

## Biodireito na ótica da sustentabilidade: limiar e limites da edição genética

*Biolaw from the view of sustainability: threshold and limits of genetic edition*

Luiz Fernando Del Rio Horn\*

Maximiliano Evaristo de Castro Lucchesi\*\*

Alice Pacheco Oliveira\*\*\*

**Resumo:** A presente investigação visa a analisar a edição genética sob a ótica do princípio da solidariedade intergeracional, próprio da sustentabilidade, a partir do *case* dos bebês chineses nascidos em 2018 com DNA editado por meio da tecnologia *CRISPR-Cas9*. Com base neste pressuposto, bem como nos princípios constitucionais da solidariedade e do meio ambiente ecologicamente equilibrado, examina-se o biodireito aplicado à edição genética humana. A pesquisa foi baseada no método hermenêutico jurídico ontológico, desenvolvido via estudo exploratório descritivo, com apontamento detalhado do *case*, do conceito de edição genética, dos princípios constitucionais e ambientais sob o manto da sustentabilidade, culminando na crítica constitucional decorrente da dignidade humana das gerações futuras.

**Palavras-chave:** Biodireito; *CRISPR-Cas9*; edição genética; solidariedade intergeracional; sustentabilidade.

**Abstract:** The present research aims to analyze gene editing from the perspective of the principle of intergenerational solidarity, inherent to sustainability, based on the case of Chinese babies born in 2018 with DNA edited by means of *CRISPR-Cas9* technology. Based on this assumption, as well as on the constitutional principles

\* Doutor em Direito Público pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS. Mestre em Direito Ambiental e Novos Direitos pela Universidade de Caxias do Sul – UCS. Especialista em Direito Civil Contemporâneo pela UCS. Professor do Programa de Doutorado e Mestrado em Direito da UCS. LGPD Advisor. Sócio-fundador da Acta Tech Law. Endereço eletrônico: lfdrhorn@ucs.br.

\*\* Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade de Caxias do Sul – UCS. Especialista em Direito do Consumidor e Direitos Fundamentais pela UFRGS. Advogado. E-mail: maximiliano@lucchesiadogados.com.br.

\*\*\* Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade de Caxias do Sul – UCS. Advogada. E-mail: apoliveira7@ucs.br.

Artigo submetido por professor do Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade de Caxias do Sul (UCS), em caráter especial, neste volume.

of solidarity and the ecologically balanced environment, the bio-law applied to human genetic editing is examined. The research was based on the ontological legal hermeneutic method, developed via a descriptive exploratory study, with detailed notes on the case, the concept of genetic editing, the constitutional and environmental principles under the mantle of sustainability, culminating in the constitutional criticism arising from the human dignity of future generations.

**Keywords** Biolaw; CRISPR-Cas9; genetic editing; intergenerational solidarity; sustainability.

## Introdução

Em meados de 2018, uma equipe da Universidade de Ciências e Tecnologia do Sul, localizada na cidade chinesa de Shenzhen, anunciou que estava selecionando casais para criar bebês sem o gene CCR5, o que os tornaria resistentes às doenças como o HIV, varíola ou cólera. Assim, em novembro de 2018, a comunidade científica recebeu a notícia do nascimento de gêmeas com o DNA modificado pelo médico chinês He Jiankui, cujo experimento fora realizado na Universidade de Ciências e Tecnologia do Sul.<sup>4</sup>

A tecnologia empregada por He Jiankui na edição dos genes dos bebês chineses foi o *CRISPR-Cas9* (do inglês: *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats e CRISPR Associated Protein-9*). A revolucionária ferramenta biotecnológica rendeu o prêmio Nobel de Química de 2020 para Emmanuelle Charpentier e Jennifer Doudna, sendo que a última já havia recusado o pedido do próprio He Jiankui para atuar em seu laboratório como pesquisador visitante por justamente “[...] não parecer interessado nas questões éticas envolvidas nas edições de gene em embriões”, visão que era compartilhada por outros cientistas e entusiastas do *CRISPR-Cas9*.<sup>5</sup>

Entretanto, a Universidade de Ciências e Tecnologia do Sul divulgou que o cientista teria conduzido o trabalho na proteína CCR5 sem o conhecimento da instituição, o que culminou no encaminhamento do caso às autoridades chinesas.

---

<sup>4</sup> PERELMUTER, Guy. *Futuro presente: o mundo movido à tecnologia*. Jaguaré/SP: Companhia Editora Nacional, 2019. p. 89.

<sup>5</sup> KAKU, Michio. *O futuro da humanidade: Marte, viagens interestelares, imortalidade e nosso destino para além da Terra*. Tradução de Jaime Baggio. São Paulo: Planeta, 2019. p. 224. NOBEL de química 2020 vai para Emmanuelle Charpentier e Jennifer Doudna pelo desenvolvimento do CRISPR, método de edição do genoma. *Ciência e Saúde*. Disponível em: <https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2020/10/07/nobel-de-quimica-2020-vai-para-emmanuelle-charpentier-e-jennifer-a-doudna.ghtml>. Acesso em: 10 jul. 2021. ISAACSON, Walter. *A decodificadora: Jennifer Doudna, edição de genes e o futuro da espécie humana*. Tradução de Rogério W. Galindo e Rosiane Correia de Freitas. 1ª ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2021. p. 322.

Como resultado, He Jiankui foi condenado a três anos de prisão e ao pagamento de multa de três milhões de yuanes (cerca de R\$ 1,73 milhão).<sup>6</sup>

A notícia do nascimento dos bebês chineses com o DNA editado – que ficaram conhecidos como os bebês *CRISPR* –, consagrou o advento da biotecnologia e impactou enormemente a comunidade científica e o mercado. Também deu início a uma série de questionamentos no tocante aos limites da intervenção humana na natureza, visto que esse avanço tecnológico possui potencial para mudar o futuro da humanidade em termos de espécie, a partir da meta original de conjugação entre saúde e tecnologia.<sup>7</sup>

Diante disso, as possibilidades científicas e econômicas multiplicaram-se exponencialmente diante de um mercado consumidor global promissor que atingiu cifras em torno de 10 trilhões de dólares no ano de 2017. Valores esses que são superiores ao produto interno bruto de países como Japão, Alemanha e Canadá somados. Todavia, a literal mercantilização da natureza humana está passando por um processo de racionalização e reapropriação social diante do fato de que a biotecnologia e a engenharia genética sobrepuseram o até então processo evolutivo natural.<sup>8</sup>

As pesquisas desenvolvidas na área de biotecnologia revelaram que a individualização em padrões customizados é “[...] uma das palavras-chave para o futuro da Medicina [...]”, pois as respostas para todas as demandas médicas estariam presentes nos genes de cada pessoa, levando o mercado a investir pesadamente nesse novo nicho, ao qual Habermas denominou de *eugenia liberal* justamente por não existir a intervenção por parte do Estado.<sup>9</sup>

---

<sup>6</sup> O dilema ético envolvendo a criação de bebês geneticamente editados. *Ciência e Saúde*. Disponível em: <https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2018/11/30/o-dilema-etico-envolvendo-a-criacao-de-bebes-geneticamente-editados.ghtml>. Acesso em: 26 set. 2021.

