
UMA ANÁLISE BIOÉTICA DO USO DA TECNOLOGIA CRISPR
A BIOETHICAL ANALYSIS OF THE APPLICATION OF CRISPR TECHNOLOGY

VILELA, Francy José Ferreira¹; PEIXOTO, Gabriel Regis¹; TAKETANI, Natália Franco².

¹Graduando do Curso de Farmácia – Universidade São Francisco; ²Professora do Curso de Farmácia – Universidade São Francisco.

francyfv@yahoo.com.br

RESUMO. O presente estudo busca trazer uma compreensão aprofundada da recente tecnologia CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats), principal ferramenta na Biotecnologia, analisando-a a partir das perspectivas, reflexões e conceitos da Bioética contemporânea, de modo a elucidar e ponderar suas aplicações e consequências éticas, tanto no que diz respeito ao homem, quanto aos seres vivos em geral. Uma vez que esta tecnologia configura um emergente problema bioético, já que desafia seus limites, ultrapassando-os colocando em cheque a existência humana digna, é fundamental esclarecer e definir quais são esses limites, quais as consequências danosas de transpô-lo, além de compreender quais os papéis das diversas instâncias envolvidas. Através de revisão bibliográfica, constatou-se que a necessidade de mecanismos mais eficazes e rigorosos direciona a atenção para Comitês de Ética, sua estruturação e o suporte teórico e legal em que se fundamentam. Há disponível uma vasta produção bibliográfica que reflete, de forma crítica e profunda, as implicações bioéticas do emprego da tecnologia CRISPR, que também fornece rico material que deve ser utilizado pelos comitês de ética. É o caso da teoria ética proposta por Hans Jonas que se mostra valioso instrumento para orientar as discussões nos comitês de ética, uma vez que fornece um princípio ético, o princípio de responsabilidade, do qual é extraído um novo imperativo ético. Qualquer projeto de pesquisa que faça utilização da tecnologia CRISPR deve ser submetido, antes, a este imperativo, para ser visualizado suas consequências futuras para a autêntica e digna condições de vida humana.

Palavras-chave: Tecnologia CRISPR; Engenharia Genética; Bioética.

ABSTRACT. This study seeks to bring an in-depth understanding of the recent CRISPR technology (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats), the main tool in Biotechnology, analyzing it from the perspectives, reflections and concepts of contemporary Bioethics, in order to elucidate and consider its applications and ethical consequences, both with regard to humans and living beings in general. Since this technology is an emerging bioethical problem and challenges its limits, it surpasses them, threatening the dignified human existence. It is fundamental to clarify and define what these limits are. Furthermore, the harmful consequences of transposing them, in addition to understanding the roles of the various players involved. The literature review showed that the need for more effective and rigorous mechanisms directs attention to Ethics Committees, their structure and the theoretical and legal support on which their fundamentals are. There is a vast bibliographic production that reflects critically and profoundly the bioethical implications of using CRISPR technology, which also provides rich material for ethics committees. This is the case of the ethical theory proposed by Hans Jonas, which proves to be a valuable instrument to guide discussions in ethics committees, since it provides an ethical principle, the principle of responsibility, which leads to a new ethical imperative. Any research project that makes use of CRISPR technology must first be submitted

to this imperative, in order to visualize its future consequences for the authentic and dignified conditions of human life.

Keywords: CRISPR Technology; Genetic Engineering; Bioethics.

INTRODUÇÃO

Estratégias para selecionar e obter animais e plantas mais resistentes, mais produtivos, fortes, saudáveis e melhores são empregadas pelo homem desde os primórdios. Com o passar o tempo, o homem aprimorou tais estratégias e desenvolveu técnicas mais eficazes. Inicialmente, o homem promovia a reprodução selecionada a fim de reforçar características mais desejáveis. Com a descoberta do DNA e os mecanismos genéticos, o homem passou a compreender como tais características são transmitidas para os descendentes: o código genético contém todas as informações e instruções para o desenvolvimento de um novo indivíduo. Logo, os cientistas aprenderam como modificar genes de uma espécie a fim de produzir indivíduos melhores. Assim, surgiram os organismos geneticamente modificados como porcos mais musculosos, tomates que demoram mais para apodrecer, salmões de crescimento rápido, galinhas sem penas, peixes zebra fluorescentes etc. Até pouco tempo a ferramenta da engenharia genética para a edição genética era cara, complicada e demorada para ser realizado com sucesso. Mas agora, a descoberta de uma nova tecnologia muda todo este cenário, a tecnologia CRISPR (REECE, 2015).

A tecnologia CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats) está revolucionando o campo da Biologia e da Engenharia Genética, pois é mais fácil, rápido e barato realizar modificações no genoma de células animais e vegetais, comparado ao uso das técnicas clássicas de engenharia genética. Essa tecnologia foi descoberta a partir da elucidação dos mecanismos naturais de defesa de bactérias contra vírus bacteriófagos, isto é, sua imunidade adaptativa. As bactérias que são dotadas deste mecanismo possuem uma proteína chamada Cas9, uma endonuclease, que, associada ao CRISPR, usa uma sequência de RNA guia (tracrRNA) que forma pares de bases nitrogenadas com sequências do DNA alvo possibilitando que a proteína Cas9 corte tal sequência de DNA. A enzima Cas9, quando vinculada a um simples RNA guia, é capaz de, ao vasculhar toda a célula, encontrar uma sequência de DNA que corresponde ao seu RNA guia e, assim, cortar a dupla fita de DNA usando seus dois centros catalíticos. Para que isso ocorra de forma precisa, uma fita do RNA guia permanece ligada à proteína Cas9 estabilizando-a, enquanto a outra se liga à sequência de DNA alvo. Como, geralmente, o DNA alvo é pertencente a um vírus, ele é inativado desse modo. (DOUDNA; CHARPENTIER, 2014). Este mecanismo pode ser representado conforme a figura 1.

