

**Brazilian Journal of Forensic Sciences,  
Medical Law and Bioethics**

Journal homepage: [www.ipebj.com.br/forensicjournal](http://www.ipebj.com.br/forensicjournal)



## **Consideração Ética sobre a Edição Genética em Seres Humanos**

### **Ethical Consideration about Genetic Editing in Human Beings**

Thiago Ferreira de Toledo

First received 28 October 2020; Final version acceptance 15 February 2021

**Resumo.** A edição genética em seres humanos incita várias reflexões sobre qual deve ser o papel que a ciência deve desempenhar e quais os seus limites de atuação. Frente a essa problemática, esse ensaio teórico objetiva fornecer argumentos sobre as graves implicações éticas que tais práticas podem resultar. Como principal ponto argumentativo, será levado em conta um dos princípios éticos superiores apontado pela Ciência Logosófica: a tolerância. Nesse sentido, considerando esse princípio ético, é argumentado o por que as Ciências Biológicas não devem se ocupar com questões relacionadas a alteração dos genes. Para isso, são apresentados pontos de vista de autores a favor, e então, contraste com outros fundamentos. A conclusão é a de que, dado os riscos e as incertezas com esses procedimentos, é mais prudente a ciência não se ocupar com essa prática.

**Palavras-chave:** Bioética; Biologia Molecular; Edição Genética; Ética.

**Abstract.** Genetic editing in human beings incites several reflections on what the role that science should play and what its limits of action should be. Faced with this problem, this theoretical essay aims to provide arguments about the serious ethical implications that such practices can result. As the main point of argumentation, one of the superior ethical principles indicated by Logosophical Science will be taken into account: tolerance. In this sense, considering this ethical principle, it is argued why the Biological Sciences should not deal with issues related to the alteration of genes. For this, the authors' points of view are presented in favor, and then, in contrast with other fundamentals. The conclusion is that, given the risks and uncertainties with these procedures, it is more prudent for science not to engage in this practice.

**Keywords:** Bioethics; Molecular Biology; Genetic edition; Ethics.

## 1. Introdução

Quando os profissionais envolvidos com a ciência se propõem a desenvolver uma nova tecnologia para pôr à disposição aos indivíduos de uma sociedade, é fundamental que o resultado de seus esforços, de fato, contribua para o bem comum, promovendo a prosperidade. Essa é a ideia, mas, na prática, às vezes isso não ocorre, como demonstram alguns fatos aclarados pela história. Tudo o que se faz no presente, no futuro será contado como parte da história; por exemplo, assim como as aplicações emergidas com a área da genética molecular.

A genética é uma espécie de ciência da informação, em que os profissionais que atuam nesse campo, os geneticistas, buscam compreender o mecanismo da transmissão da informação genética, podendo ser: genética de transmissão, o qual são passadas as informações do genitor à descendência; genética molecular do desenvolvimento, transmissão do DNA (*deoxyribonucleic acid*) à ação dos genes dentro das células, bem como entre elas; e genética evolutiva da população, cuja transmissão se propaga ao longo das gerações<sup>1</sup>. A edição genética pertence ao campo da genética molecular.

Em linhas gerais, edições genéticas englobam o aprimoramento genético, que consiste em um esforço de melhorar características de indivíduos ou espécies, por exemplo, tentar modificar o risco de uma doença comum, ampliar a capacidade de memória ou dos músculos; a correção genética, em que se edita uma mutação com probabilidade de causar uma doença; e a edição em linha germinal, que, basicamente, é modelar características específicas logo no início da formação do embrião<sup>2</sup>. Esta última é realizada nas células germinativas, espermatozoides e óvulos, cujas alterações podem ser transmitidas aos descendentes. Já as edições nas células somáticas, isto é, todas as demais células do corpo, as características alteradas não são transmitidas às próximas gerações<sup>3</sup>.

Devido as implicações a longo prazo dos procedimentos envolvendo edição genética germinativa, cujas características podem ser herdadas, encorajar tais pesquisas, considerando a evolução da ciência, chegará um tempo em que as técnicas disponíveis se tornarão seguras e eficazes, e dessa forma, o seu uso clínico poderá ser mais provável. Portanto, se a ciência avançar por esse caminho e, posteriormente, a sociedade não aceitar seu uso, poderá ser difícil coibi-la, porque em países que não a proibir, ou até mesmo em mercados ilegais, o procedimento poderá ser realizado<sup>3</sup>.

Outro ponto a ser considerado é o de que a edição genética em microrganismos, utilizando técnicas apropriadas, tem a capacidade de sintetizar e manipular patógenos, como a varíola, o vírus da gripe espanhola, o vírus de gripe das aves altamente patogênico do tipo A subtipo H5N1 e a síndrome respiratória aguda grave (SARS – *Severe Acute Respiratory Syndrome*). Com isso em mente, não é inapropriado conjecturar que, se tais técnicas se encontrarem à disposição de pessoas mal intencionadas, poderiam ser utilizadas para fins indevidos, podendo inclusive, potencializar o efeito de patógenos<sup>4</sup>.