<sup>7</sup> ISAACSON, Walter. *A decodificadora*: Jennifer Doudna, edição de genes e o futuro da espécie humana. Tradução de Rogério W. Galindo e Rosiane Correia de Freitas. 1ª ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2021. p. 315. PERELMUTER, Guy. *Futuro presente*: o mundo movido à tecnologia. Jaguaré/SP: Companhia Editora Nacional, 2019. p. 81. DARWIN, Charles. *A origem das espécies*. Tradução Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2018. p. 64.

<sup>8</sup> PERELMUTER, Guy. *Futuro presente*: o mundo movido à tecnologia. Jaguaré/SP: Companhia Editora Nacional, 2019. p. 81. LEFF, Enrique. *Saber ambiental*: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Tradução de Lúcia Mathilde Endlich Orth. 11ª ed. Petrópolis: Vozes, 2015. p. 317.

<sup>9</sup> PERELMUTER, Guy. *Futuro presente*: o mundo movido à tecnologia. Jaguaré/SP: Companhia Editora Nacional, 2019. p. 82. HABERMANS, Jürgen. *O futuro da natureza humana*: a caminho de uma eugenia liberal. Tradução de Karina Jannini. Revisão de tradução de Eurides Avance de Souza. São Paulo: Martins Fortes, 2004. p. 108.

Exemplo disso é a empresa *23 and Me*, a qual oferece testes genéticos capazes de detectar se o paciente tem alguma tendência ou pré-disposição a desenvolver determinadas doenças durante a vida. A empresa leva o número 23 em seu nome em razão dos vinte e três pares de cromossomos presentes nas células dos seres humanos. O teste genético da *23 and Me* foi eleito *Inovação* do ano pela revista Time em 2008, pois oportunizou ao consumidor conhecer o seu código genético, bem como quem eram seus ancestrais e quais distúrbios poderá desenvolver no futuro.<sup>10</sup>

As empresas de edição de DNA tornaram-se economicamente viáveis graças ao *custo por genoma*, cujos gastos diminuíram muito mais rápido do que a expectativa trazida pela Lei de Moore, principalmente quando medidos de 2001 a 2017, período em que os custos caíram de cem milhões de dólares para tão somente mil dólares. O mercado de edição de genomas cresce a cada ano, chegando a ter uma estimativa de atingir oito bilhões de dólares no ano de 2025, segundo o relatório publicado pela *Grand View Research*, no ano de 2017.<sup>11</sup>

Entretanto, concomitantemente ao desenvolvimento da biotecnologia, tanto pela comunidade científica quanto pelo mercado, no campo da edição do genoma, surgem “[...] imagens negativas objetivamente empregadas de utopia”, os chamados riscos, éticos e existenciais, decorrentes da criação de novos códigos genéticos para os seres humanos, apesar dos possíveis benefícios obtidos por meio dessa nova tecnologia quando esta estiver definitivamente dominada. Alarcón assim se refere a respeito dos riscos da edição genética:<sup>12</sup>

[...] não há como predizer os efeitos no genoma desse tipo de alterações, e ainda, mesmo que se tenha certeza quanto à introdução do gene, existem riscos próprios da imprevisibilidade e complexidade do sistema não explorado suficientemente pela Ciência.<sup>13</sup>

---

<sup>10</sup> DAVIES, Kevin. *Decifrando o genoma: a corrida para desvendar o DNA humano*. São Paulo: Companhia das Letras, 2011. p. 13.

<sup>11</sup> PERELMUTER. Guy. *Futuro presente: o mundo movido à tecnologia*. Jaguaré/SP: Companhia Editora Nacional, 2019. p. 86-87. A lei de Moore teria surgido no ano 1965 por meio de um conceito de autoria de Gordon Earl Moore. A lei diz que “o poder de processamento dos computadores (entenda computadores como a informática geral, não os computadores domésticos) dobraria a cada 18 meses”. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/curiosidade/701-o-que-e-a-lei-de-moore-.htm>. Acesso em: 10 jul. 2021.

<sup>12</sup> BECK, Ulrich. *Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade*. Tradução Sebastião Nascimento. 2ª ed. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 34. PERELMUTER. Guy. *Futuro presente: o mundo movido à tecnologia*. Jaguaré/SP: Companhia Editora Nacional, 2019. p. 86.

<sup>13</sup> LORAALARCÓN, Pietro de Jesus. *Patrimônio genético humano e sua proteção na Constituição Federal de 1988*. São Paulo: Editora Método, 2004. p. 299.

O real impacto do risco enquanto argumento encontra-se na ameaça projetada para o futuro, precisamente na possibilidade de destruição ou desaparecimento do código genético original, que apesar de ainda não ocorrerem, são iminentes e, portanto, já são reais hoje. Tais riscos devem ser considerados, pois podem levar à aniquilação da vida inteligente no planeta ou restringi-la drasticamente e definitivamente.<sup>14</sup>

Da mesma forma, o uso da biotecnologia pode conduzir a humanidade a um novo estado existencial tão diverso do seu estado atual que pode levá-la a não mais se reconhecer, causando uma verdadeira ruptura em sua linha evolucionária natural e resultando no chamado pós-humanismo ou trans-humanismo. A civilização pós-humana tenderia a evoluir numa direção lenta, porém irreduzível, com possibilidade de desaparecimento dos valores atribuídos às coisas ou ao estado de percepção que se tem das coisas que identificaram a espécie humana por milênios.<sup>15</sup>

Assim, a sociedade de risco obriga novos deveres que a doutrina tradicional não poderia conceber, como a preocupação para com o futuro, surgindo aí a necessidade de positividade de regras capazes de propiciar o desenvolvimento biotecnológico sustentável por meio de uma “[...] normatização de permissões de condutas médico-científicas e a imposição de sanções aplicadas quando do descumprimento das normas prescritas [...]”. Essa necessidade dá origem ao ramo do direito chamado de biodireito, que juntamente com a bioética e o direito ambiental, tem como objetivo “[...] manter a integridade e a dignidade da pessoa humana diante do progresso, benéfico ou não, das conquistas científicas em favor da vida”.<sup>16</sup>

Tendo em vista as questões surgidas pela manipulação artificial do genoma humano, o biodireito pode ser entendido como a reunião de regras espalhadas pelos diferentes ramos do direito, que segundo Iacomini:

[...] tem por objeto regular as atividades e relações desenvolvidas pelas biociências e biotecnologias, como o fim de manter a integridade e a dignidade da pessoa

---

<sup>14</sup> BECK, Ulrich. *Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade*. Tradução Sebastião Nascimento. 2ª ed. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 34-40. WALLACE-WELLS, David. *A terra inabitável: uma história do futuro*. Tradução Cássio Leite. 1ª ed. São Paulo: Companhia das letras, 2019. p. 212.