Este mecanismo pode ser programável e manipulável: qualquer sequência de RNA guia pode ser vinculado à proteína Cas9 que será capaz de reconhecer, com precisão, a sequência de DNA correspondente ao RNA guia e, assim, cortá-la. Trata-se, portanto, de uma ferramenta econômica e fácil para editar, modificar, direcionar e marcar com precisão genes de diversos organismos e células. Tal tecnologia foi rapidamente adotada por laboratórios em todo o mundo (DOUDNA; CHARPENTIER, 2014).

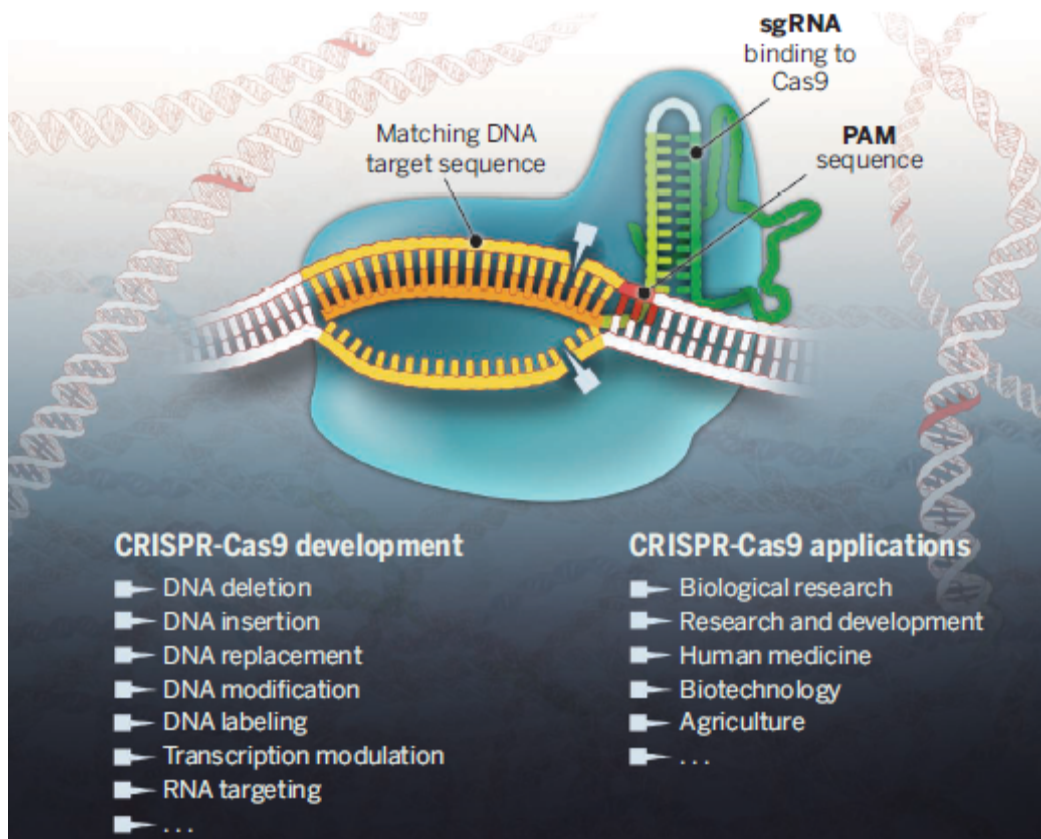


Figura 1 – Esquema da proteína Cas9 que, graças ao RNA guia na qual está vinculada, realiza a clivagem na dupla da sequência de DNA alvo (Fonte: DOUDNA; CHARPENTIER, 2014).

Ledford (2015) cita, a exemplo disso, o caso do geneticista do Gladstone Institutes in San Francisco, California, que investigava como as variações no DNA podiam afetar doenças humanas usando as caras e trabalhosas técnicas e ferramentas disponíveis na época e, logo que tomou conhecimento da tecnologia CRISPR em 2012, passou a adotá-las, o que possibilitou alterar fácil e rapidamente genes relacionados a doenças cardíacas.

Os pesquisadores esperam poder usá-la para desenvolver plantas resistentes, eliminar agentes patogênicos, eliminar doenças em humanos, etc. Ela já foi usada para criar porcos pequenos, bois descornados, laranjas doces e ricas em vitamina C, desenvolveram arroz e trigo resistentes a pragas, etc. Entretanto, a FDA (Food and Drug Administration), nos EUA, não aprovou, para o seguro consumo humano, nenhuma animal com modificações genéticas, mas também não informou como estuda lidar com esse tipo de produto. Fato é que, logo que descoberta e divulgada, a tecnologia CRISPR passou rapidamente a ser empregada como mostra o gráfico 2 (LEDFORD, 2015).

A venda online de kits CRISPR, a baixo custo, tornou o acesso ainda maior a essa tecnologia, que pode ser obtida por qualquer um que desejar. Sites como Amazon, The Odin, Merck, etc. comercializam kits com o instrumental necessário para realização de manipulação do DNA (AMAZON, 2021; ODIN, 2021; SCBT, 2021; MERCK, 2021).