Nesse contexto, este trabalho se propõe a analisar a questão sobre a edição genética em modo amplo, ou seja, tanto para o aprimoramento, correção ou hereditariedade. Os fundamentos principais são os relacionados ao princípio ético da tolerância, argumentando que pode ser um importante critério para auxiliar, tanto os profissionais que atuam nessa área, como os demais indivíduos, a tomarem melhores decisões.

A modalida seguida por este trabalho é a de um ensaio teórico<sup>5</sup>, o qual terá como núcleo de argumentação os ensinamentos da Logosofia, que, em suma, abarca uma nova linha de conhecimento, contando com um conjunto de princípios, de um método e de uma técnica próprias da sua ciência, em que, por meio da formação consciente da própria individualidade, contribui para o desenvolvimento de uma humanidade mais responsável e menos confusa<sup>6</sup>. O nome Logosofia, combina as palavras gregas *logos*, que significa verbo criador ou manifestação do saber supremo, e *sophia*, ciência original ou sabedoria<sup>7</sup>.

O fundamento principal aqui exposto é o princípio ético superior considerado pela Ciência Logosófica, que é a tolerância. Outros dois princípios proeminentes dessa ciência são: respeito e liberdade<sup>8</sup>. O primeiro foi abordado em um trabalho anterior<sup>9</sup>. O princípio de liberdade será abordado em publicação subsequente. Já o presente estudo pode ter como preâmbulo o trabalho citado anteriormente, bem como um outro que trata sobre a responsabilidade em se utilizar tecnologias computacionais para tratar material biológico<sup>10</sup>.

Para atingir ao objetivo proposto, primeiramente será analisado pontos de vistas de autores favoráveis a edição genética, em seguida, utilizando como fundamento o princípio de tolerância é argumentado sobre os riscos envolvido nessa prática.

Com a finalidade de buscar trabalhos relevantes, foi realizado uma revisão narrativa da literatura na base de pesquisa do Portal de Periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), bem como na lista de referências dos trabalhos avaliados para compor este estudo. Em seguida, após análise e ponderação das obras selecionadas, foram tecidos argumentos sobre as ideias expressas, dando origem a este ensaio, o qual está organizado da seguinte forma: Na seção seguinte é explicado brevemente o que é edição genética. Na Seção 3, é relatado sobre o princípio ético da tolerância. Já na Seção 4, são relacionados alguns autores que defendem a edição genética, e em seguida, tecerei comentários em contraste às ideias apresentadas. Na última seção é descrita a conclusão.

## 2. Edição genética

A genética se refere ao estudo da hereditariedade, em que as características dos seres vivos são transmitidas para as próximas gerações por meio dos genes; o gene é uma unidade fundamental, cujo conjunto completo forma o genoma. O estudo do genoma de uma determinada espécie deu origem ao campo genômico, que tem como objetivo analisar informações dos organismos, por exemplo, da sequência do DNA, da lista de todos os genes e suas variantes e dos tipos de células e tecidos<sup>1</sup>.

A edição genética, em termos gerais, é um processo para alterar uma sequência de genes em um determinado pedaço do DNA. Ou seja, editar o DNA, basicamente, é apagar um segmento e substituí-lo por outro, dando novas características ao ser vivo<sup>3</sup>. Por exemplo, ao editar tecidos, órgãos, testículos e ovários<sup>11</sup>.

No corpo humano, a maioria das células morrem naturalmente durante a vida da pessoa, ou no máximo, sobrevivem até a sua morte. Por outro lado, em um embrião, em estágio avançado, é possível selecionar quais células serão editadas, pois elas já foram diferenciadas ao longo de um processo de evolução, por conseguinte, elas não são transmitidas para a geração seguinte. Assim, faz-se a edição embrionária, mas não em linha germinal<sup>11</sup>.

A edição genética engloba tanto a alteração de um gene, quanto a de um segmento de genes; neste último caso, tem-se a alteração no genoma, que é composto por toda a sequência do DNA de uma pessoa. Para realizar essas alterações, utiliza-se técnicas, por exemplo, ZFNs (*Zinc Finger Nucleases*), TALENs

(*Transcription Activator-like Effector Nucleases*) e CRISPR (*Clustered Regularly Interspaced short Palindromic Repeats*)<sup>11</sup>. Originalmente, o termo CRISPR foi cunhado no trabalho de Jansen, Embden, Gaastra e Schouls (2002)<sup>12</sup>, que, em poucas palavras, é uma espécie de construção molecular utilizada pelas bactérias para se defenderem contra ataques de vírus<sup>11</sup>. Essa capacidade de defesa foi descoberta por Mojica, Díez-Villaseñor, García-Martínez e Soria (2005)<sup>13</sup>.