<sup>15</sup> WALLACE-WELLS, David. *A terra inabitável: uma história do futuro*. Tradução Cássio Leite. 1ª ed. São Paulo: Companhia das letras, 2019. p. 212.

<sup>16</sup> BECK, Ulrich. *Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade*. Tradução Sebastião Nascimento. 2ª ed. São Paulo: Editora 34, 2011. p. 10. CONSTANTINOV, Givanildo Nogueira. *Terapia Gênica: análise à luz da constitucionalização do direito privado*. Curitiba: Juruá, 2020. p. 73. IACOMINI, Vanessa. *Biodireito e o combate à biopirataria*. Curitiba: Juruá, 2009. p. 44.

humana diante do progresso, benéfico ou não, das conquistas científicas em favor da vida.<sup>17</sup>

O biodireito tem outra função, não menos importante, que é limitar a atuação dos agentes desenvolvedores de biotecnologia. Nessa linha, pode ser encontrada na sustentabilidade uma nova égide capaz de alçar o avanço das tecnologias aplicadas à saúde humana a um novo patamar conceitual, tanto nas pesquisas isoladas quanto nas pesquisas corporativas, pois qualifica o desenvolvimento tecnológico ao remetê-lo e limitá-lo aos parâmetros do dever intergeracional e prospectivo da solidariedade. Trata-se de preservar a resiliência dos sistemas naturais e humanos tendo em vista que a tecnologia de edição genética inerentemente está assentada na mudança do que é natural.<sup>18</sup>

Assim, a sustentabilidade surge como um balizador do biodireito quando este tratar das questões envolvendo a edição genética, em virtude da prescrição de um novo parâmetro à ordem jurídica, eis que cria novos e inovadores modelos jurídicos, com reflexos no Direito em geral e, especialmente, no Direito Constitucional e no Direito Ambiental.<sup>19</sup>

A questão da edição genética humana é considerada por autores como Bobbio um direito fundamental de quarta geração, por entender que os direitos fundamentais das gerações anteriores não atendem às exigências para se viver em um mundo livre da poluição, fruto da modificação do “[...] patrimônio genético de cada indivíduo”.<sup>20</sup>

De outro lado, autores como Bonavides consideram a existência de cinco gerações de direitos fundamentais:

Tão característico e idôneo quanto a liberdade o fora em relação aos da primeira geração, a igualdade aos da segunda, a democracia aos da quarta e doravante a paz há de ser com respeito aos da quinta.<sup>21</sup>

Entretanto, como no caso dos bebês *CRISPR*, os efeitos da edição genética ocorreram em uma geração não nascida, a qual não exerceu o seu direito de consentimento ou não em relação à modificação do seu patrimônio genético.

<sup>17</sup> IACOMINI, Vanessa. *Biodireito e o combate à biopirataria*. Curitiba: Juruá, 2009. p. 44

<sup>18</sup> RIBEIRO, Alfredo Rangel. *Direito do consumo sustentável*. 1ª ed. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2018. p. 224.

<sup>19</sup> *Ibid.*, p. 226.

<sup>20</sup> BOBBIO, Norberto. *A era dos direitos*. Tradução de Carlos Nelson Coutinho. 7ª reimp. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. p. 9.

<sup>21</sup> BONAVIDES, Paulo. A quinta geração de direitos fundamentais. *Revista Brasileira De Direitos Fundamentais & Justiça*, 2(3), v. 2, n. 3, abr/jun 2008. p. 82-93. Disponível em <http://dfj.emnuvens.com.br/dfj/article/view/534>. Acesso em: 05 fev. 2022. p. 85.

Tendo, assim, o consentimento do experimento genético ficado a cargo de terceiros – os pais –, a presente pesquisa tratou o tema pela ótica da sustentabilidade e da proteção da dignidade das futuras gerações enquanto conceito autônomo, ambas calcadas no princípio da solidariedade, direito fundamental de terceira geração.

Diante desse quadro, utilizando-se do método analítico de abordagem dialética, por meio de um estudo exploratório descritivo e sob a ótica da doutrina especializada na área, buscar-se-á responder à seguinte questão norteadora: em que medida a Constituição Federal de 1988 pode propiciar as balizas ao biodireito? Seria com base na solidariedade intergeracional, alçada pelo princípio constitucional da sustentabilidade, quando aplicado à edição genética humana desenvolvida pela iniciativa privada em pesquisas isoladas ou corporativas? A busca de resposta à presente indagação é que orientou a investigação e é contemplada nos próximos escritos.

## 1. Tecnologia de edição genética

Sem sombra de dúvidas, um dos maiores flagelos da humanidade são os diversos tipos de doenças que assolam a pessoa, seja no seu sofrimento individual ou de comunidades, populações inteiras, até mesmo da espécie humana como um todo, a exemplo da pandemia causada pelo vírus da COVID-19.

A humanidade não mede esforços quando se trata da cura das doenças, principalmente no campo das ciências médicas. O Projeto Genoma Humano (*Human Genome Project*), por exemplo, foi custeado pelo governo dos Estados Unidos e demandou aproximadamente 5,5 bilhões de dólares de 1990 a 2003, revelando o segredo da vida ao sequenciar os 23 (vinte e três) pares de cromossomos do ser humano, analisando cerca de 20.000 (vinte mil) genes e ordenando mais de 3.000.000.000 (três bilhões) de pares de bases A, T, C e G. Na época em que foi anunciado publicamente o sucesso do sequenciamento do genoma humano, o então presidente dos Estados Unidos, Bill Clinton, declarou: “É o mapa mais importante e surpreendente jamais conseguido pela humanidade”, dada a grande importância científica da descoberta, posto que o acesso a esses “mapas” pelos cientistas permite entender como os seres humanos são criados por esses códigos ou como as doenças se desenvolvem.<sup>22</sup>