Provocando indignação e choque na comunidade científica mundial, o pesquisador He Jiankui, da Universidade de Ciência e Tecnologia do Sul da China, localizada em Shenzhen, anunciou ter editado os genes de embriões humanos, através da tecnologia CRISPR, de modo a desativar o gene CCR5, que codifica a produção de uma proteína utilizada pelo vírus HIV para infectar uma célula, tornando-os imunes à infecção pelo vírus HIV. Quando os embriões

ainda eram apenas uma célula, He usou a tecnologia CRISPR para desativar o gene CCR5 e, posteriormente, implantou-os na mãe que, mais tarde, deu à luz a duas bebês gêmeas, cujo pai é HIV positivo. Tal feito não fora publicado em nenhuma revista científica. A universidade da qual He fazia parte desconhece tal pesquisa e afirma que ela não fora realizada nela (CYRANOSKI; LEDFORD, 2018).

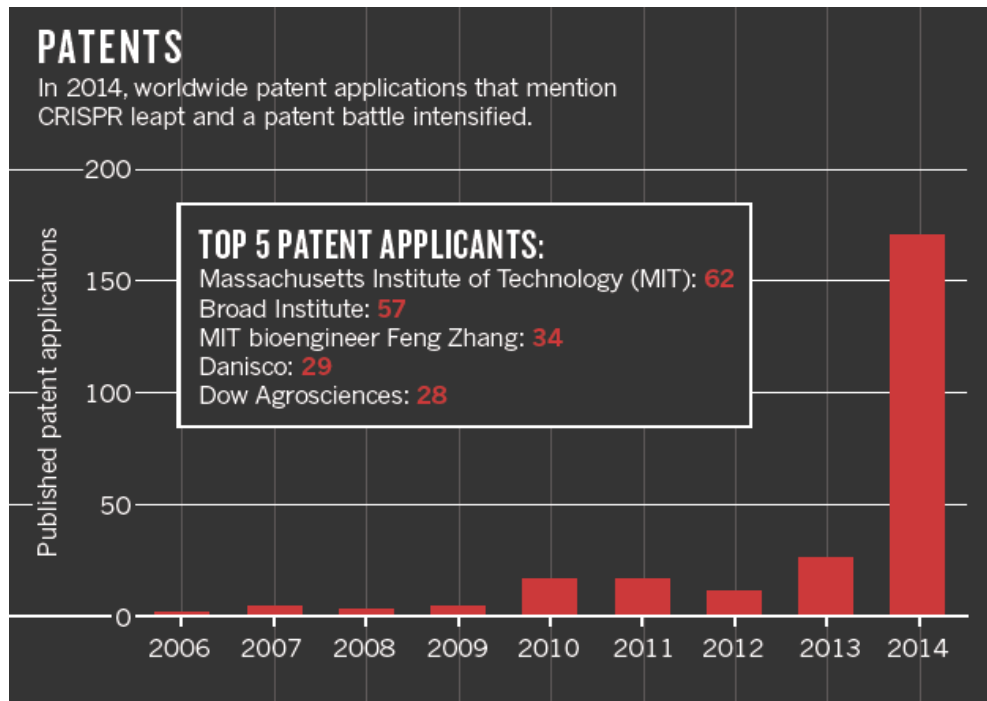


Figura 2 – Gráfico mostrando como, ao passar dos anos, o número de pedidos de patentes que mencionam a tecnologia CRISPR aumentaram no mundo (Fonte: LEDFORD, 2015).

Provocando indignação e choque na comunidade científica mundial, o pesquisador He Jiankui, da Universidade de Ciência e Tecnologia do Sul da China, localizada em Shenzhen, anunciou ter editado os genes de embriões humanos, através da tecnologia CRISPR, de modo a desativar o gene CCR5, que codifica a produção de uma proteína utilizada pelo vírus HIV para infectar uma célula, tornando-os imunes à infecção pelo vírus HIV. Quando os embriões ainda eram apenas uma célula, He usou a tecnologia CRISPR para desativar o gene CCR5 e, posteriormente, implantou-os na mãe que, mais tarde, deu à luz a duas bebês gêmeas, cujo pai é HIV positivo. Tal feito não fora publicado em nenhuma revista científica. A universidade da qual He fazia parte desconhece tal pesquisa e afirma que ela não fora realizada nela (CYRANOSKI; LEDFORD, 2018).

Diante das vastas possibilidades e versatilidade que o CRISPR pode proporcionar em vários campos (medicina, agricultura, farmácia, microbiologia, etc.), acabou se tornando um instrumento perigoso nas mãos de pesquisadores em todo mundo, já que é acessível. O campo da ética levanta a questão se deve ser realizado tudo o que é cientificamente possível. Ora, a técnica e a ciência não são eticamente neutras, e o pesquisador, muitas vezes, é fortemente motivado pelo desejo de progredir. O grande problema, portanto, é a dificuldade, ou a impossibilidade, de estabelecer limites e disciplinar aqueles que o utilizam. Muitos acordos internacionais fracassaram em controlar as pesquisas sobre genoma: Declaração Universal da UNESCO sobre Genoma Humano e os Direitos Humanos (1997), a Convenção sobre Direitos Humanos e Biomedicina (Convenção Europeia de Bioética ou Convenção de Oviedo de 1997).

Espera-se, naturalmente, uma reação de várias organizações, comitês de ética, legislação nacional e internacional no sentido de se esforçarem-se para criar diretrizes para o uso da técnica (VILLANUEVA-CAÑADAS, 2019).