O mecanismo de defesa do CRISPR funciona, basicamente, da seguinte maneira: a partir de uma molécula de proteína e de uma molécula de RNA (*ribonucleic acid*) guia, – que é o correspondente exato para um trecho específico do DNA do vírus, – ele busca seu complemento entre a sequência específica de bases de DNA no genoma de um vírus invasor, enquanto o restante da construção CRISPR se mantém inalterada. Em seguida, uma proteína se envolve no segmento do DNA para cortá-lo; dessa maneira, o vírus não pode mais utilizar a célula para se reproduzir, e, assim, sua ameaça é neutralizada<sup>11</sup>.

Uma proteína que se mostrou eficaz para realizar o corte na sequência do DNA em locais específicos, é a chamada Cas9 (*CRISPR-associated protein #9*). No trabalho de Jinek, Chylinski, Fonfara, Hauer, Doudna e Charpentier (2012)<sup>14</sup>, foi descrito como o CRISPR-Cas9 pode ser utilizado em seres humanos.

### **3. Tolerância como princípio ético**

As reflexões sobre o princípio ético da tolerância serão guiadas pelas palavras do pensador e humanista argentino, fundador da Ciência Logosófica, Carlos Bernardo González Pecotche (1901-1963).

Em linhas gerais, para que a ética atinja a sua finalidade, é necessário o cultivo de elementos básicos, tais como os assinalados por Pecotche<sup>15</sup>:

*“A ética não teria finalidade ou, melhor ainda, não cumpriria seu verdadeiro objetivo social, se não contivesse os elementos básicos que a tornam possível, a saber: elevação de propósitos, tolerância, paciência, obsequiosidade sincera, naturalidade no trato, afabilidade, prudência e tato nos juízos que se emitem sobre terceiros” (p. 86).*

Dentre os elementos citados por Pecotche, para os fins desta análise, será focado o princípio da tolerância, cujo cultivo, internamente em cada indivíduo da

sociedade, pode promover uma conduta ética manifestada em suas ações, e, assim, a ética cumpre o seu objetivo social.

Sendo a tolerância um dos fatores que apoiam a regulação das ações individuais, a atuação pautada nesse princípio o tornará mais tolerante para com os demais cidadãos. Em outras palavras, o cultivo de bons valores morais resultará em um comportamento mais assertivo.

Por outro lado, o ato intolerante, nas palavras de Pecotche<sup>16</sup>: “*Manifesta-se no rigor com que a pessoa pretende que se cumpra ou execute o que ordena, seja por própria imposição, seja pela vigência de regulamentos ou disposições de cuja observância é responsável*” (p. 132).

A pessoa intolerante, motivada por algum impulso, desejo, predileção, ideia, ou outro motivo de ordem pessoal, age em benefício próprio e normalmente desconsidera, ou reduz sua importância, sobre a vontade e o livre-arbítrio dos demais indivíduos.

Outro ponto é o de quando a intolerância parte dos formuladores de regulamentos, diretrizes, ou mesmo recomendações, em que, baseada em alguma influência, pode inspirar o comportamento dos demais, que, trabalhando para inclinações próprias, ou de um grupo, agem para atender interesses específicos, podendo assim, causar grandes prejuízos para a sociedade. Nesse sentido, para conter abusos e excessos, é preciso, dentre outros fatores, prudência e tolerância, isto é, uma conduta ética.

Algumas características do ser que não age com tolerância, nas palavras de Pecotche<sup>16</sup>, são as seguintes: “*O intolerante é um ser rígido, duro, inflexível, aferrado a seu estreito critério, em cujo coração o afeto pelo semelhante é oprimido e até sufocado por sua inveterada falta de respeito às ideias, aos afazeres e ao comportamento alheios*” (p. 132).

Dada essas características negativas, principalmente os governantes, as autoridades e os líderes, além, claro, de todos os indivíduos, devem buscar corrigir essa deficiência, porque a sua manifestação poderá desarmonizar toda a integração social.

Um comportamento de intolerância tende a ser manifestado para com as pessoas que estão abaixo de sua hierarquia<sup>16</sup>, ou seja, no que a sociedade definiu como estrutura de organização para que funcione, atribuindo, em tese, maiores responsabilidades às pessoas mais capazes, para que, agindo eticamente, não atue

de forma impiedosa. Sobre a impiedade, Pecotche<sup>16</sup> afirma ser atitude de todo intolerante:

*“Em maior ou menor grau, o intolerante é sempre impiedoso, e o será enquanto os que devam sofrer seu rigor estejam abaixo dele. Jamais a intolerância se manifesta para com os de cima, nem contra aqueles de quem se espera tirar partido, o que não impede ser intolerante nos juízos ou nas apreciações que sobre tais pessoas se fazem”* (pp. 132-133).

Se considerar que a pessoa intolerante, é, em algum grau, impiedosa, as que estiverem em cargos de liderança, devem, necessariamente, possuir valores morais superiores aos demais que pretende liderar; não devem ser intolerantes; ao contrário, devem ser o exemplo de tolerância e sempre empenhar algum esforço em busca de novas virtudes.

A atitude do intolerante de impor a sua vontade, é agravada quando tal pessoa se encontra em cargos onde pode comandar ou tomar decisões que impactará outras pessoas, por exemplo, governantes, presidentes de empresas, chefes de laboratórios de pesquisa, dentre outros. Ou seja, as pessoas que estão em posições de autoridade, caso atuem baseado em seus interesses pessoais, podem prejudicar os que estão sob seu governo.

Após, a descrição e análise do porquê considerar a tolerância como conduta individual para se refletir em uma boa atuação na sociedade, na seção seguinte serão descritos trabalhos cujos autores são a favor da edição genética em seres humanos, e então, contraponho o ponto de vista.

#### **4. Reflexões sobre a edição genética em seres humanos**

Embora o esforço dos cientistas e pesquisadores envolvidos com trabalhos relacionados a edição genética tenha o seu mérito, no sentido de se comprometerem em buscar soluções para melhorar a qualidade de vida das pessoas, argumento que o princípio ético da tolerância deve ser considerado em tal intento. Por exemplo, tolerar as limitações tecnológicas, que, embora possam melhorar e chegar a quase perfeição, ainda assim sempre haverá casos de exceção, o que poderá resultar em complicações inimagináveis a um indivíduo que tenha sido

submetido a algum procedimento que envolva mutações em seus genes. Nesse contexto, as considerações sobre esse tema são relatadas nesta seção.

O primeiro trabalho a ser considerado, será o de Molhoek (2018)<sup>17</sup>, no qual o autor defende a permissibilidade da edição de genes, cujo propósito seja o de melhorar o comportamento moral do indivíduo, isto é, se a edição dos genes puder levar o indivíduo a ser mais predisposto a ter certos comportamentos, então, tais tentativas são justificáveis. Para isso, argumenta que:

*“O aprimoramento moral generalizado levaria passo a passo a uma sociedade mais justa” (tradução do autor). Em seguida, complementa: “Se possível, eu afirmaria a melhoria da moral genética, mesmo que isso precise de esclarecimento. Os genes melhoram as disposições em relação ao comportamento, não a virtude em si. Se os biólogos moleculares descobrem um gene que dispõe uma pessoa a um comportamento mais justo, toda a sociedade se tornaria a beneficiária. A melhoria moral em grande escala poderia melhorar significativamente nossas condições de vida social” (tradução do autor).*

Certamente comportamentos mais justos e o cultivo de bons valores morais dos indivíduos de uma sociedade torná-la-iam melhor. No entanto, mesmo com a possibilidade de se acertar os genes que poderiam influenciar determinados comportamentos, essas tentativas levantariam questões complicadas de serem respondidas. Por exemplo: Quais seriam os comportamentos selecionados? Ou; quem definiria quais os comportamentos seriam melhorados pela edição dos genes?

Seguindo uma sequência de acontecimentos, supondo que ambas as perguntas acima fossem respondidas, ao meu ver, essa progressão de certos genes editados conduziria, ou ao menos seria uma tentativa, de criar padrões de comportamentos, limitando, ou dificultando, as escolhas livres do indivíduo.

Outra questão seria: Na prática, como se daria esse melhoramento, ou seja, seria feito logo após o nascimento do bebê, cujo sequenciamento genético tenha identificado a necessidade de editá-lo, ou esperaria até que o indivíduo adulto manifestasse algum comportamento considerado não adequado que justificasse a edição dos seus genes?



A situação fica ainda mais complicada se considerar outras questões, como: Quantos cidadãos poderiam pagar para ter acesso a essa tecnologia? Ou ainda; seria uma imposição a todas as pessoas? Que, neste caso, novas questões éticas surgiriam, pois, nesse cenário, a vontade e o livre-arbítrio dos indivíduos não seriam levados em conta.

Considerando a estrutura da sociedade atual, e desconsiderando uma possível obrigatoriedade, algumas pessoas poderiam pagar; para elas, haveria o livre-arbítrio de se decidirem aderirem ao procedimento, ou não. Para a maioria, por diversos motivos, não seria possível, mesmo se assim desejassem. Então, me parece que essa questão está mais próxima de uma espécie de um modelo de negócio do que uma tentativa de se chegar a uma sociedade melhor.

Molhoek conjectura que pode haver alguma relação: *“Genes específicos podem contribuir para a habituação de uma virtude específica ou um vício, mas sem a adição de hábitos livremente escolhidos, tais genes não podem por si só produzir virtude”* (tradução do autor). As virtudes são adquiridas pelo ser humano à medida que acumula conhecimentos e experiências ao decorrer do seu processo evolutivo. E, mesmo que os genes de um indivíduo possam predispô-lo a ter um certo vício, penso que, com determinação de sua vontade e constância, embora seja mais difícil, provavelmente atingirá seus objetivos de aperfeiçoamento moral, mas isso parte da vontade individual, não de uma intervenção por meio de procedimentos externos.

A conclusão do Molhoek é a seguinte:

*“Concluo que é permitido editar o genoma de uma pessoa com o propósito de melhorar sua disposição ao comportamento moral; mas, em si mesma, esta predisposição genética não constitui virtude. A virtude é adquirida, não infundida geneticamente”* (tradução do autor).