O desenvolvimento de tecnologias inovadoras reduziu drasticamente os custos do sequenciamento do genoma humano, fazendo com que a iniciativa privada se

---

<sup>22</sup> CLINTON anuncia a decodificação do genoma humano. *Folha de São Paulo*. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/folha/mundo/ult94u2748.shtml>. Acesso em: 21 jul. 2021.

voltasse para esse novo nicho de mercado, como a empresa de testes genéticos *23 and Me*, já referida anteriormente.<sup>23</sup>

Entretanto, uma grande inovação fora desenvolvida na área da biotecnologia – senão a maior até o momento –, que desencadeou uma revolução na biologia molecular e passou a desafiar os limites do que se imaginava possível a partir da descoberta do poder da tecnologia de manipulação de genes: *CRISPR-Cas9*. A tecnologia nasceu a partir da observação dos mecanismos desenvolvidos por bactérias para sobrepor ataques de vírus que eram reconhecidos como ameaças ao identificar fragmentos do material genético do invasor, cortando-o precisamente em um ponto específico e, assim, neutralizando a infecção.<sup>24</sup>

Essa grande inovação biotecnológica é denominada *CRISPR-Cas9*, um acrônimo do inglês “*Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats e CRISPR Associated Protein-9*”, que na tradução livre para a língua portuguesa seria: “curtas repetições palindrômicas regularmente inter-espaçadas” e agrupadas e proteína associada-9. A tecnologia funciona como uma espécie de bisturi molecular programável que pode controlar onde ocorrerá a mudança na sequência de DNA e que quando acionado entra em posição e corta o gene, introduzindo uma nova sequência artificialmente.<sup>25</sup>

Trata-se de uma tecnologia revolucionária que pode evitar erros genéticos – molécula que pode alterar outros três bilhões de letras de DNA – e permite que os cientistas entrem no DNA, removam ou substituam uma parte do código genético do organismo, de uma forma semelhante a um editor de programa de texto onde se pode copiar, editar e colar o DNA, reescrevendo assim o *código da vida*. A tecnologia *CRISPR-Cas9* viabiliza aos cientistas regenerar qualquer órgão, membros ou tecidos, além de reparar ou corrigir mutações, reparar genes danificados, curar doenças como Alzheimer precoce, fibrose cística, anemia falciforme, distrofia muscular, dentre diversas outras.<sup>26</sup>

Contudo, o *CRISPR-Cas9* representa, ao mesmo tempo, uma grande promessa e uma grande responsabilidade face ao seu potencial, eis que busca responder onde o ser humano surge em termos de DNA, reúne todas essas informações acerca

---

<sup>23</sup> PERELMUTER, Guy. *Futuro presente: o mundo movido à tecnologia*. Jaguaré/SP: Companhia Editora Nacional, 2019. p. 86.

<sup>24</sup> KAKU, Michio. *O futuro da humanidade: Marte, viagens interestelares, imortalidade e nosso destino para além da Terra*. Tradução de Jaime Baggio. São Paulo: Planeta, 2019. p. 224.

<sup>25</sup> *Ibid.*, p. 224.

<sup>26</sup> ISAACSON, Walter. *A decodificadora: Jennifer Doudna, edição de genes e o futuro da espécie humana*. Tradução de Rogério W. Galindo e Rosiane Correia de Freitas. 1ª ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2021. p. 153.



do genoma, o que ampliou a visão sobre os mecanismos que a evolução utilizou para criar os seres humanos.

Ocorre que a edição genética proporcionada pela tecnologia *CRISPR-Cas9* atinge a linha germinativa de toda a descendência do indivíduo que sofreu a alteração artificial do seu genoma, posto que a “[...] modificação genética é passada às gerações futuras [...]”, e ser o gene a unidade responsável pela hereditariedade. A edição genética de linha germinativa transfere as novas características à prole, pois altera os espermatozoides e os óvulos e, conseqüentemente, toda a descendência do indivíduo passa a herdar o gene modificado.<sup>27</sup>

O mundo liberto pelo poder do *CRISPR-Cas9* pode ser ilimitado, mas para cada promessa utópica de erradicar doenças, aperfeiçoar o ser humano e produzir remédios miraculosos, há uma outra versão distópica: arrogância humana no sentido de ir longe demais e passar dos limites, visto que as modificações da linhagem germinativa (espermatozoides e óvulos) transferidas para as futuras gerações geram enormes implicações consideráveis que devem ser analisadas com cuidado.

O alto grau da tecnologia alcançado pelo *CRISPR-Cas9* na edição do genoma de linha germinativa poderá alterar toda a herança genética da espécie humana, gerando uma infinidade de ramificações genéticas, assim como as sementes transgênicas lançadas indiscriminadamente no meio ambiente proporcionam a propagação de novas espécies em todo o mundo e podem mudar o ecossistema causando enorme impacto nas futuras gerações.<sup>28</sup>

Assim como em todo experimento científico, a imprevisibilidade é uma constante, não se podendo antecipar quais as conseqüências da edição genética – principalmente na linha germinal –, que pode ser propensa a erros, potenciais causadores de problemas significativos para a segurança ambiental, precisamente para o código genético humano em termos de espécie. A imprevisibilidade científica coloca pessoas e ecossistemas inteiros em risco, posto que a engenharia genética pode afetar diferentes áreas da vida, tais como insetos, animais, armas biológicas, alimentos e produtos farmacêuticos.

As pesquisas científicas acontecem rápido, normalmente mais rápido do que o direito positivado possa acompanhar. Na engenharia genética, mais especifi-

---

<sup>27</sup> SÁ, Maria de Fátima Freira de; NAVES, Bruno Torquato de Oliveira. *Bioética e biodireito*. 4ª ed. Belo Horizonte: Del Rey, 2018. p. 284. KAKU, Michio. *O futuro da humanidade: Marte, viagens interestelares, imortalidade e nosso destino para além da Terra*. Tradução de Jaime Baggio. São Paulo: Planeta, 2019. p. 225

<sup>28</sup> KAKU, Michio. *O futuro da humanidade: Marte, viagens interestelares, imortalidade e nosso destino para além da Terra*. Tradução de Jaime Baggio. São Paulo: Planeta, 2019. p. 225.

camente, pode acontecer qualquer coisa e não há como prever as consequências, o que coloca em risco as futuras gerações que, diante desse quadro de incerteza, tornam-se vulneráveis a possíveis danos que podem ser irreversíveis.

A preocupação com as futuras gerações da espécie humana, juntamente com o compromisso da sociedade para com a sustentabilidade em seu sentido mais amplo, faz com que o biodireito se socorra desses dois princípios constitucionais na tentativa de balizar a normatização por meio da solidariedade intergeracional, como explicado na sequência.