O objetivo do presente trabalho é trazer uma compreensão aprofundada da recente tecnologia CRISPR, principal ferramenta na Biotecnologia, analisando-a a partir das perspectivas, reflexões e conceitos da Bioética contemporânea, de modo a elucidar e ponderar suas aplicações e consequências éticas tanto no que diz respeito ao homem, quanto aos seres vivos em geral.

METODOLOGIA

A metodologia adotada e empregada para a realização deste artigo foi a revisão bibliográfica. Inicialmente foi realizado um levantamento de bibliografia especializada e recente (produzida dentro dos últimos sete anos) sobre os temas tecnologia CRISPR, suas aplicações, empregos, promessas e impactos na engenharia genética, bioética e consequências bioéticas da tecnologia CRISPR, e bioética aplicada e suas perspectivas.

Para esta pesquisa bibliográfica foram utilizadas as seguintes plataformas de base de dados: SciELO (Scientific Electronic Library Online), Google Acadêmico, acervos das revistas Nature e Science, PubMed, ScienceDirect e Web of Science. Também foram utilizados livros sobre os temas estudados. Desse modo, foi possível encontrar muitos artigos em revistas nacionais e internacionais, bem como livros, nos idiomas Português, Inglês e Espanhol. Foram selecionados e utilizados trabalhos do ano 1974 até 2021.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Muito antes do desenvolvimento da tecnologia CRISPR já havia disponíveis técnicas e ferramentas da engenharia genética que possibilitava, a muito custo, empenho e pesquisa, realizar modificações no genoma de várias espécies. É o caso da tecnologia do DNA recombinante descoberta em 1973 por Cohen e Boyer, o sucesso do Projeto Genoma concluído em 2000, o surgimento dos transgênicos e a clonagem (BARTH, 2005). Ao mesmo tempo que a biotecnologia se desenvolvia, reflexões bioéticas também surgiam e logo também já havia disponível referências éticas acerca da sua utilização: comitês de ética, legislação, tratados, teorias éticas, etc. Alguns exemplos são a Conferência de Asilomar em 1975, seguido da elaboração e vários documentos e códigos: Relatório Willian na Inglaterra em 1976, Guia para Pesquisas Envolvendo Moléculas de DNA recombinante nos EUA em 1976, Relatório da Comissão de Indagação do Parlamento da Alemanha Federal sobre Perspectivas e Riscos da engenharia genética (Alemanha, 1977), Comissão Ministerial em 1977 na Itália etc. (BARTH, 2005). Na figura 3 são apresentados os eventos relacionados às descobertas em engenharia genética e debates de suas aplicações.

Porém, o que torna mister discuti-las é o fato de que a nova ferramenta da engenharia genética, a tecnologia CRISPR, tornou a editoração genética algo fácil, rápido, barato, eficiente, preciso e muito acessível a quem desejar usá-la. Soma-se a isso o fato de ela já ter sido usada de forma criminosa em humanos.

A tecnologia CRISPR pode ser empregada tanto para proporcionar benefícios para a população, quanto ser usada de forma criminosa e inconsequente. Ela foi empregada para modificar o mosquito transmissor da malária de modo a fazê-lo reproduzir sem o vírus e, desse modo, tornando-o incapaz de transmitir a doença. O passo seguinte, perfeitamente concebível e viável, é o de redesenhar seres humanos. He Jiankui deu esse passo, prescindindo de debates

éticos, interrogações científicas, publicações em revistas científicas. Se, por um lado, surge a esperança terapêutica do tratamento de muitas doenças, por outro, surge o receio da eugenia (RODRIGUES, 2019):

Provavelmente vamos poder ver resultados em serem humanos, seres ‘melhorados’ terapeuticamente perante nosologias, e, ulteriormente, ‘melhoradas’ para evitar terapias e, depois? Chamar-se-á medicina preventiva, defensiva, receosa? Eugenia? Pergunto: quantos milhões de crianças, nasceram desde Julho de 1978, há 40 anos, mercê da generalização da fertilização ‘in vitro’? Milhões de ‘bebês-proveta’, atrevo-me a afirmar. [...] O paralelo com a procriação genética é evidente (RODRIGUES, p.210, 2019)

