

Impactos da edição genômica no registro e proteção de cultivares no Brasil

Impacts of genomic editing on the registration and protection of cultivars in Brazil

Repercusiones de la edición genómica en el registro y la protección de variedades cultivadas en Brasil

DOI: 10.54901/educa.v9-535

Nilder Silva Pereira¹
Camila Nascimento Luz²
Manoela Safira Sousa e Silva³

RESUMO: A tecnologia de Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats (CRISPR), mecanismo de edição genômica de alta precisão, representa um paradigma biotecnológico ao permitir tanto a clivagem direcionada para reparo genético quanto a inserção de sequências exógenas, demandando rigorosos protocolos de biossegurança. O estudo analisa a governança dessa inovação, investigando o descompasso regulatório entre a Lei Federal nº 11.105/2005 (Política Nacional de Biossegurança) e a Lei Federal nº 9.456/1997 (Lei de Proteção de Cultivares). A análise demonstra que a Resolução Normativa nº 16/2018, da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), materializa a assimetria entre a celeridade buscada pelo setor tecnológico e a necessidade de critérios padronizados para distinguir variedades editadas de Organismos Geneticamente Modificados (OGM), essencial para a identificação molecular e segurança jurídica. Este debate ocorre onde o direito agrário e as normas de fomento à agricultura familiar formam a base institucional da produção. Conclui-se que a harmonização entre a biossegurança e a proteção da inventividade é o caminho para converter o potencial biotecnológico em soberania tecnológica, garantindo a competitividade do agronegócio.

Palavras-chave: biossegurança; inovação biotecnológica; soberania tecnológica; identificação molecular.

1 INTRODUÇÃO

O avanço histórico do melhoramento genético vegetal desempenha um papel fundamental na garantia da segurança alimentar global e no aumento da produtividade agrícola nas últimas décadas, visto que, a partir do momento em que o homem passou a cultivar seu alimento e a conservar sementes e plantas, podemos dizer que tiveram início as atividades de conservação de recursos genéticos (Pádua, 2018). Sob essa perspectiva de desenvolvimento, a

¹ Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Instituto Federal do Maranhão (IFMA), São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: nildersp@hotmail.com

² Graduada em Engenharia Agrônoma, Instituto Federal do Maranhão (IFMA), São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: camilaluzagr@gmail.com

³ Graduada em Engenharia Agrônoma, Instituto Federal do Maranhão (IFMA), São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: manoelasafira15@gmail.com

utilização de sementes melhoradas foi responsável pelo crescimento expressivo do agronegócio, elevando a importância do melhoramento genético, biotecnologia e incorporação de novas tecnologias ao processo de produção (Peixoto; Vilela, 2018).

O sistema CRISPR representa uma quebra de paradigma na biotecnologia, permitindo modificações cirúrgicas no genoma ao clivar alvos genéticos específicos para o melhoramento direcionado, embora admita, conforme o desenho experimental, tanto a simples correção endógena quanto a inserção de sequências exógenas (Jinek *et al.*, 2012). Essas inovações impulsionam a resistência a fitopatógenos e a eficiência hídrica, reduzindo a dependência química e viabilizando cultivos resilientes diante das mudanças climáticas globais (Zárate *et al.*, 2023).

A distinção técnica entre os organismos editados por precisão e os transgênicos tradicionais reside essencialmente na ausência de DNA recombinante exógeno no produto vegetal final, uma vez que a genômica aplicada permite identificar regiões genômicas específicas sem a necessidade de recorrer à inserção de genes de espécies não relacionadas (Vianello; Resende; Brondani, 2023). Enquanto a transgenia convencional insere sequências genéticas externas de forma aleatória, as novas técnicas de melhoramento genômico mimetizam os processos de mutação natural que ocorrem espontaneamente no campo, permitindo a edição cirúrgica no próprio código genético da planta-alvo por meio da remoção ou alteração direcionada de alelos específicos sem que ocorra a inclusão de novos genes vindos de outras espécies (Wasem; Hupffe, 2025).

Diferente da mutagênese aleatória, o sistema CRISPR/Cas atua como um bisturi genético que realiza modificações específicas no genoma, permitindo que características complexas sejam corrigidas ou melhoradas diretamente na cultivar de elite, sem o arrasto de genes indesejados comum nos cruzamentos tradicionais (Lopes Filho *et al.*, 2020). Essas novas variedades representam incrementos expressivos em resistência a fitopatógenos e eficiência no uso da água, ferramentas que diminuem sensivelmente a dependência por insumos químicos e otimizam a sustentabilidade econômica, uma vez que a tecnologia CRISPR tem se mostrado um caminho promissor para o desenvolvimento de cultivos resilientes e produtivos em regiões com limitações hídricas (Sami *et al.*, 2021).

