/petitions/allow-use-of-ge-technology-in-forest-trees.html>
- 227 Vidal, John. 2012. The GM tree plantations bred to satisfy the world's energy needs. *The Guardian*. November 15. <https://www.theguardian.com/environment/2012/nov/15/gm-trees-bred-world-energy>
- 228 The Forests Dialogue. 2014. TFD's company questionnaire on the development of genetically modified trees. <https://www.forestpeoples.org/sites/default/files/publication/2014/04/tfd-s-gmt-questionnaire-company-responses.pdf>
- 229 Forest Stewardship Council. 2022. Genetic engineering learning process FAQ. [https://fsc.org/sites/default/files/2022-03/20220318-GE%20Learning%20Process\\_FAQ\\_Master.pdf](https://fsc.org/sites/default/files/2022-03/20220318-GE%20Learning%20Process_FAQ_Master.pdf)
- 230 Ibid.
- 231 Forest Stewardship Council. 2022. FSC Genetic Engineering Learning Process. <https://fsc.org/en/sustainable-intensification/fsc-genetic-engineering-learning-process>
- 232 Forest Stewardship Council. 2022. FSC genetic engineering learning process outside of FSC-certified area: Final appointments to the independent panel of experts. June 8. <https://fsc.org/en/newsfeed/fsc-genetic-engineering-learning-process-outside-of-fsc-certified-area-0>
- 233 The Campaign to STOP GE Trees. 2022. Profile of Forest Stewardship Council Expert Panel Member Steven Strauss. [www.stopGETrees.org/StraussProfile](http://www.stopGETrees.org/StraussProfile)
- 234 Strauss S.H., W. Boerjan, V. Chiang, A. Costanza, H. Coleman, J.M. Davis, M.Z. Lu, S.D. Mansfield, S. Merkle, A. Myburg, O. Nilsson, G. Pilate, W. Powell, A. Seguin, S. Valenzuela. 2019. Certification for gene-edited forests. *Science* 365(6455): 767-768.
- 235 Forest Stewardship Council. 2022. Genetic Engineering Learning Process FAQ. [https://fsc.org/sites/default/files/2022-03/20220318-GE%20Learning%20Process\\_FAQ\\_Master.pdf](https://fsc.org/sites/default/files/2022-03/20220318-GE%20Learning%20Process_FAQ_Master.pdf)
- 236 EcoNexus, CBAN, Stop GE Trees Campaign, Ecoropa, Global Justice Ecology Project, Global Forest Coalition, World Rainforest Movement. 2008. Potential Ecological and Social Impacts of Genetically Engineered Trees. Commentary on CBD/SBSTTA/INF/6 Paper on Potential Impacts of GE Trees. Prepared for Convention on Biological Diversity SBSTTA Meeting, Rome, Italy, 18-22 February.
- 237 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2019. *Forest Health and Biotechnology: Possibilities and Considerations*. Washington, DC: The National Academies Press.
- 238 Kuzma, J., and A. Kokotovich. 2011. Renegotiating GM crop regulation: targeted gene-modification technology raises new issues for the oversight of genetically modified crops. *EMBO Reports* 12: 883-888.; Young, A.E., T.A. Mansour, B.R. McNabb, et al. 2020. Genomic and phenotypic analyses of six offspring of a genome-edited hornless bull. *Nature Biotechnology* 38: 225-232.
- 239 United Kingdom Department of Environment, Food and Rural Affairs. 2022. Genetic Technology (Precision Breeding) Bill. <https://bills.parliament.uk/bills/3167>; Canadian Food Inspection Agency. 2021. Draft guidance for determining whether a plant is subject to Part V of the *Seeds Regulations*. <https://inspection.canada.ca/about-cfia/transparenc/consultations-and-engagement/share-your-thoughts/draft-guidance/eng/1619540046303/1619540212691>
- 240 Hoffman, Neil E. 2021. Revisions to USDA biotechnology regulations: The SECURE rule. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118(22). <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.2004841118>
- 241 Canadian Biotechnology Action Network. 2020. Genome Editing in Food and Farming: Risks and Unexpected Consequences. <https://cban.ca/wp-content/uploads/Genome-Editing-Report-2020.pdf>
- 242 Canadian Biotechnology Action Network. 2019. GM Contamination in Canada: The failure to contain living modified organisms – incidents and impacts. [www.cban.ca/ContaminationReport](http://www.cban.ca/ContaminationReport)
- 243 United Nations Convention on Biological Diversity. 2008. COP 9 Decision IX/5. Forest biodiversity. <https://www.cbd.int/decision/cop/?id=11648>
- 244 Canadian Biotechnology Action Network. 2019. GM Contamination in Canada: The failure to contain living modified organisms – incidents and impacts. [www.cban.ca/ContaminationReport](http://www.cban.ca/ContaminationReport)
- 245 Global Low-Level Presence Initiative. 2012. International Statement on Low Level Presence. March 22. <https://llp-gli.org/llp-statement.html>