



AGRICULTURA SUSTENTÁVEL E AS NOVAS TÉCNICAS GENÓMICAS



Diogo Belbute^{1,2}; Sofia Gomes^{1,2}; Tomás Carraço^{1,2}; Ana Paula Farinha²; Patrick Materatski³, Carla Varanda^{2,3,4}

¹Alunos do curso de Biologia e Biotecnologia Alimentar

²Instituto Politécnico de Santarém, Escola Superior Agrária de Santarém

³MED – Instituto Mediterrâneo para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento & CHANGE – Instituto para as Alterações Globais e Sustentabilidade, Universidade de Évora

⁴Centro de Estudos de Recursos Naturais Ambiente e Sociedade (CERNAS), Instituto Politécnico de Santarém

RESUMO

As Novas Técnicas Genómicas (NGTs) são técnicas desenvolvidas a partir de 2001, após a adoção da legislação sobre organismos geneticamente modificados (OGM). Estas incluem a mutagenese dirigida, cisgenese, intragenese e transgenese. As NGTs permitem mutações genómicas precisas num organismo, podendo fazê-lo sem inserção de material genético estranho (mutagenese dirigida); ou com a inserção de material genético, diretamente (cisgenese) ou de uma cópia reorganizada (intragenese), proveniente de um organismo

com o qual se poderia cruzar na natureza; ou ainda, por outro lado, com inserção de material genético de um organismo não cruzável na natureza (transgenese). Independentemente destas diferenças, atualmente todas as NGTs estão enquadradas na legislação dos OGMs, pelo que a sua aplicação em agricultura é bastante restritiva. Recentemente, e como já se verifica em vários outros países, a Europa tem mostrado abertura para excluir algumas NGTs da legislação dos OGM.

Este artigo descreve as principais NGTs e o seu papel potencial para responder aos desafios atuais da agricultura. São ainda mostrados os avanços realizados na Europa para criação de uma legislação própria para algumas NGTs, assim como as vantagens que tal poderia trazer para a sustentabilidade da agricultura e a competitividade da economia europeia.

Palavras-chave: edição genética; estratégia do Prado ao Prado; legislação; melhoramento de plantas; segurança alimentar

INTRODUÇÃO

A população mundial tem vindo a mostrar um contínuo crescimento, situando-se atualmente nos 8,1 mil milhões. As últimas projeções das

Nações Unidas estimam que a população mundial atinja cerca de 8,5 mil milhões até 2030, 9,7 mil milhões até 2050 e 10,4 mil milhões até 2100 (UN DESA/POP/2022/TR/NO.3). Estes números antecipam uma elevada procura de produtos agrícolas, representando claramente um enorme desafio à segurança alimentar, uma vez que o aumento da produção agrícola poderá não acompanhar o crescimento da população mundial. Apesar de muitos avanços tecnológicos que levaram ao aumento do rendimento das colheitas nas últimas décadas, a taxa de crescimento da agricultura global tem diminuído na última década, muito devido às alterações climáticas, ao surgimento de novas pragas e doenças e também à diminuição do investimento público em investigação e desenvolvimento agrícola (FAO, 2022; USDA, 2023).

A agricultura é um dos setores económicos mais dependentes das condições naturais e, como tal, mais afetado pelas alterações climáticas; mas a agricultura é também responsável por cerca de um terço das emissões de gases com efeito de estufa que contribuem para estas mesmas alterações climáticas. Para além disso, a agricultura consome grandes quantidades de recursos naturais como por exemplo a água, podendo também contribuir para a perda de biodiversidade. Isto mostra o papel da agricultura como ator fundamental para contrabalançar os desafios que enfrentamos no século XXI, não só a nível das alterações climáticas, mas também da bioeconomia e da transição energética. Existe uma necessidade urgente de tornar os sistemas alimentares mais resilientes e isso é conseguido se tornarmos a agricultura um sector sustentável. Desta forma, as Nações Unidas, através da Agenda 2030, estabeleceram objetivos para a preservação dos recursos naturais, pretendendo que seja alcançada a neutralidade climática até 2050. Estes objetivos, denominados de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, visam