A proteção da propriedade intelectual atua como um pilar fundamental para incentivar investimentos privados em pesquisa e desenvolvimento, assegurando a apropriação dos resultados da inventividade humana e viabilizando o ciclo virtuoso necessário para o progresso tecnológico contínuo no setor de sementes (Buainain; Vieira; Souza, 2023). Conforme sustentado por Molinari *et al.* (2020), o licenciamento e a garantia jurídica sobre cultivares

avançadas são os fatores que permitem às instituições recuperar os custos de pesquisa e desenvolvimento, assegurando a viabilidade econômica necessária para que a biotecnologia chegue de forma contínua ao produtor rural (Molinari *et al.*, 2020).

A análise da realidade jurídica nacional demonstra a urgência de avaliar a transição metodológica necessária para que os laudos técnicos de registro de sementes incorporem o protocolo de Genotipagem por Sequenciamento (GBS), técnica pioneira baseada no Sequenciamento de Nova Geração (NGS) que, segundo Elshire *et al.* (2011), permite a identificação de marcadores moleculares precisos capazes de superar a subjetividade da inspeção visual e ancorar a concessão de títulos protetivos em dados biológicos objetivos, garantindo a rastreabilidade da edição gênica e a distinção irrefutável de variedades fenotipicamente semelhantes (Elshire *et al.*, 2011). Diante desses desafios regulatórios, o sistema técnico da União Internacional para a Proteção das Obtenções Vegetais (UPOV), organização intergovernamental independente vinculada à estrutura da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), serve de referência global para a gestão e modernização de registros de cultivares (UPOV, 1991).

O entendimento das exigências do mercado de sementes exige que a Lei Federal nº 9.456, de 25 de abril de 1997, determine de forma expressa em seu artigo 4º a concessão do Certificado de Proteção de Cultivar para a nova cultivar ou para a cultivar essencialmente derivada de qualquer gênero ou espécie vegetal superior (Brasil, 1997). Diante desse cenário regulatório, este artigo objetiva analisar os reflexos dessa concessão protetiva frente à Resolução Normativa nº 16, de 15 de janeiro de 2018, emitida pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), órgão colegiado multidisciplinar vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) que disciplina o status de produtos não considerados modificados geneticamente (Comissão Técnica Nacional de Biossegurança, 2018).

2 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de natureza qualitativa, estruturado através de uma revisão sistemática de literatura que abrange a produção acadêmica recente em bases de dados como Scielo, Scopus e Google Acadêmico. A seleção do material bibliográfico seguiu critérios de relevância temática sobre edição genômica, proteção intelectual e governança de biossegurança, garantindo uma fundamentação teórica robusta que sustenta as inferências sobre o descompasso regulatório no Brasil.

O procedimento analítico articulou a revisão bibliográfica com a análise documental e normativa, examinando de forma pormenorizada a Lei Federal nº 9.456/1997, a Lei Federal nº 11.105/2005 e os Pareceres Técnicos emitidos pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio). Esse conjunto documental foi confrontado com as diretrizes da União Internacional para a Proteção das Obtenções Vegetais (UPOV), permitindo identificar as assimetrias técnicas e jurídicas que dificultam a proteção efetiva de cultivares editadas em território nacional.

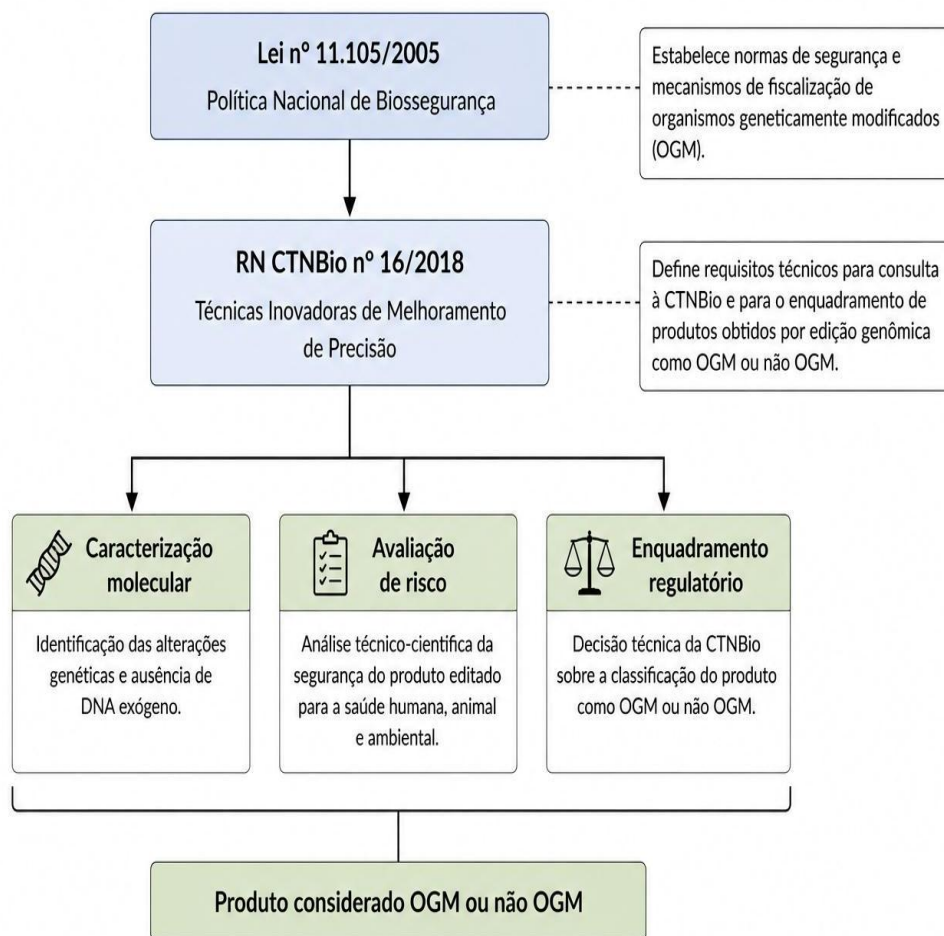
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Governança Regulatória e o Papel da CTNBio

A centralização decisória na Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) consolida um modelo focado no produto final e livre de interferências políticas, cuja autoridade fundamenta-se no artigo 14, inciso XII, da Lei de Biossegurança (Lei nº 11.105/2005), ao conferir ao órgão a competência exclusiva para emitir decisão técnica sobre a segurança e o grau de risco de OGMs (Brasil, 2005). Esse entendimento foi definitivamente chancelado pelo Supremo Tribunal Federal na ADI 3526, que reconheceu a constitucionalidade e o caráter vinculante dos pareceres da comissão (Brasil, 2023).

A análise da tramitação administrativa de aprovação da descendência, linhagem ou do produto final de qualquer gênero ou espécie vegetal superior demonstra que o artigo 2º, caput, combinado com o seu § 4º, da Resolução Normativa nº 16, de 15 de janeiro de 2018, determina a obrigatoriedade de apresentação de consulta para que a decisão da comissão seja conclusiva quanto ao enquadramento ou não do produto como organismo geneticamente modificado (Brasil, 2018). Essa determinação científica de biossegurança confronta o artigo 2º, caput, combinado com o artigo 3º, inciso IV, da Lei Federal nº 9.456, de 25 de abril de 1997 (Lei de Proteção de Cultivares), pois a regulação da CTNBio atesta apenas a ausência de DNA recombinante invisível, enquanto esses dispositivos legais exigem cumulativamente a manifestação de características físicas visíveis, homogêneas e estáveis em campo para a efetiva concessão do Certificado de Proteção de Cultivar (Brasil, 1997). A Figura 1 ilustra essa estrutura normativa.

Figura 1. Estrutura normativa da biossegurança aplicada às cultivares editadas por CRISPR no Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores com base na Lei nº 11.105/2005 e na Resolução Normativa CTNBio nº 16/2018.

O elevado custo de conformidade regulatória decorrente da morosidade administrativa nos órgãos de registro aprofunda a desigualdade competitiva entre os laboratórios nacionais e as grandes corporações sementeiras transnacionais, uma vez que as empresas estrangeiras possuem maior fôlego financeiro para suportar longos períodos de espera patentária (Quadros *et al.*, 2018). A superação desses gargalos é imperativa para que o desenvolvimento de variedades editadas via CRISPR integre as cadeias agroindustriais sustentáveis da Nova Indústria Brasil (NIB), permitindo ao País converter sua capacidade científica em soberania tecnológica e liderança produtiva (Oliveira; Cidade, 2024).

A Resolução Normativa nº 16 da CTNBio, publicada em 2018, define que produtos obtidos por edição genômica não são classificados como organismos geneticamente modificados quando não apresentam a inserção estável de DNA exógeno, diretriz que, conforme a análise de Vieira *et al.* (2020), possibilita o tratamento dessas variedades como plantas convencionais ao reconhecer que técnicas como a SDN-1 e a SDN-2 alteram o genoma sem incorporar material genético estranho (CTNBio, 2018; Vieira *et al.*, 2020). Essa

classificação regulatória é distinta do regime de propriedade intelectual, uma vez que o artigo 18, inciso III, da Lei Federal nº 9.279/1996 veda o patenteamento de seres vivos, reservando a proteção jurídica específica para essas inovações vegetais ao sistema de direitos assegurado pela Lei de Proteção de Cultivares (Brasil, 1996; Brasil, 1997).

3.2 Desafios Técnicos e a Segurança Jurídica no Processo de Inovação

A caracterização laboratorial de variedades vegetais editadas enfrenta desafios devido à invisibilidade técnica da alteração genômica, visto que o mecanismo CRISPR atua clivando fitas de DNA em locais programados para que o reparo celular subsequente ocorra de forma idêntica às mutações espontâneas observadas na natureza (Jinek *et al.*, 2012). Essa incerteza técnica gera insegurança jurídica e riscos de responsabilização para o fiscal e para o usuário, uma vez que, dada a impossibilidade de distinguir o material editado do natural, a conduta do usuário corre o risco de ser enquadrada no art. 29 da Lei nº 11.105/2005, que prevê reclusão de 1 a 2 anos para a produção irregular de Organismos Geneticamente Modificados, e no art. 27, que estabelece de 1 a 4 anos para sua liberação sem normas técnicas (Brasil, 2005). Dada a complexidade interpretativa entre as técnicas de edição e a transgenia clássica, a Tabela 1 sistematiza os critérios diferenciais que orientam o enquadramento regulatório, permitindo a compreensão precisa das fronteiras de responsabilidade técnica e jurídica no contexto nacional:

Tabela 1. Comparativo técnico-regulatório entre transgenia convencional e edição genômica (CRISPR/SDN).

CRITÉRIO	CONVENCIONAL	Edição Genômica (CRISPR/SDN)
Origem do material genético	DNA exógeno	Modificação endógena (sem DNA estranho)
Precisão da modificação	Inserção em local incerto no genoma	Cirúrgica e direcionada (alvo específico)
Presença de genes de outras espécies	Presente (transgêneros)	Ausente (edição de genes próprios)
Processo biológico mimetizado	Intervenção artificial externa	Mutação natural direcionada
Enquadramento legal no Brasil	OGM (Lei nº 11.105/2005).	Não OGM (se livre de DNA exógeno)

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Vianello, Resende & Brondani (2023); Wasem & Hupffer (2025); Brasil (1997; 2005; 2018).

A atuação no contexto das novas técnicas de edição genômica exige uma transição de paradigma, uma vez que a complexidade do panorama de direitos de propriedade intelectual, envolvendo patentes sobrepostas e incertezas quanto ao escopo da proteção, pode impactar negativamente a difusão da tecnologia e o trabalho inovador do setor (Kim *et al.*, 2024). Esse profissional, ao realizar modificações genéticas precisas, enfrenta o desafio de que as

variedades editadas nem sempre apresentam alterações morfológicas externas capazes de sustentar o critério de distinção necessário para a concessão da proteção jurídica, o que fragiliza a defesa da autoria em disputas comerciais (Reinhardt & Monaco, 2026).

A condução dos ensaios biológicos destinados a comprovar OS critérios de Homogeneidade e Estabilidade em parcelas experimentais sofre a interferência direta das crescentes oscilações climáticas e estresses bióticos do território nacional, visto que a ampla variação genética natural inerente à plasticidade fenotípica possibilita modular as respostas das plantas aos estímulos ambientais (Schneider *et al.*, 2026). A dificuldade em distinguir tais oscilações de mutações genéticas indesejadas compromete a introdução de variedades resilientes, violando a diretriz de implementar estratégias de adaptação essenciais para assegurar a produtividade e a sustentabilidade no setor da agropecuária, conforme estabelecido no art. 11, parágrafo único, da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009 (Brasil, 2009).

A tecnologia de edição gênica, ainda que possua vantagens biotecnológicas significativas para a resiliência vegetal e produtividade, ainda não obteve o desenvolvimento técnico necessário e suficiente para viabilizar sua plena disseminação e identificação no campo (Naves *et al.*, 2024). Esse vazio tecnológico consubstancia a vulnerabilidade jurídica, pois a carência de marcadores moleculares de alta resolução para discriminar genótipos intimamente relacionados inviabiliza a perícia técnica em disputas judiciais, forçando o magistrado a julgar o litígio sobre a autoria genética sem qualquer sustentação científica que garanta a rastreabilidade da modificação (Vianello; Resende; Brondani, 2023).

3.3 Governança Econômica, Barreiras e Competitividade Global

Conforme expõem Reydon *et al.* (2017), a governança de terras no Brasil é marcada por uma fragmentação cadastral e por sobreposições de registros que perpetuam a insegurança na posse, constituindo um entrave que eleva o risco financeiro e desestimula o aporte de capitais para o desenvolvimento de inovações, desde as pesquisas laboratoriais até a validação a campo (Reydon *et al.*, 2017). Esse estrangulamento operacional é agravada por barreiras burocráticas na liberação alfandegária de insumos e reagentes essenciais para a bancada científica, uma morosidade administrativa que chega a atrasar os cronogramas de pesquisa das startups e das universidades em até quatro meses devido à lentidão com que os fluxos documentais de importação e as isenções de taxas institucionais são processados pelas instâncias de controle (Zárate *et al.*, 2023).