## 2. Sustentabilidade aplicada na edição gênica

A sustentabilidade, apesar de banalizada pelos modismos do mercado que busca qualificar ecologicamente seus produtos para que sejam mais facilmente aceitos pela sociedade consumidora, impõe-se diante das infinitas possíveis consequências oriundas da tecnologia de edição gênica como um meio viável de “[...] assegurar, hoje, o bem-estar, próprio e alheio, no futuro”. Anastas e Warner, precursores da chamada *Green Chemistry* (Química Verde em tradução livre) referem sustentabilidade como “[...] *the ability to maintain the development of the quality of life while not compromising the ability of our progeny to do the same.*”<sup>29</sup>

A preocupação com as consequências futuras das tecnologias desenvolvidas no presente levou a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU (Organização da Nações Unidas) a pesquisar sobre o tema cujo resultado foi publicado em 1987 com o título *Nosso Futuro Comum* (tradução livre de *Our Common Future*), também chamado de *Relatório Brundtland*, em homenagem à primeira-ministra norueguesa Gro Harlem Brundtland, responsável pela elaboração do estudo.<sup>30</sup>

A conclusão do *Relatório Brundtland* foi no sentido da urgente implementação do desenvolvimento sustentável na agenda ambiental da humanidade sob pena do esgotamento dos recursos naturais em breve. Para tanto, restou definido que o desenvolvimento sustentável é “[...] aquele que atende as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem as suas necessidades e aspirações [...]” ou, nas palavras de Leff, desenvolvimento

---

<sup>29</sup> FREITAS, Juarez. *Sustentabilidade: direito ao futuro*. 4ª ed. Belo Horizonte: Fórum, 2019. p. 46. ANASTAS, Paul T., WARNER, Jonh C. *Green chemistry: theory and practice*. New York: Oxford University Press Inc., 1998. p. 46. Tradução livre: “a capacidade de manter o desenvolvimento da qualidade de vida sem comprometer a capacidade de nossa progênie de fazer o mesmo”.

<sup>30</sup> BOFF, Leonardo. *Sustentabilidade: o que é: o que não é*. 5ª ed. rev. e ampl. Petrópolis: Vozes, 2016. p. 36.

sustentável é “[...] um processo que permite satisfazer as necessidades da população atual sem comprometer a capacidade de atender as futuras gerações”.<sup>31</sup>

A necessidade inadiável de um desenvolvimento sustentável trazido pelo *Relatório Brundtland* em 1987, “[...] colocou o ser humano no centro dos seus objetivos, propondo entre suas metas a qualidade de vida e o desenvolvimento pleno de suas potencialidades”.<sup>32</sup>

Recentemente, o desenvolvimento sustentável desdobrou-se em sustentabilidade que, no seu viés forte, traduz-se como o entendimento de que os recursos naturais não são substituíveis, devendo haver garantias às gerações futuras de iguais condições de acesso, em termos de ecossistema. Nessa linha, desprezando-se, portanto, a ideia da compensação da depreciação ambiental pelo aumento do conhecimento (capital humano) e das tecnologias (capital manufaturado).<sup>33</sup>

Assim, a fortíssima carga axiológica do vocábulo *sustentabilidade* o legitima como um novo valor emergente da pós-modernidade, como pontua Freitas, por ser um valor jurídico em construção semântica, cuja significação vem sendo alargada para se amoldar aos novos enfrentamentos que o desenvolvimento tecnológico impõe à sociedade e aos Estados socioambientais.<sup>34</sup>

Desde a publicação do *Relatório Brundtland* até os dias atuais, a sustentabilidade ganhou novos contornos que alargaram muito o seu significado enquanto conceito, tornando-se um princípio constitucional para os Estados socioambientais, como restou bem delineado por Freitas, que assim a definiu nos seguintes termos:

Nessa perspectiva, eis o conceito proposto para o princípio da sustentabilidade: trata-se do princípio constitucional que determina, com eficácia direta e imediata, a responsabilidade do Estado e da sociedade pela concretização solidária do desenvolvimento material e imaterial, socialmente inclusivo, durável e equânime, ambientalmente limpo, inovador, ético e eficiente, no intuito de assegurar preferencialmente de modo preventivo e precavido, no presente e no futuro, o direito ao bem-estar.<sup>35</sup>

---

<sup>31</sup> RIBEIRO, Alfredo Rangel. *Direito do consumo sustentável*. 1ª ed. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2018. p. 223. LEFF, Enrique. *Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder*. Tradução de Lúcia Mathilde Endlich Orth. 11ª ed. Petrópolis: Vozes, 2015. p. 19.

<sup>32</sup> LEFF, Enrique. *Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder*. Tradução de Lúcia Mathilde Endlich Orth. 11ª ed. Petrópolis: Vozes, 2015. p. 311.

<sup>33</sup> RIBEIRO, Alfredo Rangel. *Direito do consumo sustentável*. 1ª ed. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2018. p. 221-222.

<sup>34</sup> *Ibid.*, p. 225.

<sup>35</sup> FREITAS, Juares. *Sustentabilidade: direito ao futuro*. 4ª ed. Belo Horizonte: Fórum, 2019. p. 45.

A solidariedade intergeracional, nascida da necessidade de proteger as futuras gerações da raça humana, é um dos elementos essenciais da sustentabilidade por promover justiça entre as gerações, visto serem ambas titulares de direitos fundamentais. Como pontua Freitas:

No conceito proposto, encontram-se reunidos elementos essenciais para a sustentabilidade, a saber: (1) a natureza de princípio constitucional diretamente aplicável, (2) a eficácia (encontro de resultados justos, não mera aptidão para produzir efeitos jurídicos), (3) a eficiência (o uso de meios idôneos), (4) o ambiente limpo (descontaminado e saudável), (5) a probidade (inclusão explícita da dimensão da ética), (6) a prevenção (dever de evitar danos certos, individuais e coletivos), (7) a precaução (dever de evitar danos altamente prováveis), (8) a solidariedade intergeracional, com o reconhecimento de direitos fundamentais das gerações presentes e futuras, (9) a responsabilidade do Estado e da sociedade e (10) o bem-estar (acima das necessidades materiais).<sup>36</sup>

Assim, a sustentabilidade na condição de “[...] princípio gerador de obrigações pluridimensionais [...]” e concebida como princípio constitucional, estatui com eficácia direta e imediata o “[...] reconhecimento da titularidade dos direitos daqueles que ainda não nasceram [...]”, criando um novo paradigma axiológico no sistema jurídico-político ao atribuir a solidariedade a uma geração de seres humanos que ainda não existem. Essa visão é trazida por Pureza ao referir que a humanidade precisa pensar a solidariedade global num sentido transespacial e transtemporal, de modo que as gerações atuais desenvolvam ações no presente tendo sempre a preocupação com as consequências que atingirão a gerações futuras.<sup>37</sup>