garantir o acesso a alimentos saudáveis, a criação de sistemas agrícolas circulares e a redução do desperdício na cadeia de abastecimento. A Comissão Europeia adotou assim um conjunto de propostas para que todos os 27 Estados-Membros da União Europeia (UE) se empenhem no objetivo de transformar a UE no primeiro continente climaticamente neutro até 2050. Tal significa que terão de reduzir as emissões líquidas de gases com efeito de estufa em pelo menos 55% até 2030, em comparação aos níveis de 1990. A estratégia *Farm to Fork* (Do Prado ao Prato), no âmbito do Pacto Ecológico Europeu, visa acelerar a transição para um sistema alimentar sustentável, tornando os sistemas alimentares justos e acessíveis para todos, promovendo simultaneamente sistemas saudáveis e ecológicos. Os objetivos específicos da estratégia “Do Prado ao Prato” a alcançar até 2030 incluem a redução da utilização de pesticidas perigosos em 50%, a redução das perdas de nutrientes em pelo menos 50% e, conseqüentemente, a utilização de fertilizantes em pelo menos 20%, a redução de antimicrobianos para animais de criação e na aquicultura em 50% e pelo menos 25% das terras agrícolas da UE sob agricultura biológica.

«A agricultura tem então um grande desafio: por um lado tem de alimentar uma população em constante crescimento e por outro, tem de o conseguir de uma forma sustentável»

A agricultura tem então um grande desafio: por um lado tem de alimentar uma população em constante crescimento e por outro, tem de o conseguir de uma forma sustentável. A agricultura provavelmente não será capaz de o fazer sem técnicas inovadoras e dificilmente conseguirá atingir todos os objetivos ambiciosos previstos na estratégia “Do Prado ao Prato”, garantindo assim produtos suficientes e acessíveis para a crescente população mundial. A estratégia “Do Prado ao Prato” refere que a investigação e técnicas inovadoras, como a biotecnologia e as que levam ao desenvolvimento de produtos de base

biológica, podem desempenhar um papel no aumento da sustentabilidade, pois podem acelerar o processo de redução da dependência de pesticidas e melhorar a sustentabilidade ao longo da cadeia de abastecimento alimentar (Farm to Fork, 2020).

NOVAS TÉCNICAS GENÓMICAS

É importante salientar o avanço que a ciência tem conseguido em termos de técnicas inovadoras, como o caso das Novas Técnicas Genómicas (*New genomic techniques* – NGTs) que permitem melhorar as culturas e que podem ser a chave para satisfazer estes requisitos, com um enorme impacto positivo na sociedade.

«É importante salientar o avanço que a ciência tem conseguido em termos de técnicas inovadoras, como o caso das Novas Técnicas Genómicas (...)»

Mas o que são as Novas Técnicas Genómicas e porque é que não estão a ser aplicadas em agricultura (ou, pelo menos, não o estão na Europa)?

Técnicas genómicas são quaisquer técnicas que alteram o material genético de um organismo. O termo «Novas técnicas genómicas» inclui todas as técnicas genómicas desenvolvidas após a adoção da legislação sobre organismos geneticamente modificados (OGM) em 2001 (Directiva 2001/18/CE). As técnicas desenvolvidas antes de 2001 são mencionadas como técnicas genómicas estabelecidas (*Established Genomic Techniques* – EGT). As NGTs incluem na realidade várias técnicas que podem ser usadas de diferentes formas, com resultados muito diferentes dependendo do objetivo, causando, desde uma única alteração no genoma, até modificações genómicas bastante extensas. As NGTs incluem técnicas como a mutagenese dirigida, a cisgénese, intragenese e transgénese, assim como a elevada precisão de edição de genes. A mutagenese dirigida permite mutações genómicas precisas e previsíveis, sem inserção de material genético estranho, ao passo que a cisgénese, intragenese e transgénese envolvem a in-