O estabelecimento de marcos jurídicos previsíveis e harmônicos entre a biossegurança e a propriedade intelectual atua como o principal motor para o direcionamento de investimentos de longo prazo no setor de biotecnologia agrícola, visto que a consolidação do agronegócio brasileiro, exemplificada pela tropicalização da soja, foi viabilizada por transformações sociotécnicas e políticas que exigiram um ambiente institucional estável para sustentar a contínua expansão da fronteira agrícola por meio de pesquisa e desenvolvimento (Perin, 2026). Além da segurança jurídica interna, a busca por mecanismos de colaboração regulatória de alto nível entre nações é apontada como uma necessidade urgente, visando minimizar obstáculos desnecessários ao comércio e permitir que pesquisadores e empresas, especialmente startups, alcancem escala para operacionalizar inovações de forma sustentável” (Zárate *et al.*, 2023, p. 162).

O conflito interpretativo acerca da natureza jurídica do produto final editado por CRISPR — que transita entre o enquadramento como cultivar convencional ou OGM — gera uma instabilidade que fragiliza os regimes de apropriabilidade, pois a indefinição quanto à aplicação de patentes ou certificados de proteção de cultivares impede que o inovador capture os retornos econômicos pretendidos (Côrtes *et al.*, 2024). Nos autos do Processo Administrativo nº 08700.000270/2018-72, a Nota Técnica nº 18/2023 do Departamento de Estudos Econômicos (DEE) do Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE) configura-se como a avaliação pericial econômica que atesta a ocorrência de efeitos de fechamento de mercado nos elos de obtenção e multiplicação de sementes, fundamentada em dados do sistema SIGEF/MAPA e na confrontação de estudos, comprovando que a imposição de incentivos comerciais assimétricos e metas de fidelização reduziu a disponibilidade de alternativas tecnológicas independentes (Brasil, 2023).

A tecnologia CRISPR apresenta como principal vantagem econômica o seu custo de desenvolvimento significativamente inferior quando comparado aos bilionários aportes exigidos pela transgenia convencional, uma vez que os métodos transgênicos demandam o desenho de proteínas caras que superam mil dólares por alvo, ao passo que as plataformas de edição genômica utilizam softwares gratuitos e kits iniciais acessíveis de sessenta e cinco dólares (Wasem; Hupffe, 2025). Essa viabilidade financeira é ratificada quando a tecnologia aplicada utiliza Nucleases Sítio-Dirigidas (Site-Directed Nucleases – SDN), notadamente nas abordagens SDN-1, que promove mutações pontuais direcionadas, ou SDN-2, que utiliza um molde de DNA da própria espécie para edições precisas, ambas prescindindo de DNA exógeno e mitigando ritos de biossegurança aplicáveis aos transgênicos (Vieira *et al.*, 2020).

A formulação do status regulatório das plantas editadas interfere diretamente na governança das exportações brasileiras e na aceitação de nossas commodities agrícolas por parte de blocos econômicos estrangeiros altamente rigorosos, uma vez que a falta de harmonização nas regras de detecção molecular pode configurar barreiras técnicas ocultas, visto que a divergência regulatória global e a aprovação assíncrona de produtos podem resultar em conflitos comerciais e interrupções no fluxo de mercadorias (Ahmar *et al.*, 2026). Segundo Faizal *et al.* (2024), a diversidade nas políticas globais de regulação sobre culturas editadas, variando entre abordagens baseadas em produto ou processo, cria obstáculos significativos à comercialização internacional e limita o desenvolvimento de inovações agrícolas essenciais para a segurança alimentar global (Faizal *et al.*, 2024).

A convergência equilibrada entre a flexibilidade científica da biossegurança e a rigidez necessária da propriedade intelectual constitui o pilar central para a manutenção da soberania alimentar e da liderança agrícola do país no mercado global de alimentos, assegurando a autonomia tecnológica do produtor ao permitir que os avanços da genética aplicada sejam convertidos em ganhos reais de produtividade e adaptação populacional (Garcia Neto *et al.*, 2019). Uma interpretação evolutiva e célere da legislação de sementes afasta o fantasma do isolamento produtivo, permitindo que o país converta a sua megadiversidade biológica em ativos bioeconômicos competitivos, integrando definitivamente o campo à vanguarda da revolução genômica contemporânea, técnica esta que se consolidou como uma alternativa aos métodos tradicionais para gerar novas cultivares e assegurar a produção de alimentos (Quadros *et al.*, 2018).