É difícil saber se o pretense melhoramento dos genes, por meios tecnológicos, artificiais, não-naturais, isto é, sem seguir o curso evolucionário da natureza, para tentar induzir um comportamento, de fato se sobressairia a vontade e ao livre-arbítrio do indivíduo, já que este pode se decidir em se comportar de uma maneira diferente, mesmo que alguns genes modificados atuassem de forma a tentar conter uma determinada ação.

O autor finaliza o texto com as seguintes palavras: “*O que não desapareceria é a liberdade de as pessoas escolherem o contrário de sua natureza*” (tradução do autor). Essa mudança artificial no comportamento é uma tentativa de o ser humano ir contra a Natureza, preferindo, e tentando, um melhoramento moral por meios tecnológicos, quando, o aperfeiçoamento parte-se de o indivíduo querer evoluir, utilizando da sua vontade, do seu livre-arbítrio e dos seus recursos mentais, que podem ser aprimorados ao longo de sua vida.

Essa capacidade do ser humano poder evoluir por sua própria determinação, é uma, dentre tantas outras, que nos difere de todas as outras formas de vida do Globo. Por exemplo, os animais, por lei da natureza, possuem possibilidades de ação restrita, podendo agir dentro dos limites dos seus impulsos instintivos, nada além disso fará parte da sua esfera de atuação. E, ao contrário, no ser humano, há em nossa constituição, mecanismos mentais que ampliam as possibilidades de ações de forma infinitamente superiores à de quaisquer outros seres vivos. Portanto, me parece que uma indução de melhoria genética para introduzir certos comportamentos é uma tentativa de normalizar o comportamento, condicionando a atitudes previsíveis, definidas pelos genes.

Lanphier, Urnov, Haecker, Werner e Smolenski<sup>18</sup> solicitaram a não edição genética em linha germinal, onde relataram suas preocupações relacionadas a questões éticas, de segurança e de que um clamor público pudesse prejudicar os trabalhos envolvendo edição genética em células somáticas, – que não serão herdadas aos descendentes, – os quais os mesmos estavam trabalhando. Os autores descreveram que não é adequado a edição genética em linha germinal. Vou além, argumentando de que a ciência não deve se ocupar em realizar edição genética em seres humanos, seja para qual objetivo for, cujos argumentos são tecidos nesta seção.

Baltimore, Berg, Botchan, Carroll, Charo, Church, *et al.*<sup>19</sup> desencorajaram quaisquer tentativas de edição genética em linha germinal para aplicações clínicas em humanos, ao menos enquanto as implicações sociais, ambientais e éticas sejam discutidas entre organizações científicas e governamentais. Os pontos a serem tratados, nas palavras dos autores são:

*“Assumindo que a segurança e eficácia da tecnologia pode ser garantida, um ponto-chave de discussão é se o tratamento ou cura de doenças*

*graves em humanos seria um uso responsável da engenharia de genoma e, em caso afirmativo, sob quais circunstâncias. Por exemplo, seria apropriado usar a tecnologia para mudar uma mutação genética causadora de doença para uma sequência mais típica entre pessoas saudáveis? Mesmo este cenário aparentemente simples levanta sérias preocupações, incluindo o potencial de consequências não intencionais de modificações hereditárias na linha germinal, pois há limites para nosso conhecimento da genética humana, das interações gene-ambiente e dos caminhos da doença (incluindo a interação entre uma doença e outras condições ou doenças no mesmo paciente)”* (tradução do autor).

Já, Lander, Baylis, Zhang, Charpentier, Berg, Bourgain, *et al.*<sup>2</sup> apelam por uma moratória sobre todos os usos clínicos da edição em linha germinal em seres humanos, a qual contou com aprovação de Wolinetz e Collins<sup>20</sup>: *“Apoiamos fortemente o apelo de Eric Lander e colegas para uma moratória internacional”* (tradução do autor).

As preocupações relatadas por Lander, Baylis, Zhang, Charpentier, Berg, Bourgain, *et al.*<sup>2</sup> são, por exemplo, ter um nível de segurança e eficácia suficientes, considerando os riscos e benefícios potenciais e a existência de abordagens alternativas; considerar consequências biológicas a longo prazo; prejudicar os pacientes e corroer a confiança do público em decorrência de efeitos colaterais. A moratória não se destina a proibição permanente na mudança do DNA hereditário, mas sim a criação de uma estrutura internacional a ser cumprida, voluntariamente pelas nações, no qual se comprometeriam a cumprir certas condições. Os autores sugerem ainda, que a autorização partiria das autoridades nacionais de cada país, não sendo necessário um amplo consenso social para prosseguir com as pesquisas.

A sugestão proposta pelos autores, de a decisão partir das autoridades que estejam representando suas respectivas nações naquele momento, desconsiderando o consentimento dos cidadãos, é uma forma unilateral de decidir sobre o destino dos povos. Além do mais, uma autorização partindo de um pequeno grupo de pessoas que estão em condição de hierarquia que lhes permitem certos tipos de poderes, como a de tomar decisões que impactará toda a sociedade, tanto no presente, como nas próximas gerações, é um ato de intolerância.