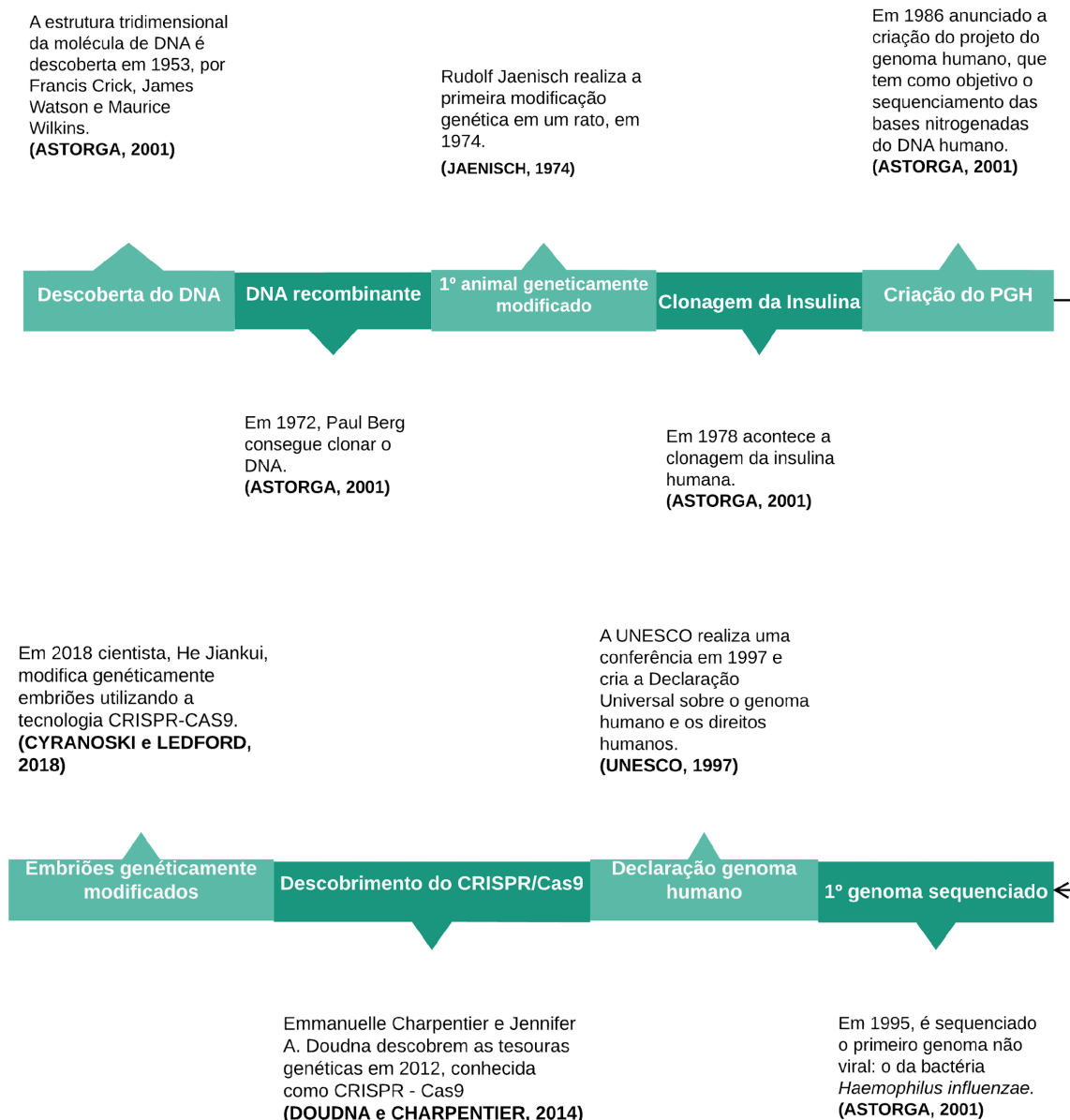


Figura 3: Linha do tempo com os principais eventos da evolução da engenharia genética (Fonte: Próprio autor).

Diante dos abusos de He Jiankui e dos usos perigosos da tecnologia CRISPR, a comunidade científica expressou a necessidade de uma ética externa, heterônoma: tais abusos

e perigos podem ser evitados mediante aperfeiçoamento e/ou criação de regulamentações e controles mais rigorosos das práticas técnico-científicas exercidas pelas instituições. Entretanto, uma tal ética é, em grande medida, ineficaz: os primeiros seres humanos frutos da engenharia genética nasceram a despeito das proibições e regulamentações já estabelecidas. Assim, a bioética parece ter uma função apenas retórica diante dos avanços tecnológicos (PALLITO; FOLGUEIRA, 2020).

Muito embora acordos e tratados internacionais, legislações e comitês de ética tenham fracassado em inibir o uso criminoso e irresponsável da tecnologia CRISPR pelo cientista chinês He Jiankui, eles são necessários e fundamentais. Não são suficientes, mas necessários como uma forma inicial de estabelecer, ao menos no campo jurídico e institucional, os limites de uso seguro, legítimo e permitido das tecnociências. E de fato temos disponíveis tais recursos muito antes de He Jiakui ter editado genes de embriões humanos. A Declaração Universal sobre o Genoma Humano e os Direitos humanos, bem como a Ética da Responsabilidade proposta pelo filósofo bioético contemporâneo Hans Jonas são de fundamental importância, pois fornecem um direcionamento ético e legal preciso.

A Declaração Universal sobre o Genoma Humano e os Direitos Humanos deve ser implementada, servindo de base para a elaboração das legislações de diversos países, haja vista o avanço da engenharia genética. A pesquisa sobre o genoma humano e suas aplicações devem respeitar, inteiramente, a dignidade, a liberdade e os direitos humanos e, de nenhuma forma, ensejar formas de discriminação a partir de características genéticas; o genoma humano não deve se tornar mercadoria; todas as pesquisas devem ser rigorosamente avaliada em seus riscos e benefícios e sob livre, consciente e espontâneo consentimento do indivíduo envolvido, e sempre visando a promoção da saúde da humanidade como um todo; os Estados devem promover e estabelecer comitês de ética, multidisciplinares e plurais, que avaliem tais pesquisas (UNESCO, 1997).

Para Hans Jonas (2006) as reflexões e teorias éticas da tradição filosófica não bastam para oferecer soluções eficazes para os novos desafios que a contemporaneidade trouxe com os avanços tecnológicos. No passado o poderio tecnológico do homem era pequeno e não ameaçava as condições de vida humana autêntica na terra, mas agora os avanços das tecnociências, concretizando o ideal baconiano segundo o qual “saber é poder”, ampliou esse poder: nunca antes na história o homem se viu munido de extraordinário poder e intervenção tecnológica sobre a natureza exterior e humana, o que qualifica a nossa civilização de tecnológica. As éticas tradicionais consideravam como eticamente neutro o âmbito tecnológico (techine) das relações do homem com a natureza e das relações do homem com os outros seres e outras coisas, portanto eram antropocêntricas, e focalizavam apenas o aqui e agora, as consequências imediatas das ações, e as consequências positivas ou negativas a longo prazo não tinham importância ética (JONAS, 2006).