4 CONCLUSÃO

A análise da governança da edição gênica no Brasil revela que o descompasso regulatório entre a legislação de biossegurança e a proteção de cultivares exige uma interpretação evolutiva para garantir a segurança jurídica necessária ao setor. O reconhecimento de que as normas atuais exigem uma aplicação interpretativa voltada à precisão técnica das Nucleases Sítio-Dirigidas determina que o sistema de registro de sementes consolide mecanismos de identificação molecular, essenciais para distinguir a inovação da variação natural, especialmente quando a edição genômica é aplicada via SDN-1 ou SDN-2, técnicas isentas de DNA exógeno.

A assimetria observada na regulação vigente demonstra que a celeridade procedimental buscada pela biotecnologia não pode prescindir de padrões técnicos claros que assegurem a

proteção dos direitos de propriedade intelectual. A superação desse gargalo institucional é a condição indispensável para que o País converta sua capacidade científica em soberania tecnológica, evitando que a falta de diretrizes precisas iniba os investimentos privados no campo.

Quanto às limitações, observa-se que a transição para métodos moleculares de identificação encontra barreiras no custo operacional e na necessidade de adaptação técnica das instituições de pesquisa e dos órgãos de fiscalização. Sugere-se, portanto, que futuras pesquisas em bioeconomia e direito agrário investiguem modelos de governança que permitam integrar essas exigências de comprovação técnica sem elevar os custos de conformidade para o produtor e para o melhorista nacional.

Por fim, conclui-se que o fortalecimento da competitividade nacional frente às demandas globais não depende apenas do avanço científico, mas da construção de um ambiente institucional que harmonize a biossegurança com a proteção da inventividade. O alinhamento dos marcos legais com a realidade da tecnologia transformará a megadiversidade brasileira em um ativo estratégico, permitindo que a inovação gerada no laboratório seja, de fato, apropriada pelo inventor e convertida em prosperidade econômica sustentável para todo o agronegócio.

REFERÊNCIAS

AHMAR, Sunny *et al.* **Precision harvest: path to genetically modified organism-free crops with CRISPR by 2035.** Trends in Plant Science, v. 31, n. 5, p. 719-730, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2025.12.014>. Disponível em: [https://www.cell.com/trends/plant-science/fulltext/S1360-1385\(25\)00363-2](https://www.cell.com/trends/plant-science/fulltext/S1360-1385(25)00363-2). Acesso em: 3 jul. 2026.

BRASIL. Comissão Técnica Nacional de Biossegurança. Resolução Normativa nº 16, de 15 de janeiro de 2018. **Estabelece os requisitos técnicos para apresentação de consulta à CTNBio sobre as Técnicas Inovadoras de Melhoramento de Precisão.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 jan. 2018. Disponível em: <https://prpi.usp.br/wp-content/uploads/sites/1239/2024/08/Resolucao-Normativa-No-16-de-15-de-janeiro-de-2018-CTNBio.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2026.

BRASIL. Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE). Departamento de Estudos Econômicos. **Nota Técnica nº 18/2023/DEE/CADE.** Processo Administrativo nº 08700.000270/2018-72. Brasília: CADE, 2023. Disponível em: https://cdn.cade.gov.br/Portal/centrais-de-conteudo/publicacoes/estudos-economicos/notas-tecnicas/2023/Nota%20tecnica%2018%20-%20SEI_CADE%20-%201285202%20-%20087000002702018-72.pdf. Acesso em: 3 jul. 2026.

BRASIL. **Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996.** Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 maio 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9279.htm. Acesso em: 2 jul. 2026.

BRASIL. **Lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997.** Institui a Lei de Proteção de Cultivares e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 abr. 1997. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9456.htm. Acesso em: 2 jul. 2026.

BRASIL. **Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005.** Dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 mar. 2005. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11105.htm. Acesso em: 3 jul. 2026.

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009.** Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2009. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm. Acesso em: 4 jul. 2026.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. **STF declara validade de dispositivos da Lei de Biossegurança sobre transgênicos.** Portal do STF, Brasília, DF, 31 ago. 2023. Disponível em: <https://portal.stf.jus.br/noticias/verNoticiaDetalhe.asp?idConteudo=513246&ori=1>. Acesso em: 3 jul. 2026.

BUAINAIN, Antônio Márcio; VIEIRA, Adriana Carvalho de Pinto; SOUZA, Roney Fraga. **Propriedade intelectual, royalties e inovação na agricultura: controvérsias sobre o papel da PI na agricultura.** Campinas: Instituto de Economia da Unicamp, 2022. Disponível em: <https://www.eco.unicamp.br/colecao-geral/propriedade-intelectual-royalties-e-inovacao-na-agricultura-controversias-sobre-o-papel-da-pi-na-agricultura>. Acesso em: 3 jul. 2026.

CARVALHO, Mariana Parente de; STAKOVIK JÚNIOR, Paulo Beli Moura. **A IMPORTÂNCIA DA SEGURANÇA JURÍDICA E ORIENTAÇÃO ESPECIALIZADA NA PROTEÇÃO DOS DIREITOS E INTERESSES PARA O DESENVOLVIMENTO DO AGRONEGÓCIO.** Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, [S. l.], v. 11, n. 5, p. 4535–4549, 2025. DOI: 10.51891/rease.v11i5.19325. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/19325>. Acesso em: 4 jul. 2026.

CÔRTEZ, Ariane Marcela *et al.* **Propriedade Intelectual na Sojicultura Transgênica Brasileira.** Desenvolvimento em Debate, v. 12, n. 1, p. 132-147, 2024. DOI: <https://doi.org/10.51861/ded.dmvqt.2.818>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/soc/a/Wc6KwhbSV6hMV9XqmxDmYLr/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 3 jul. 2026.

KIM, Daria *et al.* **Novas técnicas genômicas e direito da propriedade intelectual: desafios e soluções para o setor de melhoramento de plantas – declaração de posicionamento do Instituto Max Planck para Inovação e Concorrência: Munique, 8 de janeiro de 2024.** GRUR International, v. 73, n. 4, p. 323-339, abr. 2024. DOI: 10.1093/grurint/ikae017. Disponível em: <https://academic.oup.com/grurint/article/73/4/323/7627934>. Acesso em: 4 jul. 2026.

ELSHIRE, Robert J. *et al.* **A Robust, Simple Genotyping-by-Sequencing (GBS) Approach for High Diversity Species.** PLoS ONE, v. 6, n. 5, e19379, 4 maio 2011. Disponível em:

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0019379>. Acesso em: 3 jul. 2026

FAIZAL, A. *et al.* **Edição genômica na proteção de cultivos do futuro: utilizando CRISPR/Cas9 para melhorar a resistência das culturas contra doenças, pragas e ervas daninhas.** Discover Agriculture, v. 2, n. 104, 2024. DOI: 10.1007/s44279-024-00124-0. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s44279-024-00124-0>. Acesso em: 3 jul. 2026.

GARCIA NETO, Baltasar Fernandes *et al.* **Introdução à Genética Quantitativa.** In: BALDASSI, Amanda Cristina *et al.* (coord.). Tópicos especiais em genética aplicada. Volume 6. Jaboticabal: Funep, 2019. Cap. I, p. 5-15. ISBN 978-85-7805-186-0. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/cc510e77-cda0-4060-abe2-48999c734434/content>. Acesso em: 3 jul. 2026.

INTERNATIONAL UNION FOR THE PROTECTION OF NEW VARIETIES OF PLANTS (UPOV). **Agreement between the World Intellectual Property Organization and the International Union for the Protection of New Varieties of Plants (WIPO/UPOV Agreement).** Geneva: UPOV, 1982. Disponível em: https://www.upov.int/documents/d/upov/information-documents-en-upov_inf_8.pdf. Acesso em: 3 jul. 2026.

JINEK, Martin *et al.* **A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity.** Science, v. 337, n. 6096, p. 816-821, 28 ago. 2012. DOI: 10.1126/science.1225829. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1225829>. Acesso em: 2 jul. 2026.

LOPES FILHO, J. H. *et al.* **Introdução à edição genômica em plantas.** In: RESENDE, R. T.; BRONDANI, C. (ed.). Tecnologia CRISPR na edição genômica de plantas: biotecnologia aplicada à agricultura. Brasília, DF: Embrapa, 2020. P. 11-48. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1126481/1/PL-Edicao-genomica-CRISP-2020.pdf>. Acesso em: 3 jul. 2026.

MOLINARI, H. B. C. *et al.* **Tecnologia CRISPR na edição genômica de plantas: biotecnologia aplicada à agricultura.** Brasília, DF: Embrapa, 2020. 207 p. ISBN 978-65-86056-43-3. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1126157>. Acesso em: 3 jul. 2026.

NAVES, A. G. de L. *et al.* **Desafios e oportunidades na incorporação de tecnologias biotecnológicas na agricultura.** REVISTA DELOS, [S. l.], v. 17, n. 55, p. e1444, 2024. DOI: 10.55905/rdelosv17.n55-013. Disponível em: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/1444>. Acesso em: 4 jul. 2026.

OLIVEIRA, Silvia Souza de; CIDADE, Daniela Anhel de Paula. **Edição gênica: CRISPR na agricultura e pecuária.** Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), 2024. 90 p. (Radar Tecnológico). Disponível em: https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/informacao/RadarTecnologicoEdioGnica24_06_2024.pdf. Acesso em: 4 jul. 2026.

PÁDUA, Juliano Gomes. Recursos genéticos aplicados ao melhoramento genético de plantas. In: AMABILE, Renato Fernando; VILELA, Michelle Souza; PEIXOTO, José Ricardo (ed.). **Melhoramento de plantas: variabilidade genética, ferramentas e mercado.** Brasília, DF:

Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2018. p. 15-42. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1098740/1/Melhoramentodeplantas.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2026.