Tal premissa vem ao encontro do entendimento de Rawls, ao afirmar que apesar de as gerações não estarem subordinadas entre si, bem como não terem exigências maiores entre ambas, os seres humanos de diferentes gerações têm obrigações e deveres comuns entre si, o que serve como novo fundamento para balizar a ordenação coercitiva do biodireito para normatizar as pesquisas e desenvolvimento das tecnologias de edição genética. Segundo o autor referido, esse seria o princípio da justiça intergeracional, em que a geração atual está condicionada a uma preocupação para com os impactos que os seres humanos do futuro irão experimentar. Dito de outro modo, as gerações atuais têm responsabilidade com a futuras gerações.<sup>38</sup>

<sup>36</sup> FREITAS, Juarez. *Sustentabilidade: direito ao futuro*. 4ª ed. Belo Horizonte: Fórum, 2019. p. 45.

<sup>37</sup> FREITAS, Juarez. *Sustentabilidade: direito ao futuro*. 4ª ed. Belo Horizonte: Fórum, 2019. P. 26. Ibid., p. 36. PUREZA, José Manuel. *O patrimônio comum da humanidade: rumo a um direito internacional da solidariedade?* Porto: Edições Afrontamentos, 1998. p. 49.

<sup>38</sup> RAWLS, John. *Uma teoria da justiça*. Tradução Carlos Pinto Correia. Lisboa: Editorial

A proteção das gerações futuras, por intermédio da solidariedade intergeracional, então oriunda da sustentabilidade, foi positivada na esfera constitucional brasileira pelo art. 225, *caput*. Sua conjugação alinhada ao art. 3º, inciso I, também da CF/1988, eleva os bens tutelados pelo biodireito à condição de direito fundamental, tendo todos os referidos artigos o objetivo de garantir a dignidade da pessoa humana prevista no art. 1º, III, da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.<sup>39</sup>

Assim, materializados os princípios da solidariedade intergeracional e da proteção das futuras gerações na legislação pátria, adentra-se na sua repercussão para o biodireito a partir do tópico seguinte.

### **3. Biodireito e a solidariedade intergeracional na constituição federativa do Brasil de 1988**

O princípio da solidariedade no Estado Socioambiental busca reequacionar as responsabilidades quando da tutela dos direitos fundamentais entre sociedade e Estado. Ainda, busca alicerçar “[...] novos pilares constitucionais ajustados à nova realidade e desafios existenciais postos no espaço histórico-temporal contemporâneo”. A solidariedade pode ser assim definida:<sup>40</sup>

A solidariedade expressa a necessidade fundamental de coexistência do ser humano em um corpo social, formatando a teia de relações intersubjetivas e sociais que se traçam no espaço da comunidade estatal. [...] o plano jurídico-normativo tal compreensão, como pilar fundamental à construção de uma sociedade e de Estado de Direito guardiões dos direitos fundamentais de todos os seus integrantes, sem exclusões [...].<sup>41</sup>

Por outro lado, a solidariedade como direito e dever fundamental assume cada vez mais centralidade no papel de garantia de uma vida digna e saudável das gerações presentes e futuras. A dimensão da dignidade humana passou do indivíduo para a coletividade humana, solidariedade planetária, bem como transpôs-se na perspectiva temporal que passou a abranger as futuras gerações de seres humanos ainda não nascidos. Trata-se, portanto, de direito de terceira dimensão, no qual o direito ao ambiente alçou a condição de direito fundamental – formal e material – com alicerce normativo-axiológico no princípio (e dever) da solidariedade,

---

Presença, 1993. p. 100.

<sup>39</sup> ROCHA, Renata da. *Fundamentos do Biodireito*. Salvador: Editora Juspodivm, 2018. p. 171.

<sup>40</sup> FENSTERSEIFER, Tiago. *Direitos fundamentais e proteção do meio ambiente: a dimensão ecológica da dignidade humana no marco jurídico constitucional do estado socioambiental de direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2008. p. 112-113.

<sup>41</sup> *Ibid.*, p. 114.

cuja positivação encontra-se expressa no art. 3, I, da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988:<sup>42</sup>

Art. 3º Constituem objetivos fundamentais da República Federativa do Brasil:  
I – construir uma sociedade livre, justa e solidária

Dessa forma, a solidariedade, reconhecida como direito humano, no campo ambiental e no campo econômico, leva o ser humano a pensar e agir sempre considerando os impactos futuros relacionando-os à coletividade, tanto a atual como as futuras, como concluído pelo *Relatório Brundtland*. Não obstante, o texto constitucional é o ponto de partida para o direito ambiental, posto que o princípio constitucional solidariedade:<sup>43</sup>

[...] se irradia à seara ambiental, adquire viés prospectivo, impondo às pessoas (individual e coletivamente consideradas), aos agentes econômicos e ao poder público, em todos os níveis, como responsabilidade inerente à cidadania ambiental, o dever de proteção ecológica lastreado na ideia de sustentabilidade das atividades humanas.<sup>44</sup>

Entretanto, o princípio da solidariedade não exerce sua função sozinho, atuando em conjunto com outros valores e princípios existentes na ordem jurídica, destacando-se a justiça socioambiental, igualdade e dignidade da pessoa humana, cujo alargamento de seu sentido gera a chamada solidariedade intergeracional, apta a abranger a proteção das futuras gerações. A positivação da solidariedade intergeracional pode ser constatada no art. 225, *caput* da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988:<sup>45</sup>

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

Para Sarlet e Fensterseifer, o art. 225, *caput*, da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, consolidar-se-ia na dimensão ecológica de dignidade da pessoa humana, por ser a qualidade ambiental conteúdo normativo do princípio

---

<sup>42</sup> SARLET, Ingo Wolfgang; FENSTERSEIFER, Tiago. *Direito Constitucional Ambiental: constituição, direitos fundamentais e proteção ao ambiente*. 5ª ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2017. p. 47. *Ibid.*, p. 55.

<sup>43</sup> RIBEIRO, Alfredo Rangel. *Direito do consumo sustentável*. 1ª ed. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2018. p. 234.

<sup>44</sup> *Ibid.*, p. 235.

<sup>45</sup> FENSTERSEIFER, Tiago. *op. cit.*, p. 114.

da dignidade da pessoa humana para garantir o completo bem-estar social, previsto no art. 1º, III da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988:<sup>46</sup>

Art. 1º A República Federativa do Brasil, formada pela união indissolúvel dos Estados e Municípios e do Distrito Federal, constitui-se em Estado Democrático de Direito e tem como fundamentos:

[...]

III – a dignidade da pessoa humana

O art. 225, *caput*, da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, traz também outro ponto ligado à dimensão ecológica da dignidade humana: a assunção da dignidade das futuras gerações humanas. Tal reconhecimento amplia a dimensão temporal da dignidade dos seres humanos pertencentes às gerações futuras, cunhando-as como detentoras de vulnerabilidade, tendo em vista que seus direitos somente podem ser pleiteados por terceiros, no caso, as gerações atuais. Nesse sentido é a importante lição de Sarlet e Fensterseifer:<sup>47</sup>

O reconhecimento da dignidade das futuras gerações humanas, assim como da dignidade dos animais não humanos e da Natureza em si, surge como mais um elemento a formatar e ampliar a noção (e o alcance da proteção e reconhecimento pelo direito) de dignidade humana característica da tradição ocidental, especialmente desde Kant, e que nos tem servido como guia até o atual estágio do pensamento humano.[...] possibilitando, a partir de tal tomada de consciência, a nossa existência futura. Tudo isso encontra suporte constitucional no próprio *caput* do art. 225 da CF/1988, ao estabelecer que se impõe ao Poder Público e à coletividade o dever de defender e preservar o ambiente para as presentes e futuras gerações.<sup>48</sup>

O reflexo normativo do princípio da solidariedade intergeracional trazido pelo art. 225, *caput*, da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, desvela a carga de deveres atribuídos à geração presente, solidificando o reconhecimento da dignidade das vidas humanas.<sup>49</sup>

Ocorre que o art. 225, *caput* da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, em se tratando de direito fundamental de solidariedade, encontra-se atrelado ao regime jurídico de direito-dever, de modo que o tratamento normativo dispensado é de dever fundamental de proteção do meio ambiente e, portanto, de

<sup>46</sup> SARLET, Ingo Wolfgang; FENSTERSEIFER, Tiago. *Direito Constitucional Ambiental: constituição, direitos fundamentais e proteção ao ambiente*. 5ª ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2017. p. 58.

<sup>47</sup> *Ibid.*, p. 59-60.

<sup>48</sup> *Ibid.*, p. 61.

<sup>49</sup> FENSTERSEIFER, Tiago. *Direitos fundamentais e proteção do meio ambiente: a dimensão ecológica da dignidade humana no marco jurídico constitucional do estado socioambiental de direito*. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2008. p. 118.

aplicação direta e imediata, servindo de sustentáculo ao Biodireito em sua função limitadora da edição genética humana desenvolvida pela iniciativa privada em pesquisas isoladas ou corporativas. Trata-se uma espécie de *cláusula geral* de proteção ambiental, para a qual, segundo Sarlet e Fensterseifer, deve-se levar em consideração o princípio da solidariedade intrageracional e o princípio da solidariedade intergeracional.<sup>50</sup>

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, em seu art. 225, *caput*, juntamente com o art. 3º, I, oferecem ao Biodireito o lastro fundamental capaz de balizar o desenvolvimento das pesquisas no campo da edição genética humana desenvolvida pela iniciativa privada isoladamente ou por corporativas, servindo como “[...] mecanismo de freios e contrapesos intergeracionais”, posto que resultados e consequências inevitavelmente refletirão nas futuras gerações.<sup>51</sup>

Assim, o princípio da solidariedade intergeracional erigido no art. 225, *caput* da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, serve de *escudo protetor* da dignidade das pessoas humanas das futuras gerações em face das decisões de *mau uso* que a geração atual no campo das pesquisas da edição genética humana eventualmente possa fazer, em razão de que muitas escolhas científicas não são tomadas com vistas às consequências futuras, servindo, dessa forma, o biodireito como norte às questões advindas do desenvolvimento biotecnológico.<sup>52</sup>

## Conclusão

A edição genética é um tema novo, com pouca bibliografia sobre o assunto. Contudo, há urgência no seu debate, pois o mercado é muito rápido e dinâmico e não espera por decisões que não seguem o mesmo ritmo, posto que tecnologias de edição genética como o *CRISPR-Cas9*, cujo acesso é livre e ilimitado, podem abrir caminho para o uso inescrupuloso dos recursos genéticos.

O sentimento da comunidade científica é de urgência, necessidade, animação e até de empolgação diante das possibilidades da manipulação genética e dos produtos e serviços que poderão ser criados pelos desenvolvedores dessa nova tecnologia, pois cada vez mais cresce a quantidade de seres humanos que necessitam de algum auxílio médico.

---

<sup>50</sup> SARLET, Ingo Wolfgang; FENSTERSEIFER, Tiago. *Direito Constitucional Ambiental: constituição, direitos fundamentais e proteção ao ambiente*. 5ª ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2017. p. 263. *Ibid.*, p. 253.

<sup>51</sup> RAMOS JUNIOR, Dempsey Pereira. *Meio ambiente e conceito jurídico de futuras gerações*. Curitiba: Juruá, 2012. p. 368.

<sup>52</sup> *Ibid.*, p. 368.



O mercado, o Estado e os pesquisadores independentes, que representam a manifestação popular na busca da solução de demandas médicas, precisam de regulamentação e mais espaço para desenvolver a tecnologia da edição gênica para desenvolver a sociedade no sentido de erradicação de doenças e possíveis melhoramentos na espécie, sob pena de a tecnologia ficar restrita e ser dominada somente por grandes corporações, por terem como pagar os altos custos de desenvolvimento.

O tempo dirá se a tecnologia de edição genética se tornará legalmente e moralmente aceitável, bem como socialmente tolerável. Via de regra, quando uma novidade é colocada ao acesso do mercado, leva tempo para ser publicamente aceita, pois exige tempo para serem feitos os ajustes necessários para ter sucesso na sua assimilação e aceitação.

Nessa toada, a proteção da dignidade das pessoas humanas das futuras gerações, por meio do princípio constitucional da solidariedade intergeracional, deve nortear o Biodireito no balizamento do desenvolvimento da tecnologia de edição genética humana desenvolvida pela iniciativa privada em pesquisas isoladas ou corporativas, cujo dispositivo legal fora recepcionado na Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, pelo art. 225, *caput*, juntamente com o art. 3º, I.

A proteção da dignidade das pessoas humanas das futuras gerações tem a função primordial de evitar futuros nefastos da sociedade planetária, como Gattaca ou Admirável Mundo Novo, em que os seres humanos possuem seus genes editados para suprimir suas individualidades, atender a funções sociais pré-determinadas e potencializar habilidades pré-programadas.