A suposição deles é a de que se for possível realizar a correção genética sem erros ou efeitos fora do alvo, ou seja, não errar o gene o qual deva ser editado, o procedimento poderia ter um efeito previsível e benéfico. No entanto, essa garantia de êxito sem efeito colateral é difícil, senão impossível de se alcançar. Além disso, ter efeitos previsíveis pode incluir casos em que haverá algum tipo de efeito indesejado, porém, já se saberá com antecedência quais podem ocorrer, e então, ficará a questão de como e quem decidirá sobre prosseguir, ou não, com o procedimento. Portanto, cabe as pessoas envolvidas nesse campo de atuação, considerarem o princípio ético da tolerância de que essa ciência tem as suas limitações, não sendo sensato a rigidez, de tentar impô-la na sociedade, seja por regulações ou por quaisquer outros meios.

Com relação aos efeitos indesejados, resultando em consequências imprevistas não intencionais, os riscos das incertezas são inumeráveis, sendo difícil para a ciência se antecipar a todas as imprevisões, dadas a complexidade do genoma humana e da variedade genética existente.

Para terminar essa análise, proponho mais duas perguntas para reflexão baseada na seguinte menção dos autores: "*Tentar remodelar a espécie com base em nosso estado atual de conhecimento seria uma arrogância*" (tradução do autor). Acaso, mesmo que haja recursos tecnológicos suficientes para modelar os seres humanos, sob certas condições e com características definidas, não seria arrogância? "*Tentar remodelar a espécie*" (tradução do autor) não é intolerância?

Wolinetz e Collins<sup>20</sup> consideram prioridade as pesquisas sobre edição de genes em células somáticas. Por outro lado, mencionam a respeito das sérias consequências ao editar genes humanos para fins reprodutivos, argumentando que são necessárias profundas reflexões que incluam os "*múltiplos segmentos da diversificada população mundial*" (tradução do autor), e acrescentam: "*As sociedades, depois dessas discussões mais profundas, podem decidir que esta é uma linha que não deve ser atravessada. Seria insensato e antiético para a comunidade científica excluir essa possibilidade*" (tradução do autor).

Para alguns autores a questão não se limita em responder se é permissível edição em linha germinal, ou quando se deva fazer isso, mas sim, como deve ser feito. Por exemplo, Dzau, McNutt e Bai<sup>21</sup> argumentam sobre a necessidade de se chegar em um acordo internacional, que contemple critérios e padrões específicos a ser cumpridos para que seja permissível a edição em linha germinal.

Posteriormente, Dzau, McNutt e Ramakrishnan<sup>22</sup> reafirmam essa necessidade e reconhecem a importância de incluir no debate as comunidades científicas e médicas, afirmando ainda que “*devemos alcançar um amplo consenso social antes de tomar qualquer decisão, dadas as implicações globais da edição do genoma hereditário*” (tradução do autor).

É preciso que os indivíduos da sociedade queiram que a ciência se ocupe em encontrar possíveis usos que se apliquem à edição genética. Porém, há de se ter em alta consideração de que não se pode haver uma imposição, no sentido de se almejar alcançar obrigatoriamente o amplo consenso social. Esse dever, no sentido de imposição, não pode ser praticado, haja visto que isso seria intolerância; intolerância em exigir que as pessoas cumpram o que é determinado por outras.

Em novembro de 2018, foi anunciado ao mundo, que, em algum dia de outubro, ocorreu o nascimento de dois bebês que tiveram os seus genes editados. Greely<sup>11</sup> descreveu o experimento como “*criminalmente imprudente*” (tradução do autor) e “*extremamente prematuro, e profundamente antiético*” (tradução do autor).

Em meu ponto de vista, substituiria o “*extremamente prematuro*” por: nunca deveria ter sido executado. Modificações genéticas de modo geral não deveriam ser praticadas, pois há muitas incertezas envolvidas. Por exemplo, dentre algumas situações, tem-se as preocupações com questões éticas e ambientais, com a segurança e eficácia, com a oposição popular e as implicações sociais, e com as consequências biológicas a longo prazo. Além de não se saber quais seriam as consequências quando houvesse a interação da pessoa com o meio ambiente, e quais as possibilidades de interferência entre as doenças e outras condições em um mesmo indivíduo.

Os pesquisadores envolvidos com a área militar também estão buscando justificativas para apoiar a edição genética em seres humanos, por exemplo, no trabalho de Greene e Master<sup>23</sup>, os autores argumentam que esses procedimentos poderiam dar maiores chances de sobrevivência aos soldados no campo de batalha, além de protegê-los contra agentes biológicos lançados por terrorista, disporem de maior resistência física, ou de se recuperarem mais rapidamente de ferimentos.

No entanto, se, por um lado, protege-se, ou aumenta a chance de sobrevivência dos soldados com alguma edição genética, por outro lado, eles se tornariam mais letais, tendo maiores chances de vencer o outro ser humano que

esteja enfrentado. Ou seja, protege-se a vida de um à custa da vida de outro indivíduo.