PEIXOTO, José Ricardo; VILELA, Michelle Souza. **Visão empresarial de um produtor rural/melhorista sobre o mercado de sementes**. In: AMABILE, Renato Fernando; VILELA, Michelle Souza; PEIXOTO, José Ricardo (ed.). *Melhoramento de plantas: variabilidade genética, ferramentas e mercado*. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2018. P. 13-26. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1098740/1/Melhoramentodeplantas.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2026.

PERIN, Vanessa Parreira. **Da tropicalização da soja à vocação para o agronegócio: transformações sociotécnicas sobre a cadeia de uma commodity**. *Sociologias*, Porto Alegre, v. 28, e148429, 2026. DOI: 10.1590/1807-0337/e148429. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/soc/a/Wc6KwhbSV6hMV9XqmxDmYLr/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 3 jul. 2026.

QUADROS, Oeber de Freitas *et al.* **Edição dirigida do genoma por CRISPR/Cas9: uma nova tecnologia para o melhoramento de plantas**. *Incaper em Revista*, Vitória, v. 9, p. 6-15, jan./dez. 2018. ISSN 2179-5304. Disponível em: <http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/123456789/3369>. Acesso em: 3 jul. 2026.

REINHARDT, Tilman; MONACO, Alessandro. **Legal implications of new genomic techniques from vineyard to glass: GMO regulation, plant variety rights, plant reproductive material and geographical indications**. *European Journal of Risk Regulation*, v. 17, n. 2, p. 523-535, 2026. DOI: 10.1017/err.2025.10067. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/european-journal-of-risk-regulation/article/legal-implications-of-new-genomic-techniques-from-vineyard-to-glass-gmo-regulation-plant-variety-rights-plant-reproductive-material-and-geographical-indications/98A57AA1914FF4229E4FD379E9859B23>. Acesso em: 4 jul. 2026.

REYDON, B. P. *et al.* (Org.). **Governança de terras: da teoria à realidade brasileira**. Brasília, DF: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, 2017. 378 p. Disponível em: <https://www.fao.org/publications/card/en/c/I8019ES/>. Acesso em: 3 jul. 2026.

SAMI, Abdul *et al.* **CRISPR–Cas9-based genetic engineering for crop improvement under drought stress**. *Bioengineered*, v. 12, n. 1, p. 5814-5829, 2021. DOI: 10.1080/21655979.2021.1969831. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8808358/pdf/KBIE_12_1969831.pdf. Acesso em: 3 jul. 2026.

SCHNEIDER, René *et al.* **Plant phenotypic plasticity: from molecular mechanisms to breeding and climate change adaptation**. *Annual Review of Plant Biology*, v. 77, p. 707-731, maio 2026. DOI: 10.1146/annurev-arplant-063025-111942. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-arplant-063025-111942>. Acesso em: 3 jul. 2026.

WASEM, I. dos S.; HUPFFER, H. M. **A tecnologia CRISPR na produção agrícola e o direito à informação sobre potenciais riscos**. *REVISTA DA AGU*, [S. l.], v. 24, n. 01,

2025. DOI: 10.25109/2525-328X.v.24.n.01.2025.3572. Disponível em:
<https://revistaagu.agu.gov.br/index.php/AGU/article/view/3572>. Acesso em: 2 jul. 2026.

VIANELLO, R. P.; RESENDE, R. T.; BRONDANI, C. Genômica. In: RESENDE, R. T.; BRONDANI, C. (ed.). **Melhoramento de Precisão: aplicações e perspectivas na genética de plantas**. Brasília, DF: Embrapa, 2023. P. 257-285. Disponível em:
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1156144/1/cap.10-lv-melhoramento-precisao.pdf>. Acesso em: 3 jul. 2026.

VIEIRA, Letícia Rios *et al.* **Regulamentação da edição genômica em plantas no Brasil e no mundo**. In: MOLINARI, Hugo Bruno Correa *et al.* (ed.). **Tecnologia CRISPR na edição genômica de plantas: biotecnologia aplicada à agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. Cap. 5, p. 179-207. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1126157>. Acesso em: 4 jul. 2026.

ZARATE, S. *et al.* **Avaliação do marco regulatório e institucional das tecnologias de edição gênica usando CRISPR no setor agrícola na América Latina e no Caribe**. [S.l.]: Banco Interamericano de Desenvolvimento, 2023. DOI: 10.18235/0004904. Disponível em: <https://publications.iadb.org/pt/avaliacao-do-marco-regulatorio-e-institucional-das-tecnologias-de-edicao-genica-usando-crispr-no>. Acesso em: 2 jul. 2026.