Partindo dessa constatação, Hans Jonas argumenta que as ações humanas, neste novo contexto, necessitam de um novo imperativo ético que ele elabora e fundamenta na responsabilidade, característica essencial e única do homem, e que abarca toda biosfera bem como as consequências a longo e médio prazo. Trata-se do princípio de responsabilidade de onde se obtém o novo imperativo ético da civilização tecnológica: “Age de maneira tal que os efeitos de tua ação sejam compatíveis com a permanência de autêntica vida humana sobre a terra” ou “Age de maneira tal que os efeitos da tua ação não sejam destrutivos da possibilidade de autêntica vida humana futura sobre a terra” (JONAS, 2006, p.40). Tal imperativo, inédito, obriga o novo agir humano, das pesquisas, aplicações tecnológicas, das grandes corporações, a refletir as consequências a longo prazo para as futuras gerações de seres humanos e não humanos. Toda ação, viabilizada ou não pelas tecnociências, que ameaça as condições de futura

vida autêntica na terra é moralmente incorreta. Assim é garantido o direito de existir das futuras gerações que a presente intervenção tecnológica na natureza ameaça, pois agora compreende-se não apenas o homem como um fim em si mesmo, mas todos os seres vivos (JONAS, 2006).

A perspectiva ética desenvolvida por Hans Jonas, que culmina no imperativo ético, fornece um direcionamento bioético acerca da utilização da tecnologia CRISPR, bem como outras tecnologias, pois leva-nos a refletir sobre quais são suas consequências futuras, em que medida tais consequências prejudica ou melhora as condições de vida humana e animal na terra, e traz para o âmbito da ética as tecnociências. Portanto, o seu imperativo ético nos faz responder tais perguntas antes de se utilizar tal tecnologia. Sua função é mais que apenas retórica, como pensam Pallito e Folgueira (2020). Juntamente com a Declaração Universal sobre o Genoma Humano, estabelece que nem tudo o que é cientificamente possível é eticamente permitido e a tecnologia deixa de ter um fim em si (UNESCO, 1997).

As pesquisas e aplicações científicas realizadas pelos pesquisadores devem ser compreendidas levando em conta, além dos fatores individuais, as condições sociais e políticas sob as quais ocorrem, pois são elas que, em grande medida, estruturam e condicionam tais realizações científicas, como a realizada por He Jiankui. Assim, pode-se identificar quais os valores, razões e propósitos estão sendo pressupostos e servindo de guia. A compreensão do que He Jiankui fez pode ser alcançada, portanto, pelo contexto. O problema ético não pode ser entendido apenas como uma infração individual de normas, mas se trata de uma ação promovida pela lógica atual de produção científica e tecnológica, isto é, a racionalidade técnico-científica, do qual emerge o imperativo tecnológico: a tecnologia é encarada como um fim em si da atividade científica, prescindindo de questionamentos e avaliações; Desse modo, a tecnologia não é vista como um instrumento, meio, para se alcançar fins que previamente foram ponderados. O discurso publicitário e os interesses mercadológicos reforçam essa lógica (PALLITO; FOLGUEIRA, 2020).

Para o bioeticista Henry Greely (2021), autor do recente livro *CRISPR People*, embora a editoração do genoma humano não seja absolutamente errada, há muitas situações em que sua prática se torna irresponsável e criminosa: se utilizada antes de se provar segura, se seu uso provocar uma redução da diversidade genética, se aumentar a desigualdade social, ou se praticada sob coerção. Seriam raras as situações em que ela se mostraria realmente necessária: apenas quando não há outras alternativas viáveis, fora os riscos de fracassar. No caso de He Jiankui, ela foi imoral, irresponsável e condenável por várias razões: falta de conhecimentos necessários para torna-la segura tanto quanto um tratamento já estabelecido, por ser feita sem o consentimento dos pais e por desprezar o consenso científico de que a editoração do genoma humano em embriões deve ser usado apenas para se tratar doenças sem nenhuma espécie de tratamento. Assim, o que He Jiankui fez foi, além de criminoso, inútil, pois existem maneiras eficazes de se prevenir a infecção por HIV.

Ao discutir as possibilidades de uso da tecnologia CRISPR para combater a atual pandemia causada pela Covid-19, Germani *et al.* (2021) fornece um exemplo do tipo de ponderação ética que se deve fazer antes do seu emprego. A tecnologia poderia ser empregada para editar genes relacionados com a fisiopatologia da doença de modo a melhorar a imunidade contra ela. Embora vacinas já estejam disponíveis e vários países já iniciaram a vacinação, não se sabe ainda qual a duração dessa proteção, o potencial contágio de pessoas vacinadas e o risco de novos vírus que podem surgir futuramente, incluindo variantes do coronavírus. Apesar de se mostrar uma ferramenta promissora em relação ao seu potencial terapêutico, é preciso antes encarar algumas questões de natureza técnica, biológica, ética e política. É necessária uma compreensão minuciosa da doença, o papel do fundo genético em relação à predisposição

genética e os tipos de células afetadas. Os dados e o conhecimento sobre a suscetibilidade genética ao Covid-19, sobre os genes e variantes associados a ela são pobres.

É necessário também determinar o quanto a imunidade envolve e afeta outros processos fisiológicos. Portanto, não se tem uma noção clara dos custos biológicos envolvidos no aprimoramento da resposta imune. Existem riscos de uma integração instável de material genético no genoma do hospedeiro, o que acarreta vários problemas, como câncer (mutagênese de inserção aleatória). Potencial risco de uma integração aleatória e indesejada de material genético no genoma, fora do alvo. Os riscos de gerar consequências negativas que serão herdadas para as gerações futuras. Mesmo se possível e seguro, há questões relacionadas ao acesso ao tratamento e sua obrigatoriedade, que também são sentidas e discutidas no atual programa de vacinação. Questões relacionadas com a autonomia do indivíduo: condições e capacidade de autônoma decisão sobre o seu uso ou não. Por fim, a editoração de genes da linha germinativa beneficia apenas as futuras gerações e não há tempo hábil para (GERMANI; WASCHER; BILLER-ANDORNO, 2021).

De acordo com o Manual Operacional para Comitês de Ética em Pesquisa (2002) Comitês de Ética em Pesquisa é um colegiado interdisciplinar e autônomo que deve existir em todas as instituições que realizam pesquisas que envolvem seres humanos, garantindo que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro de um padrão ético, respeitando a integridade e dignidade dos sujeitos envolvidos. Seu papel consultivo e educativo é avaliar e acompanhar tais pesquisas, apreciando os protocolos de pesquisas nas instituições. Os documentos que fundamentam a criação dos Comitês de Ética são o Código de Nuremberg, a Declaração de Helsinque, Diretrizes Internacionais para as Pesquisas Biomédicas Envolvendo Seres Humanos (CIOMS) (MS, 2002). Portanto, Comitês de Ética constituem um importante mecanismo para fiscalizar as pesquisas desenvolvidas, inibindo aquelas que, criminosamente, desrespeitam princípios éticos e tratados estabelecidos, ferindo a dignidade humana. São, assim, anteriores ao âmbito jurídico, sendo a primeira instância com que cientistas deparam ao iniciar uma pesquisa. Para tanto,

Os membros do comitê devem ter conhecimentos nas seguintes áreas: teoria ética, conceitos de bioética, sistema de saúde, contexto clínico, conhecimento das políticas relevantes da instituição local, crenças e perspectivas dos familiares, bem como da equipe de trabalho, código de ética, normas das organizações de certificação e leis na área da saúde (TROSTER, p.296, 2000).

Pesquisas criminosas que desrespeitam princípios bioéticos, se realizadas quando, de alguma maneira, conseguem se desvencilhar de Comitês de Ética das instituições nas quais são desenvolvidas, não poderiam ser publicadas e/ou divulgadas sem que sejam notados seus aspectos ilegais. Os profissionais envolvidos responderiam por elas e seriam responsabilizados. Entretanto, em relação à tecnologia CRISPR, há um fator que merece atenção: trata-se de uma tecnologia simples de ser aplicada, barata e mais rápida do que as tecnologias clássicas da engenharia genética. Prova disto é a disponibilidade de quites comerciais para utilização doméstica, o que a torna acessível a todos (AMAZON, 2021; ODIN, 2021; SCBT, 2021; MERCK, 2021). Portanto, é necessário mecanismos de monitoramento mais eficazes e rigorosos para inibir seu uso irresponsável, inclusive por indivíduos não pertencentes ao âmbito acadêmico.

No Brasil há o sistema CEP/Conep composto pelos Comitês de Ética em Pesquisa, instâncias regionais distribuídas em todo território, e pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa, a instância máxima e autônoma que elabora e atualiza as diretrizes e normas para pesquisas que envolvam seres humanos no Brasil e visa a proteção de participantes voluntários. Enquanto aquela é responsável pela avaliação ética de protocolos de pesquisa de baixa e média

complexidade, esta é responsável pela análise ética de protocolos de alta complexidade, incluindo projetos de pesquisa na área de genética humana. Em relação a este tipo de pesquisa, envolvendo a editoração de genes humanos, a Resolução 340 de 8 de julho de 2004 estabelece vários pontos fundamentais, dentre os quais é importante destacar que pesquisas que visam modificação no genoma humano só podem ser realizadas em células somáticas, deve ser realizado análise criteriosa dos riscos e benefícios atuais e potenciais para o indivíduo, grupo ou gerações futuras, o direito de privacidade dos indivíduos, bem como proteção a qualquer situação de discriminação ou estigmatização (CONEP, 2021)

Os profissionais que compõem os comitês de ética das instituições precisam estar alertas e atentos a qualquer pesquisa envolvendo a tecnologia CRISPR. Isso pode ser alcançado com a criação de protocolos mais rigorosos sobre seu uso, mais conhecimento e debates sobre seus usos positivos e negativos. Reflexões e questões levantadas como as feitas por Germani *et al.* (2021), Greely (2021), o arcabouço ético proposto por Hans Jonas (2006) e tratados internacionais como a Declaração Universal sobre o Genoma Humano e os Direitos Humanos da Unesco (1997) são fundamentais para direcionar as análises para decisões mais precisas e certas. Em suma, esforços conjuntos para que esta tecnologia seja empregada dentro dos limites éticos e visando apenas benefícios que, após muita análise e estudo, são calculados como consequências necessárias.

CONCLUSÃO

A necessidade de mecanismos mais eficazes e rigorosos direcionam a atenção para Comitês de Ética, sua estruturação e o suporte teórico e legal em que se fundamenta. Toda instituição que realiza pesquisas que envolve seres humanos tem um comitê de ética, formando por uma equipe multidisciplinar, munida de conhecimentos técnicos, científicos, éticos, bioéticos e legislativo que analisa e averigua a conformidade ética e legal das pesquisas a serem desenvolvidas. Há disponível uma vasta produção bibliográfica que reflete, de forma crítica e profunda, as implicações bioéticas do emprego da tecnologia CRISPR, que também fornece rico material que deve ser utilizado pelos comitês de ética, como é o caso das reflexões apresentadas ao longo deste trabalho.