Todavia, o tema está longe de conclusão definitiva diante das infinitas possibilidades que o *CRISPR-Cas9* trouxe para a edição gênica, surgindo questões como: As gerações futuras verão a edição genética como algo normal ou até necessário? As gerações futuras serão produzidas pela edição genética? Deve-se fazer a transição de um futuro determinado pela seleção natural para um futuro determinado pela engenharia genética?

Dessa forma, o enfrentamento dessas novas questões deve ser contemplado no presente, antes da aplicação da tecnologia de edição de genes nos seres humanos contemporâneos, pois as consequências futuras podem ser graves, irreversíveis e irremediáveis.

## Referências

ANASTAS, Paul T.; WARNER, Jonh C. **Green chemistry**: theory and practice. New York: Oxford University Press Inc., 1998.

BOBBIO, Norberto. **A era dos direitos**. Tradução de Carlos Nelson Coutinho. 7ª reimpr. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. Tradução Sebastião Nascimento. 2ª ed. São Paulo: Editora 34, 2011.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é: o que não é**. 5ª ed. rev. e ampl. Petrópolis: Vozes, 2016.

BONAVIDES, Paulo. A quinta geração de direitos fundamentais. **Revista Brasileira De Direitos Fundamentais & Justiça**, v. 2, n. 3, abr/jun 2008. p. 82-93. Disponível em: <http://dfj.emnuvens.com.br/dfj/article/view/534>. Acesso em: 05 fev. 2022.

CLINTON anuncia a decodificação do genoma humano. **Folha de São Paulo**. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/folha/mundo/ult94u2748.shtml>. Acesso em: 21 jul. 2021.

CONSTANTINOV, Givanildo Nogueira. **Terapia Gênica: análise à luz da constitucionalização do direito privado**. Curitiba: Juruá, 2020.

CORONAVIRUS DISEASE (COVID-19). **World Health Organization**. Disponível em: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>. Acesso em: 10 jul. 2021.

DARWIN, Charles. **A origem das espécies**. Tradução Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2018.

DAVIES, Kevin. **Decifrando o genoma: a corrida para desvendar o DNA humano**. São Paulo: Companhia das Letras, 2011.

FENSTERSEIFER, Tiago. **Direitos fundamentais e proteção do meio ambiente: a dimensão ecológica da dignidade humana no marco jurídico constitucional do estado socioambiental de direito**. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2008.

FREITAS, Juearez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 4ª ed. Belo Horizonte: Fórum, 2019.

GATTACA: a experiência genética. Direção: Andrew Niccol. Produção: Deny Devitto; Michael Shamberg; Stacey Sher. Intérpretes: Ethan Hawke; Uma Thurman; Jude Law; Gore Vidal; Xander Berkeley; Jayne Brook; Maya Rudolph; Una Damon; Elizabeth Dennehy; Blair Underwood; Mason Gamble. Los Angeles: produtora: Columbia Pictures, c1997. 1 DVD (106 min), widescreen, color.

HABERMANS, Jürgen. **O futuro da natureza humana: a caminho de uma eugenia liberal**. Tradução de Karina Jannini. Revisão de tradução de Eurides Avance de Souza. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

HUXLEY, Aldous Leonard. **Admirável Mundo Novo**. Tradução Vidal de Oliveira e Lino Vallandro. Porto Alegre: Globo, 1980.

IACOMINI, Vanessa. **Biodireito e o combate à biopirataria**. Curitiba: Juruá, 2009.

ISAACSON, Walter. **A decodificadora: Jennifer Doudna, edição de genes e o futuro da espécie humana**. Tradução de Rogério W. Galindo e Rosiane Correia de Freitas. 1ª ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2021.

KAKU, Michio. **O futuro da humanidade**: Marte, viagens interestelares, imortalidade e nosso destino para além da Terra. Tradução de Jaime Baggio. São Paulo: Planeta, 2019.

LEFF, Enrique. **Saber ambiental**: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. Tradução de Lúcia Mathilde Endlich Orth. 11ª ed. Petrópolis: Vozes, 2015.

LORA ALARCÓN, Pietro de Jesus. **Patrimônio genético humano e sua proteção na Constituição Federal de 1988**. São Paulo: Editora Método, 2004.

O DILEMA ético envolvendo a criação de bebês geneticamente editados. **Ciência e Saúde**. Disponível em: <https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2018/11/30/o-dilema-etico-envolvendo-a-criacao-de-bebes-geneticamente-editados.ghtml>. Acesso em: 26 set. 2020.

O QUE É A LEI DE MOORE. **Tecmundo**. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/curiosidade/701-o-que-e-a-lei-de-moore-.htm>. Acesso em: 21 jul. 2021.

NOBEL de Química 2020 vai para Emmanuelle Charpentier e Jennifer Doudna pelo desenvolvimento do CRISPR, método de edição do genoma. **Ciência e Saúde**. Disponível em: <https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2020/10/07/nobel-de-quimica-2020-vai-para-emmanuelle-charpentier-e-jennifer-a-doudna.ghtml>. Acesso em: 10 jul. 2021.

PERELMUTER, Guy. **Futuro presente**: o mundo movido à tecnologia. Jaguaré/SP: Companhia Editora Nacional, 2019.

PUREZA, José Manuel. **O patrimônio comum da humanidade**: rumo a um direito internacional da solidariedade? Porto: Edições Afrontamentos, 1998.

RAMOS JUNIOR, Dempsey Pereira. **Meio ambiente e conceito jurídico de futuras gerações**. Curitiba: Juruá, 2012.

RIBEIRO, Alfredo Rangel. **Direito do consumo sustentável**. 1ª ed. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2018.

RAWLS, John. **Uma teoria da justiça**. Tradução Carlos Pinto Correia. Lisboa: Editorial Presença, 1993.

ROCHA, Renata da. **Fundamentos do Biodireito**. Salvador: Editora Juspodivm, 2018.

SÁ, Maria de Fátima Freira de; NAVES, Bruno Torquato de Oliveira. **Bioética e biodireito**. 4ª ed. Belo Horizonte: Del Rey, 2018.

SARLET, Ingo Wolfgang; FENSTERSEIFER, Tiago. **Direito Constitucional Ambiental**: constituição, direitos fundamentais e proteção ao ambiente. 5ª ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2017.

WALLACE-WELLS, David. **A terra inabitável**: uma história do futuro. Tradução Cássio Leite. 1ª ed. São Paulo: Companhia das letras, 2019.