Outro ponto a se considerar é o de que o país que possuir essa tecnologia, também terá a capacidade de subjugar os demais países. Por exemplo, atualmente os poucos países que possuem armas nucleares detêm supremacia, ao mesmo tempo que tentam impedir que outros a possuam.

Na época da sua construção e uso, a justificativa foi a de vencer as Potências do Eixo, na Segunda Guerra Mundial (1939-1945). No entanto, até hoje o país que a construiu e a utilizou as possuem, além de outras nações também a terem construído ao longo das décadas seguintes.

Nesse sentido, o mesmo poderá ocorrer com o país que detiver a capacidade tecnológica de edição genética, que, a pretexto de usá-la em soldados para “lutar contra os terroristas”, nada os impedirá de utilizar como forma de dissuadir, sobrepor ou dominar outros países.

## **5. Conclusão**

Este trabalho contextualizou, em linhas gerais, alguns conceitos relacionados ao campo genômico. Depois, guiado pelas palavras de González Pecotche, foi relatado sobre a importância de se considerar o princípio ético da tolerância, não somente nos profissionais que atuam na área da engenharia genética, mas também na conduta de todos os indivíduos da sociedade.

Após essa fundamentação, foi apresentado ideias de autores inclinados em percorrer o árduo caminho da edição genética, e então, me posicionei contrariamente, argumentando que a ciência não deve avançar nessa direção; pois, a ciência evolui, então cabe a nós decidirmos por qual caminho seguirmos.

Em suma, devido ao risco de se editar o genoma humano, podendo ocorrer efeitos indesejados ou inesperados, dentre outros dilemas envolvidos, penso ser prudente a ciência não se ocupar com essa tarefa, devendo, por exemplo, empregar esforços para encontrar outros caminhos para curar doenças. Desse modo, o princípio ético da tolerância é aplicado, ao tolerar as diferenças entre as pessoas e o de reconhecer a limitação da engenharia genética.

O leitor pode pensar que é intolerância concluir que a ciência não deve cruzar a fronteira no que diz respeito a edição genética, manipulando a natureza, por meios tecnológicos. Porém, defendo que não é intolerância, pois, questões como

essa, certamente é mais sabiamente conduzida pela Natureza, em que, através de seus ciclos de evolução, ditam, por meio de suas leis, quais serão as características de quem vive em seus domínios.

Como último argumento deste ensaio, se a ciência prosseguir por este caminho, a edição genética poderá tomar outros rumos com implicações éticas ainda mais severas. Por exemplo, gerar formas de vida artificial, como a de organismos com genomas completamente inventados. O impacto que a introdução dessas novas formas de vida pode gerar no ambiente são igualmente imprevisíveis<sup>24</sup>. Essa questão, portanto, fica para um trabalho futuro.

## Referências

1. Griffiths AJF, Wessler SR, Carroll SB, Doebley J. Introdução à Genética. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2016. Tradução: Sylvia Werdmüller von Elgg Roberto. Tradução de: Introduction to Genetic Analysis.
2. Lander ES, Baylis F, Zhang F, Charpentier E, Berg P, Bourgain C *et al.* Adopt a Moratorium on Heritable Genome Editing [Adote uma Moratória na Edição do Genoma Hereditário]. *Nature*. 2019; 567:165-8. <https://doi.org/10.1038/d41586-019-00726-5>
3. Furtado RN. Edição Genética: Riscos e Benefícios da Modificação do DNA Humano. *Revista Bioética*, Brasília. 2019;27(2):223-33. <https://doi.org/10.1590/1983-80422019272304>
4. Caplan AL Parent B, Shen M, Plunkett C. No Time to Waste: The Ethical Challenges Created by CRISPR [Não há Tempo a Perder: Os Desafios Éticos Criados por CRISPR]. *EMBO rep*. 2015;16(11):1421-6. <https://doi.org/10.15252/embr.201541337>
5. Severino AJ. Metodologia do Trabalho Científico. 5ª Reimpressão da 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.
6. Logosophical Foundation [Internet]. Logosophy. What is Logosophy? [O que é Logosofia?]; n.d. [acesso em 21 out. 2020]. Disponível em: <https://logosophy.info/en/logosophy/>.
7. Fundação Logosófica [Internet]. Logosofia. Etimologia; 2020. [acesso em: 22 out. 2020] Disponível em: <https://logosofia.org.br/logosofia/>.
8. PECOTCHE, CBG. Exegese Logosófica. Tradução Fundação Logosófica. 11. ed. São Paulo: Logosófica, 2012. Tradução de: Exégesis Logosófica.
9. Toledo TF. From Mendel Peas to Bioinformatics: And The Ethical Principles? [Das Ervilhas de Mendel a Bioinformática: E os Princípios Éticos?]. *Anais do Institute for Technology and Research (ITRESEARCH)*, 25-26 nov. 2020; Johannesburgo, África do Sul. Bhubaneswar, India: Institute for Technology and Research (ITRESEARCH); 2020.