FIGURA 1. Oliveira da cultivar Galega vulgar com azeitonas com sintomas de gafa

serção de material genético. As técnicas de cisgénese utilizam material genético de um organismo com o qual poderia cruzar na natureza. Como exemplo do uso da cisgénese, consideremos a cultivar de oliveira portuguesa Galega vulgar: esta cultivar é muito suscetível a fungos do género *Colletotrichum*, que são causadores da antracnose da oliveira (gafa da azeitona, **Figura 1**) (Materatski *et al.*, 2018), e algumas cultivares espanholas, como a Arbosana, são bastante menos suscetíveis a esses fungos. Supondo que o motivo desta diferença de suscetibilidade entre as duas cultivares resulta da expressão de um gene presente na cultivar Arbosana que lhe confere resistência à antracnose mas que não está presente na cultivar Galega vulgar; então, a cisgénese poderia permitir introduzir o gene da cultivar espanhola na cultivar portuguesa, fazendo com que esta última passasse a apresentar resistência a antracnose. Tal conseguiria ser feito rapidamente, sem necessidade de vários anos de cruzamentos, e de uma forma bastante mais precisa e sem alterações indesejadas de outras características, como pode acontecer através do melhoramento convencional. As técnicas de intragenese são semelhantes às de cisgénese, mas no caso da intragenese envolvem a inserção de uma cópia reorganizada do material genético presente no *pool* genético endógeno existente. Em oposição às técnicas mencionadas



anteriormente, as técnicas de transgênese introduzem material genético de um organismo não cruzável na natureza (sexualmente incompatível) e estão fora desta nova legislação. Relativamente à edição de genes, a ferramenta mais notável é a baseada na tecnologia CRISPR (“*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*”), a qual utiliza enzimas “Cas” (*nucleases*) que atuam como tesouras moleculares que permitem a edição em locais precisos do genoma, podendo ser usada de diversas formas e com vários resultados, desde uma única alteração no genoma e sem inserção de genes, até à inserção de um ou mais genes. Voltando ao exemplo anterior da oliveira, supondo que o gene que confere resistência à antracnose está presente na variedade Galega vulgar mas apenas não está a ser expresso devido a uma alteração específica na sequência de DNA, a técnica do CRISPR permitiria corrigir essa alteração, de uma forma bastante precisa e conseguir que o gene passasse a ser expresso, sem introdução de material genético.

«Tal conseguiria ser feito rapidamente, sem necessidade de vários anos de cruzamentos, e de uma forma bastante mais precisa e sem alterações indesejadas (...).»

Relativamente às técnicas de transgênese, estas podem conduzir aos OGM tal como definidos na diretiva 2001/18/CE: ‘um organismo, com exceção dos seres humanos, cujo material genético foi alterado de uma forma que não ocorre naturalmente por acasalamento e/ou recombinação natural’. Quanto às NGTs de mutagênese dirigida, intragênese e cisgênese, apesar dessas técnicas não originarem organismos sob a definição de OGMs, elas não têm legislação própria e em 2018 foram incluídas na legislação referente aos OGMs, pelo Tribunal de Justiça da União Europeia.

A legislação referente aos OGMs na Europa é bastante restritiva e implica procedimentos morosos como consultas públicas e estudos de avaliação de risco realizados pela Autoridade Eu-

ropeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA) a qual avalia o impacto do OGM e elabora um parecer científico. Por outro lado, países como os Estados Unidos da América, Brasil, Argentina, China, Índia, entre outros têm permitido a isenção de plantas com genoma editado, sem introdução de genes estranhos, da avaliação de biossegurança inerente aos OGMs, permitido assim o cultivo de vários produtos sujeitos a NGTs. Esta desigualdade retira competitividade à Europa.