Comitês de Ética formados por membros bem preparados, munidos de referencial teórico e suporte legal, serão mais eficazes em identificar e inibir usos perigosos da tecnologia CRISPR, ao passo que permitirá aqueles que realmente trarão benefícios para a sociedade e o meio ambiente.

Em relação à teoria ética, o trabalho do pensador contemporâneo Hans Jonas se mostra valioso instrumento para orientar as discussões nos comitês de ética, uma vez que fornece um princípio ético, o princípio de responsabilidade, do qual é extraído um imperativo ético. Qualquer projeto de pesquisa que faça utilização da tecnologia CRISPR deve ser submetido, antes, a este imperativo, para ser visualizada suas consequências futuras para a autêntica e digna condições de vida humana futura.

Kits CRISPR são comercializados por lojas online a baixo custo, o que torna fácil de ser obtido por qualquer pessoa que deseje. Diante disso, parece necessário criação de legislação que proíba sua venda livre, permitindo que seja obtido apenas por responsáveis, cujos projetos de pesquisa tenham passado, anteriormente, pela avaliação de comitês de ética.

REFERÊNCIAS

AMAZON, 2021. Loja online que vende os mais variados artigos. Disponível em:<https://www.amazon.com/dp/B071ZXW1TW/ref=olp_aod_redir_impl1?_encoding=UTF8&aod=1> Acesso em: 08 jun. 2021.

ASTORGA, J. G. **Breve cronología de la genética**. Ciencia. No°. 63, p. 70-77, jul./set. 2001.

BARTH, L. W. **Engenharia Genética e Bioética**. Teocomunicação. Vol. 35, nº149, p.361-391, set. 2005.

CONEP, 2021. Site do Conselho Nacional de Ética em Pesquisa. Disponível em:<<http://conselho.saude.gov.br/comissoes-cns/conep/>> Acesso em: 01 jul. 2021.

CYRANOSKI, D.; LEDFORD, H. **Genome-edited baby claim provokes international outcry**. Nature. Vol. 563, p. 607-608, nov. 2018.

DOUDNA, J. A.; CHARPENTIER, E. **The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9**. Science. Vol. 346, nº 1258096, ed. 6213, p.1-10, nov. 2014.

GERMANI, F.; WASCHER, S.; BILLER-ANDORNO, N. **A CRISPR response to pandemics?** Explring the ethics of genetically engineering the human immune system. EMBO Reports. Vol. 22, mar. 2021.

GREELY, H. T. **CRISPR People**. The Science and Ethics of Editing Humans. Cambridge, Massachusetts: The MIT press, 2021.

HANS, Jonas. **O princípio responsabilidade: ensaio de uma ética para a civilização tecnológica**. Tradução de Marijane Lisboa e Luiz Barros Montez. Rio de Janeiro: Contraponto/Editora PUC-Rio, 2006

JAENISCH, R.; MINTZ, B. **Simian virus 40 DNA sequences in DNA of Healthy adult mice derived from preimplantation blastocysts injected with viral DNA**. PNAS. Vol. 71, nº 4, p. 1250-1254, abril 1974.

LEDFORD, H. **CRISPR, the disruptor**. Nature. Vol. 522, p.20-24, jun. 2015.

MERCK, 2021. Empresa global de ciência e tecnologia que fornece ferramentas e serviços para comunidade científica. Disponível em:<https://www.sigmaaldrich.com/BR/en/product/sigma/hsoligoint?gclid=EAIaIQobChMI8svbv7a18QIVgQ-RCh26KQ4hEAAYAiAAEgJ7bvD_BwE> Acesso em: 08 jun. 2021.

MS. Ministério da Saúde. **Manual Operacional para Comitês de Ética em Pesquisa**. Brasília: Ministério da Saúde, 2002.

ODIN, 2021. Organização especializada em venda de kits e ferramentas de engenharia genética. Disponível em:< <https://www.the-odin.com/diy-crispr-kit/>> Acesso em: 08 jun. 2021.

PALLITO, N.; FOLGUEIRA, G. **Una alarma nada excepcional: CRISPR/Cas9 y la edición de la línea germinal en seres humanos**. Bioethics Update. Vol. 6, ed. 1, p. 17-36, 2020.

REECE, B. J. et al. **Biologia de Campbell**. 10 ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

RODRIGUES, J. V. **A agonia da humanidade**. In ROCHA-CUNHA, Silvério da; MARTINS, Marco Antônio Baptista; VASQUES, Rafael Franco. Os direitos humanos por um fio? Perspectivas transdisciplinares em torno dos direitos humanos em tempos difíceis. Apartado: Edições Húmus, 2019, p.207-226.

SCBT, 2021. Companhia líder mundial no desenvolvimento de produtos para o mercado de pesquisa biomédica. Disponível em:< https://www.scbt.com/browse/gene-editing-crispr-support-products/_/N-10lwffm> Acesso em: 08 jun. 2021.

TROSTER, E. J. **Comitês de Bioética**. Revista Associação Médica Brasileira. São Paulo, v.46, n.4, oct./dec. 200.

UNESCO. **Declaração Universal sobre o Genoma Humano e os Direitos Humanos**. Edições Unesco, 1997.

VILLANUEVA-CAÑADAS, E. **La ética del CRISPR**. Actualidad médica. N° 808, p.151-153, 2019.

Publicado em 18/08/2021