Disponível em: [https://www.worldresearchlibrary.org/up\\_proc/pdf/4065-16117290894-10.pdf](https://www.worldresearchlibrary.org/up_proc/pdf/4065-16117290894-10.pdf) [acesso em: 07 fev. 2020].

10. Toledo TF. Respeito como Princípio Ético Essencial em Pesquisas Genéticas e Genômicas. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. 2020; 12(5): 179-205. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/etica/principio-etico> [acesso em: 07 fev. 2020].
11. Greely HT. CRISPR'd Babies: Human Germline Genome Editing in the 'He Jiankui Affair' [CRISPR teve Bebês: Edição do Genoma Germinal Humano no 'Caso He Jiankui']. *J Law Biosci*. 2019;6(1):111-83. <https://doi.org/10.15252/embr.201541337>
12. Jansen R, Embden JDA, Gastra W, Schouls LM. Identification of Genes that are Associated with DNA Repeats in Prokaryotes [Identificação de Genes que estão Associados com Repetições de DNA em Procariontes]. *Microb Physiol*. 2002;43(6):1565-75. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2958.2002.02839.x>
13. Mojica FJM, Díez-Villaseñor C, García-Martínez J, Soria E. Intervening Sequences of Regularly Spaced Prokaryotic Repeats Derive from Foreign Genetic [Sequências de Repetições Procarióticas Espaçadas Regularmente Derivam de Genéticas Estrangeiras]. *J Mol Evol*. 2005;60:174-82. <https://doi.org/10.1007/s00239-004-0046-3>
14. Jinek M, Chylinski K, Fonfara I, Hauer M, Doudna JA, Charpentier E. A Programmable Dual-RNA-Guided DNA Endonuclease in Adaptive Bacterial Immunity [Uma Endonuclease de DNA Guiado por Duplo-RNA Programável em Imunidade Bacteriana Adaptativa]. *Science*. 2012;337(6096):816-21. <https://doi.org/10.1126/science.1225829>
15. Pecotche CBG. *Curso de Iniciação Logosófica*. 20. ed. São Paulo: Logosófica; 2017. Tradução: Colaboradores voluntários da Fundação Logosófica em Prol da Superação Humana. Tradução de: *Curso de Iniciación Logosófica*.
16. Pecotche CBG. *Deficiências e Propensões do Ser Humano*. 1ª Reimpressão da 11. ed. São Paulo: Logosófica; 2007. Tradução: Filiados da Fundação Logosófica; revisão da tradução: José Dalmy Silva Gama. Tradução de: *Deficiencias y propensiones del ser humano*.
17. Molhoek B. Raising the Virtuous Bar: The Underlying Issues of Genetic Moral Enhancement [Elevando a Barreira Virtuosa: As Questões Subjacentes ao Aprimoramento Moral Genético]. *Theol. Sci*. 2018;16(3):279-87. <https://doi.org/10.1080/14746700.2018.1488474>
18. Lanphier E, Urnov F, Haecker SE, Werner M e Smolenski J. Don't Edit the Human Germ Line [Não Edite a Linha Germinal Humana]. *Nature*. 2015;519(7544):410-1. <https://doi.org/10.1038/519410a>
19. Baltimore D, Berg P, Botchan M, Carroll D, Charo RA, Church G, *et al*. A Prudent Path Forward for Genomic Engineering and Germline Gene Modification [Um Caminho



- Prudente para a Engenharia Genômica e Modificação do Gene em Linha Germinativa]. Science. 2015;348(6230):36-8. <https://doi.org/10.1126/science.aab1028>
20. Wolinetz CD, Collins FS. NIH Supports Call for Moratorium on Clinical Uses of Germline Gene Editing [NIH Apóia Pedido de Moratória nos Usos Clínicos da Edição de Genes em Linha Germinativa]. Nature. 2019;567(175). <https://doi.org/10.1038/d41586-019-00814-6>
21. Dzau VJ, McNutt M, Bai C. Wake-up Call from Hong Kong [Chamada de Despertar de Hong Kong]. Science. 2018;362(6420):1215. <https://doi.org/10.1126/science.aaw3127>
22. Dzau VJ, McNutt M, Ramakrishnan V. Academies' Action Plan for Germline Editing [Plano de Ação das Academias para Edição em Linha Germinativa]. Nature. 2019;567(175). <https://doi.org/10.1038/d41586-019-00813-7>
23. Greene M, Master Z. Ethical Issues of Using CRISPR Technologies for Research on Military Enhancement [Questões Éticas do Uso das Tecnologias CRISPR para Pesquisa de Aperfeiçoamento Militar]. J Bioeth Inq. 2018;15(3):327-35. <https://doi.org/10.1007/s11673-018-9865-6>
24. Rabinowitch, I. What Would a Synthetic Connectome Look Like? [Como seria um *Connectome* Sintético?]. Physics of Life Reviews. 2020;33:1-15. <https://doi.org/10.1016/j.plrev.2019.06.005>