Uma vez que estas tecnologias (mutagênese dirigida, cisgênese, intragênese) podem, de facto, ser vistas como uma forma tecnologicamente avançada de reprodução seletiva e os organismos que originam poderão não ser diferenciados dos organismos criados com métodos de reprodução convencionais, tem havido alguma abertura na Europa para excluir estas NGT (principalmente a mutagênese dirigida, mas também a cisgênese e intragênese) da legislação dos OGM. Assim, e depois de mais de uma década de hesitação, a Comissão Europeia publicou, em julho de 2023, uma proposta legislativa que contempla a possibilidade de utilizar tais NTGs para o melhoramento de plantas, diferenciando claramente estas tecnologias das que originam OGM (como anteriormente definido). Em fevereiro de 2024, os membros do Parlamento Europeu votaram a favor desta proposta, o que significa que em breve poderá ser estabelecido um quadro regulamentar para plantas geneticamente editadas que sejam indistinguíveis de mutações naturais ou de melhoramento convencional, i.e. para estas plantas poderá não ter de ser feita uma morosa avaliação de risco e estas poderão ser rotuladas da mesma forma que as plantas convencionais.

Esta decisão poderia acelerar a colocação no mercado europeu de variedades vegetais mais sustentáveis e proporcionar aos produtores agrícolas e florestais o acesso a uma maior diversidade de plantas mais resilientes aos efeitos das alterações climáticas, permitindo ao mesmo tempo reduzir a necessidade de utilização de fatores de produção e tornar as práticas agrícolas mais sustentáveis. A juntar a estas van-

tagens, a União Europeia conseguirá reduzir a dependência externa em termos de produção agroalimentar e florestal e reforçar a resiliência e a sustentabilidade dos sistemas agroalimentares e florestais a nível europeu.

CONCLUSÃO

As NGTs apresentam um grande potencial para resolver os desafios agrícolas associados ao aumento populacional, oferecendo vantagens significativas em termos de produtividade e sustentabilidade. Apesar de ser, sem dúvida, crucial considerar as questões éticas e de segurança ambiental, é também fundamental exercer pressão sobre as entidades competentes para agilizar os processos e colocar ao dispor da comunidade estas novas técnicas.

AGRADECIMENTOS

Patrick Materatski é financiado por fundos nacionais através da FCT/MCTES, pelo contrato CEEC (<https://doi.org/10.54499/2021.01553.CEECIND/CP1670/CT0003>). Os autores também agradecem o apoio do CERNAS - UIDP/00681/2020 (<https://doi.org/10.54499/UIDP/00681/2020>), MED - UIDB/05183/2020 (<https://doi.org/10.54499/UIDB/05183/2020>), <https://doi.org/10.54499/UIDP/05183/2020>) e CHANGE (<https://doi.org/10.54499/LA/P/0121/2020>).

BIBLIOGRAFIA

- Comissão Europeia (2020) Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system COM/2020/381 final. https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en
- FAO (2022). *Agricultural production statistics. 2000–2021*. FAOSTAT Analytical Brief Series No. 60. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc3751en>
- Fuglie, K; Jelliffe, J; Morgan, S. (2023). International Agricultural Productivity, USDA, Economic Research Service. <https://www.ers.usda.gov/data-products/international-agricultural-productivity/>
- Materatski, P.; Varanda, C.M.R.; Carvalho, T.; Dias, A.B.; Campos, M.D.; Rei, F.; Félix, M.R. (2018). Diversity of *Colletotrichum* Species Associated with Olive Anthracnose and New Perspectives on Controlling the Disease in Portugal. *Agronomy*. 8(12): 301. <https://doi.org/10.3390/agronomy8120301>
- United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2022). *World Population Prospects 2022: Summary of Results*. UN DESA/POP/2022/TR/NO. 3. https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf